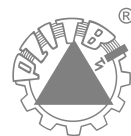


PRZEGLĄD budowlany



94 lata

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO ZWIĄZKU INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA NR 9-10 WRZESIEŃ-PAŹDZIERNIK 2023



BEZPIECZEŃSTWU
KIERUNEK
WYZNACZA
CZŁOWIEK

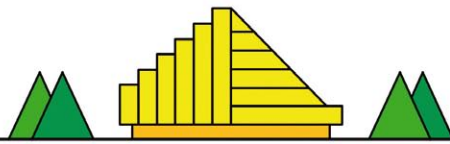


warbud.pl





BESKIDY



BIELSKO-BIAŁA

XXXVIII OGÓLNOPOLSKIE
WARSZTATY PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI
WIŚLA, 9-12.04.2024 r.

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Bielsku-Białej
przy współpracy Oddziałów w Gliwicach, Katowicach i Krakowie
organizuje

XXXVIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji
NAPRAWY I WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI – BUDOWNICTWO OGÓLNE
W HOTELU STOK W WIŚLE w dniach 09-12.04.2024 r.

Program warsztatów obejmuje:

- wykłady zamówione u autorów wywodzących się z renomowanych uczelni, instytutów i pracowni projektowych (Obciążenia wg nowej generacji Eurokodów, przepisy Prawa Budowlanego podczas napraw i wzmocnień, problemy utrzymania i napraw obiektów, nowy Eurokod mury, określenie parametrów wytrzymałościowych murów istniejących, metody i techniki diagnozowania konstrukcji budowlanych, diagnostyka wilgotności obiektów, diagnostyka korozyjna konstrukcji, monitoring konstrukcji, ocena stanu ochrony ciepło-wilgotnościowej, metody ociepleń ścian zewnętrznych, programy komputerowe w zakresie ochrony ciepło-wilgotnościowej, wykonywanie ociepleń ścian od wewnątrz, naprawy izolacji wodochronnych, ochrona konserwatorska konstrukcji, wpływ technik wzmocnienia i rodzaju materiałów na pracę konstrukcji, obliczenia konstrukcji murowych z wykorzystaniem MES, sprawdzenie warunków stanów granicznych murowych ścian usztywniających w istniejących budynkach, naprawy i wzmocnienia konstrukcji murowych, tradycyjne metody wzmocnień konstrukcji drewnianych, wzmocnienie konstrukcji drewnianych materiałami kompozytowymi, wzmocnienia i naprawy stropów, ocena odporności istniejących obiektów budowlanych na wstrząsy, naprawy i wzmocnienia łukowych konstrukcji murowych, naprawy i wzmocnienia nadproży płaskich, prostowanie murowanych budynków wychylonych z pionu, diagnostyka i naprawy uszkodzonych elementów obróbek dachowych i pokrycia dachowego, projektowanie rusztowań budowlanych.
 - dyskusje tematyczne zainspirowane przez wygłoszone wykłady, referaty i komunikaty
 - prezentacje firm produkujących i oferujących materiały oraz sprzęt dla budownictwa
 - prezentacje firm oferujących programy komputerowe
 - prezentacje wydawnictw technicznych i naukowo-technicznych
 - spotkania kameralne, specjalistyczne i promocyjne
- Zamówione wykłady oraz artykuły techniczno-promocyjne zostaną zamieszczone w kilkutomowym wydawnictwie.

Prof. Łukasz Drobiec

Uczestnicy Konferencji otrzymają zaświadczenie o odbyciu specjalistycznego doskonalenia zawodowego

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

PZITB Oddział w Bielsku-Białej
43-300 Bielsko-Biała, ul. 3 Maja 10/14
tel./fax. 33 822 02 94, e-mail: biuro@pzitb.bielsko.pl
www.pzitb.bielsko.pl

PATRONAT BRANŻOWY:



Polska Izba Inżynierów Budownictwa Rada Krajowa
Małopolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa
Śląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

INFORMACJE ORGANIZACYJNE

- do 29 marca** – ostateczny termin przyjmowania zgłoszeń uczestników i opłat – **decyduje kolejność wpłat**
- do 5 kwietnia** – wysłanie **Komunikatu nr 2** z potwierdzeniem przyjęcia opłaty i szczegółowymi informacjami organizacyjnymi

REJESTRACJA POPRZEZ STRONĘ INTERNETOWĄ

w tabeli podane zostały ceny netto oraz ceny brutto
dla uczestnika z materiałami w wersji elektronicznej, dopłata
do materiałów w wersji papierowej – 150 zł netto (184,50 zł brutto)

Standard pokoju (decyduje data wpływu środków na konto PZITB Oddział Bielsko-Biała)	Uczestnicy Warsztatów		
	Członkowie PZITB – należy potwierdzić	Pozostali	Liczba miejsc
• miejsce w pokoju jednoosobowym	3100 zł + VAT 23% = 3 813 zł	3300 zł + VAT 23% = 4059 zł	78
• miejsce w pokoju dwuosobowym	2400 zł + VAT 23% = 2952 zł	2600 zł + VAT 23% = 3198 zł	250
• udział bez noclegów i śniadań	1900 zł VAT 23% = 2337 zł	2100 zł + VAT 23% = 2583 zł	40

Koszt uczestnictwa obejmuje:

- zakwaterowanie od 09.04.2024. godz. 14:00 do 12.04.2024 godz. 12:00 (dla uczestników z noclegami)
- wyżywienie od kolacji 09.04.2024 do obiadu 12.04.2024
- udział w obradach i imprezach towarzyszących

Opłaty prosimy wносить na konto PZITB Oddział w Bielsku-Białej
ING B.Śl. S.A. nr 45 1050 1070 1000 0090 3025 0774
z podaniem imienia i nazwiska uczestnika



**INŻYNIERIA I
BUDOWNICTWO**

Inżynier
budownictwa

IZOLACJE
ROZUMIENIE • STANOWIŚĆ • AKOLOGIA



PRZEGLĄD
budowlany

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 17 lipca 2023 r. autor za publikację artykułu w „Przeглядzie Budowlanym” uzyskuje 70 pkt.

„Przeгляд Budowlany” jest rejestrowany w bazie danych o zawartości polskich czasopism technicznych BazTech, Index Copernicus Journals Master List, Crossref, Google Scholar 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 Trąmpczyński



1 Spis treści

WYDARZENIA

NASZE SPRAWY

- 4** Polscy inżynierowie na Alasce – Jan Plachta, Andrzej Nowak, Maria Kaszyńska

ARTYKUŁY PROBLEMOWE

TECHNOLOGIE

- 6** Technologia mrożenia gruntu podczas budowy tunelu pod Świną – Teresa Rucińska, Janusz Kozanecki, Maciej Kokolus

KONSTRUKCJE – ELEMENTY – MATERIAŁY

- 11** Wykorzystanie wyników badań dynamicznych w ocenie stanu technicznego mostu kolejowego – Stefan Pradelok, Grzegorz Poprawa
- 16** Wpływ przewiązek skrajnych na moment krytyczny i nośność stalowych belek dwuteowych – Krzysztof Wierzbicki
- 20** Możliwości diagnostyki drewna zabytkowego na przykładzie badań więźby kościoła w Jastrzębiu-Zdroju – Joanna Drobiec, Beata Nowogońska
- 24** Hale i przekrycia łukowe szybkiego montażu – przegląd popularnych rozwiązań systemowych – Henryk Myrcik

SYSTEMY KOMINOWE

- 28** Analiza systemów kominowych i ich wpływ na środowisko w oparciu o normy polskie – Julia Graczyk, Barbara Ksit

ETICS

- 33** Mocowanie klejowe izolacji termicznej do podłoża w systemie ETICS – analiza wytycznych – Paweł Gaciek, Paweł Krause

GRUNTOWY WYMIENNIK CIEPŁA

- 38** Gruntowy rurowy powietrzny wymiennik ciepła w wentylacji jednorodzinnych, zrównoważonych budynków mieszkalnych – Aldona Skotnicka-Siepiak, Carles Serrat

RYNEK BUDOWNICTWA

- 42** Rynek budownictwa w Polsce w obliczu kryzysu wojny w Ukrainie – Patryk Przybylski, Stanisław Tkaczyk, Bartosz Mijas, Bartosz Grodzicki, Aleksandra Zawadzka

ZARZĄDZANIE

- 47** Elementy rachunkowości zarządczej w procesie realizacji kontraktu budowlanego – Agnieszka Leśniak, Mirosław Kołodziejczuk
- 52** Zarządzanie zasobami w realizacji przedsięwzięć budowlanych typu „kompleks operacji” – Weronika Piotrowska, Roman Marcinkowski

KONFERENCJA NAUKOWA KRYNICA 2023

- 56** Inżynieria przedsięwzięć budowlanych na konferencjach krynickich 2022 i 2023: dokąd zmierzamy? – Oleg Kapliński
- 61** Nośność usztywniająca szkieletowych ścian drewnianych wykonanych w systemie WCH – Janusz Broł, Rafał Hadera
- 66** Relokacja obiektów budowlanych – Wojciech Drozd, Franciszek Bolech
- 73** Perspektywy zastosowania betonu hydraulicznego w budownictwie pozaziemskim ze względu na konsystencję mieszanki – Magdalena Mrozek, Dawid Mrozek

ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM PRACY W BUDOWNICTWIE

- 77** Druga Konferencja Naukowo-Techniczna „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w budownictwie” – Bożena Hoła
- 90** Przyczyny wypadków i nieprawidłowości w doborze i stosowaniu środków BHP przy pracach na wysokości – Robert Bucóń, Wojciech Dziedzic

Rada Naukowa

prof. nadzw. dr hab. inż. Tomasz Z. Błaszczyszński
 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 Geryto
 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 Rymasa
 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 Trąmpczyński
 dr hab. inż. Ryszard Walentyński
 prof. Wiktor Kwasza, Hnidiec 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
 mgr inż. Jan Sieczkowski
 dr hab. inż. Anna Szymczak-Graczyk

Redaktor statystyczny: dr inż. Barbara Ksit

Redaktor językowy: mgr inż. Piotr Szymczak

Okladka: Warbud SA

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.

- 94** Wykorzystanie technologii sztucznej inteligencji ChatGPT v4.0 do sporządzania planu BIOZ dla wybranych robót budowlanych – Wojciech Drozd, Marcin Kowalik
- 99** Wypadek przy pracy a eksperyment rzeczoznawczy w opinii biegłego sądowego – Andrzej Dziedzic
- 105** Możliwości wdrożenia koncepcji Budownictwa 4.0 w obszarze BHP – Krzysztof Kaczorek
- 110** Wpływ pozostałości historycznej zabudowy na prowadzenie robót budowlanych – Maciej Król
- 115** Zasady zabezpieczeń budynków w obszarach ujawniania się ciągłych deformacji terenu – Katarzyna Kryzia
- 122** Możliwość wykorzystania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP jako elementu cyklu Kolba – aktualny stan wiedzy – Mariusz Szóstak, Mateusz Napiórkowski
- 126** Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie – Tomasz Nowobilski, Bożena Hoła
- 131** Dynamiczne obowiązki pracodawcy w zakresie zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy – Łukasz Paroń
- 135** Aspekty bezpieczeństwa użytkowania w procesie udostępniania zabytkowych wyrobisk – Tomasz Wieja, Aleksandra Radziejowska
- 140** Ocena nowoczesności prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegieł ceramicznych – Jacek Selejda
- 144** Wyniki kontroli małych placów budów na Dolnym Śląsku – Jarosław Siegieda
- 149** Utrudnienia w realizacji inwestycji tramwajowych z uwagi na zagrożenia wynikające z zachowań osób trzecich – Magdalena Skiba
- 153** Formalne i praktyczne kwalifikacje koordynatora bezpieczeństwa i higieny pracy na terenie budowy – Dariusz Smoliński
- 157** BIOZ w logistyce zaopatrzenia budowy w zasoby – Anna Sobotka, Dorota Pawluś, Kazimierz Linczowski, Marcin Malig
- 163** SARS-CoV-2 jako szkodliwy czynnik występujący w środowisku pracy branży budowlanej – Mariusz Szóstak, Maria Szalek
- 167** Wirtualne środowisko szkoleniowe dla zrobotyzowanych i automatyzowanych terenów budowy – Mariusz Szóstak, Bożena Hoła, Tomasz Nowobilski, Piotr Grzempowski
- 171** Gospodarka materiałami azbestowymi w aspekcie bezpieczeństwa życia i pracy – Małgorzata Ulewicz
- 177** Budowanie kultury bezpieczeństwa w organizacji – elementy systemu i praktyka jego tworzenia – Agata Westfalewska, Agnieszka Pankau
- 184** Wskaźnik predykcji wypadków na podstawie liczby zdarzeń niebezpiecznych w polskim przedsiębiorstwie budowlanym – Zuzanna Woźniak, Bożena Hoła, Jan Ciszewski, Marcin Stelmaszczyk
- 190** Planowanie przebudowy istniejących budynków w aspekcie bezpieczeństwa pracy podczas realizacji robót budowlanych – Kamil Zimiński

■ PRAWO

- 195** Prawna analiza rynku najmu mieszkań oraz propozycja rozwiązania sytuacji mieszkaniowej w Polsce – Katarzyna Kaim, Robert Kruzel

■ BUDIN 2023

- 199** Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach budowlanych na podstawie badania odwiertów rdzeniowych, w świetle nowej normy europejskiej EN 13791:2019 – Andrzej Moczko

FORUM**■ OPINIE**

- 204** Parkingi piętrowe najnowszej generacji – Jerzy Piotr Bednarek



BIELSKO-BIAŁA

XXVI Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna poświęcona prof. Leonardowi Runkiewiczowi



EKOLOGIA a BUDOWNICTWO 2023

Bielsko-Biała 6–8 listopada 2023 r. | Hotel Szyndzielnia (dawniej Dębowiec) al. Armii Krajowej 220

RADA NAUKOWO-TECHNICZNA KONFERENCJI:

Przewodniczący dr hab.eur.inż. prof. PP Tomasz Błaszczynski
Zastępca Przewodniczącego dr hab. inż. prof. UZ Beata Nowogońska
Sekretarz dr hab.inż. prof. ITB Michał Piasecki

Członkowie:

dr hab. inż. Waław Brachaczek, prof. ATH
dr hab. inż. prof. PB Maciej Dutkiewicz
dr hab. inż. Barbara Francke
dr hab. inż. arch. prof. PK Marcin Furtak
dr inż. Robert Geryło

prof. dr hab. inż. Wiesława Głodkowska
dr inż. Tomasz Jeż
dr hab. inż. prof. PŚ Paweł Krause
dr inż. Barbara Ksít
dr hab. inż. prof. PB Jolanta Prusiel

dr inż. Barbara Sadowska-Buraczewska
dr hab. inż. prof. UP Bohdan Stawiski
dr hab. inż. prof. UPP Anna Szymczak-Graczyk
dr hab. inż. prof. SGW Magdalena Vaverkova
dr hab. inż. prof. ATH Jan Zamorowski

ZAKRES TEMATYCZNY:

- Problemy ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju.
- Rola administracji państwowej i samorządowej oraz uczestników procesu budowlanego w ochronie i kształtowaniu środowiska.
- Proekologiczne materiały i wyroby budowlane- materiały odnawialne.
- Recykling i wykorzystanie odpadów w budownictwie.
- Skutki techniczne, ekonomiczne i społeczne skażenia obiektów budowlanych i sposoby ich neutralizacji.
- Ekologia terenów zurbanizowanych.
- Kształcenie ekologiczne w budownictwie.
- Rewitalizacja obiektów, terenów poprzemysłowych i innych.
- Problemy korozji w tym biologicznej w budownictwie.
- Problemy projektowania i utrzymywania obiektów budowlanych w strategii zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska.
- Problemy pozyskiwania i użytkowania energii w budownictwie.
- Skutki techniczne działalności budowlanej na istniejące obiekty budowlane.
- Komfort użytkowania budynków, komfort termiczny, jakość powietrza wewnętrznego, komfort wizualny.
- Zrównoważone wykorzystanie zasobów mineralnych, złóż energetycznych w tym odnawialnych.

KOMITET ORGANIZACYJNY:

mgr inż. Janusz Kozula – Przewodniczący
mgr inż. Przemysław Pępek

ORGANIZATORZY KONFERENCJI:

- Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Bielsku-Białej
- Komitet Ekologii przy Zarządzie Głównym PZITB
- Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie
- Akademia Techniczno- Humanistyczna w Bielsku-Białej

WARUNKI UCZESTNICTWA

Zgłoszenie uczestnictwa należy przesłać na adres biura organizacyjnego do dnia **30.10.2023 r.**

KOSZT UCZESTNICTWA (brutto)

Uczestnicy Konferencji **1900 zł**
Młodzi pracownicy naukowci w wieku poniżej 40 lat **1400 zł**

Stosowną kwotę prosimy wpłacić do **30.10.2023 r.** na konto organizatora.

W ramach opłaty mieści się:

- udział w obradach
- komplet materiałów konferencyjnych
- zakwaterowanie i wyżywienie od obiadu w dniu 6.11.2023 r. (poniedziałek) do obiadu w dniu 8.11.2023 r. (środa)
- udział w kolacji koleżeńkiej
- parking bezpłatny

PATRONAT HONOROWY:



Prezydent Miasta Bielsko-Biała

PARTNERZY:



PARTNERZY MEDIALNI:



PARTNERZY BRANŻOWI:



Krajowa Rada Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa

Śląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

ADRES ORGANIZATORA:

PZITB Oddział w Bielsku-Białej | ul. 3 Maja 10/14, 43-300 Bielsko-Biała | tel./fax 33 822 02 94
e-mail: biuro@pzitb.bielsko.pl | www.pzitb.bielsko.pl | konto bankowe: ING BŚL. 45 1050 1070 1000 0090 3025 0774

Polscy inżynierowie na Alasce

Równo 100 lat temu otwarto most kolejowy nad rzeką Tanana w miejscowości Nenana na Alasce. Most ten był uwieńczeniem budowy Alaska Railroad, czyli głównej stanowej linii kolejowej.

Projektantem mostu był nasz rodak Ralph Modjeski (Rudolf Modrzejewski). Nenana jest małym miasteczkiem położonym kilkadziesiąt mil na południe od Fairbanks na Alasce, które powstało w latach 1915–1920, gdy budowano linię kolejową łączącą Fairbanks z Seward nad wybrzeżem Oceanu Spokojnego. Ostatnim ogniwem tej linii kolejowej był Mears Bridge, czyli most Modrzejewskiego. Z okazji otwarcia linii kolejowej 15 lipca 1923 roku na Alaskę przybył ówczesny prezydent Stanów Zjednoczonych William Harding, który symbolicznie wbił złoty gwóźdź na północnym przyczółku mostu. Była to pierwsza w historii wizyta amerykańskiego prezydenta na Alasce.

Mears Bridge jest imponującą konstrukcją. Most wybudowany jest w bardzo trudnym terenie, gdzie sezon budowlany jest bardzo krótki. Elementy stalowe mostu zostały wykonane w Pensylwanii i przywiezione na statkach i barkach do Nenana. Rzeka Tanana jest zamrznięta przez dużą część roku. Modrzejewski wykorzystał to i oparł tymczasowe podpory (potrzebne w trakcie budowy) na lodzie. Montaż elementów odbywał się więc w okresie zimowym, gdy rzeka była skuta lodem i wszystko trzeba było skończyć przed wiosennym pękaniem lodu, co z uwagi na realizację było wielkim osiągnięciem inżynierskim.

Dla upamiętnienia tego wydarzenia 15 lipca 2023 r. w Nenana odbyła się wielka uroczystość z udziałem gubernatora Alaski, senatorów oraz wielu dygnitarzy – razem przybyło



Rektorzy Jerzy Lis i Rafał Wiśniowski z AGH oraz prof. Maria Kaszyńska przewodnicząca PZITB przy tablicy pamiątkowej

około 500 osób. Rada Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej postanowiła w sposób szczególny zaakcentować i uhonorować wkład Rudolfa Modrzejewskiego w powstanie mostu poprzez odsłonięcie podczas uroczystości tablicy upamiętniającej jego osiągnięcie. Pomysłodawcą był dr inż. Jan Płachta, sekretarz Rady, mieszkający w Chicago, od wielu lat promujący działalność inżynierską Rudolfa Modrzejewskiego w Ameryce, autora książki „Artysta betonu i stali. Mosty Rudolfa Modrzejewskiego”.

Fundatorem tablicy pamiątkowej została Firma Gotowski z Bydgoszczy reprezentowana przez prezesa Marka Gotowskiego, natomiast firma Modjeski

and Masters z Pensylwanii ufundowała replikę mostu. Miasto Nenana wybudowało postument podtrzymujący tablicę oraz replikę.

W uroczystości odsłonięcia pomnika wzięła udział duża grupa polskich inżynierów z kraju i z Ameryki. Między innymi obecni byli: rektor Jerzy Lis i prorektor Rafał Wiśniowski z Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH) w Krakowie, profesor Maria Kaszyńska – przewodnicząca PZITB, Marek Gotowski – prezes Firmy Gotowski, fundator płyty pamiątkowej, reprezentujący jednocześnie Krajową Radę Związku Mostowców RP, Andrzej Tombiński prezes firmy budowlanej z Krakowa. Radę Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej reprezentowali dr inż. Jan Płachta – sekretarz Rady, Krzysztof Kluczewski z Kanady, Mirek Niedziński z Chicago, prof. Andrzej Nowak

– prezes Rady oraz Józef Krtul, Andrzej Pawlusiewicz ze Stowarzyszenia Inżynierów Polskich w Chicago. Polska grupa była bardzo przyjaźnie i serdecznie przyjęta przez mieszkańców Nenana. Wpłynęło to na duże zainteresowanie osobą projektanta mostu Polaka Rudolfa Modrzejewskiego.

Firmę Modjeski & Masters reprezentowali prezes Michael Britt i dr inż. Sylwia Stawska. Pamiątkową płytę i replikę mostu odsłanili: burmistrz Nenana Josh Verhagen, Michael Britt prezes firmy Modjeski & Masters, prezes Marek Gotowski i prof. Andrzej Nowak.



Polscy inżynierowie z kraju i USA wraz z burmistrzem Nenana w środku



Model mostu wykonany przez firmę M&M przyspawany do metalowej płyty o zarysach stanu Alaska



Profesor Maria Kaszyńska i dr Sylwia Stawska z firmy M&M przy pociągu Alaska Railroad



Wystąpienie prof. Andrzeja Nowaka podczas uroczystości

Nenana. Ceremonialne wbicie trzech złotych gwoździ wykonali gubernator Alaski Mike Dunleavy, senator Dan Sullivan i prezydent Alaska Railroad – Bill O’Leary. W Fairbanks, w Pioneer Park, przechowywany jest wagon kolejowy, którym prezydent Harding podróżował po Alasce w 1923 roku. Wewnątrz wagonu znajdują się historyczne zdjęcia z wizyty prezydenta, są też liczne zdjęcia mostu Modrzejewskiego.

Było to bardzo ważne wydarzenie w Nenana. Obecny był gubernator Alaski Mike Dunleavy, senatorzy Dan Sullivan i Scott Kawasaki oraz administracja linii Alaska Railroad. W 1923 r., podczas wizyty prezydenta Harding na Alasce, Alaska Railroad podarowała prezydentowi miniaturowy model mostu Modrzejewskiego wykonany w 14-karatowym złocie. Przynośki tego modelu są wykonane ze srebra. Model ten znajduje się na stałe w muzeum Prezydenta Hardinga w Marion w stanie Ohio, ale na czas uroczystości stulecia linii kolejowej muzeum wypożyczyło ten model burmistrzowi

Nigdzie nie ma natomiast nawet wzmianki, że most ten projektował Polak. Początkowo most nosił nazwę Tanana River Bridge, dopiero 50 lat później, w 1974 roku zmieniono jego nazwę na Mears Memorial Bridge. Mears był naczelnym inżynierem budowy całej Alaska Railroad. Odsłonięty pomnik będzie uzupełnieniem historii mostu i będzie dodatkową atrakcją turystyczną w Nenana.

**dr inż. Jan Płachta, prof. dr inż. Andrzej Nowak
prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska**

KONSTRUKCJE OPOROWE Z GRUNTU ZBROJONEGO GEOSYNTETYKAMI



PROJEKTY BRANŻOWE, KONSULTACJE ORAZ WSPARCIE TECHNICZNE

- Ściany i mury oporowe: system aktywny i bierny
- Konstrukcje z gruntu zbrojonego
- Odciążenie konstrukcji
- Skrzydełka przy obiektach mostowych
- Stateczność skarp i nasypów

Więcej informacji na: www.oporowe.pl

Zapraszamy do
współpracy!

tech@inora.pl



Technologia mrożenia gruntu podczas budowy tunelu pod Świną

Soil freezing technology during the construction of the tunnel under Świna river

dr hab. inż. Teresa Rucińska, prof. ZUT (ORCID: 0000-0003-2550-2480), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Janusz Kozanecki, Maciej Kokolus, Studenckie Koło Naukowe Młodzi Inżynierowie PZITB

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9353

Streszczenie: Budowa tuneli komunikacyjnych to ogromne wyzwanie dla kadry inżynierskiej. Tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku oraz pod Świną, łączący wyspy Uznam i Wolin, dowodzą, jak wymagające są tego typu inwestycje, nie tylko z uwagi na koszty czy ich realizację, ale również zarządzanie budową. To także konieczność korzystania z nowoczesnych technologii, które wymagają najwyższych kompetencji od wszystkich uczestników procesu inwestycyjno-budowlanego, a zakończona budowa tunelu pod Świną jest tego dowodem. Realizacja tej inwestycji wymagała zastosowania metody pozwalającej na wykonanie wyjść awaryjnych poza obudowę tunelu. Wiercenie należało przeprowadzić w gruncie składającym się głównie z piasków, gliny oraz kredy, do tego zawodnionym. Wybrano więc metodę mrożenia solanką schładzaną w agregatach mroźniowych, co dało pożądaną efekt.

Słowa kluczowe: tunel podwodny, budownictwo podziemne, technologia mrożenia gruntu.

Abstract: The construction of communication tunnels is a huge challenge for the engineering staff. The tunnel under the Martwa Wisła in Gdańsk and under Świna, connecting the islands of Uznam and Wolin, prove how demanding these types of investments are, not only in terms of costs or their implementation, but also in terms of construction management. It is also a necessity to use modern technologies that require the highest competences from all participants of the investment and construction process, and the completed construction of the tunnel under Świna is proof of this. The implementation of this investment required the use of a method that would allow emergency exits to be made outside the tunnel lining. Drilling had to be carried out in soil consisting mainly of sands, clay and chalk, which was also waterlogged. Therefore, the method of freezing with brine cooled in freezing units was chosen, which gave the desired effect.

Keywords: underwater tunnel, underground construction, ground freezing technology.

1. Wprowadzenie

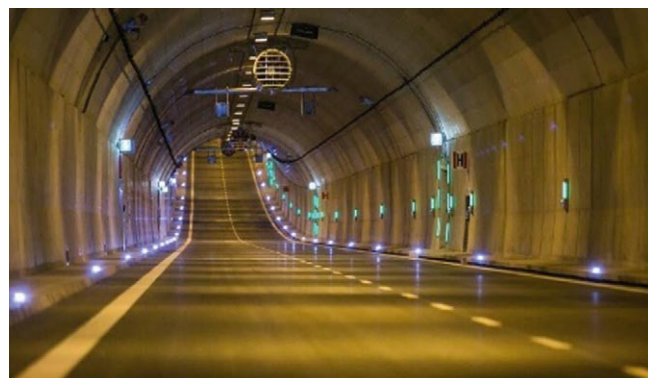
W ostatnich latach w Polsce głośno jest o inwestycjach tuneli podwodnych. Tak było w przypadku podwodnego tunelu przesyłowego Oczyszczalni Ścieków Czajka, zlokalizowanego pod dnem Wisły (2013, rys. 1) i podwodnego tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku (2016, rys. 2). Tak też się stało,

gdy budowa podwodnego tunelu pomiędzy wyspami Uznam i Wolin w Świnoujściu stała się faktem, a którego uroczyste otwarcie miało miejsce 30 czerwca 2023 roku (rys. 3). Każde tego typu przedsięwzięcie to możliwości tworzenia innowacyjnych i nowoczesnych obiektów inżynierskich dzięki wykorzystaniu specjalistycznego sprzętu oraz materiałów i komponentów budowlanych o parametrach



Fot. Kuba Atys/Agencja Wyborcza.pl

Rys. 1. Tunel prowadzący ścieki do Oczyszczalni Czajka pod dnem Wisły



Fot. Karol Stańczak/GZDIZ

Rys. 2. Tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku

Fot. Hanna Lachowska, Urząd Miasta Świnoujście



Rys. 3. Uroczystość otwarcia tunelu pod Świną



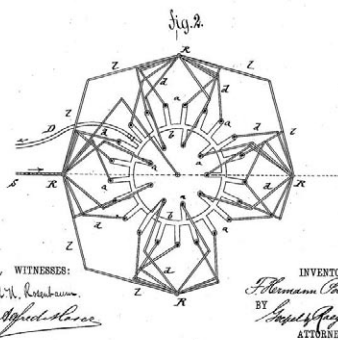
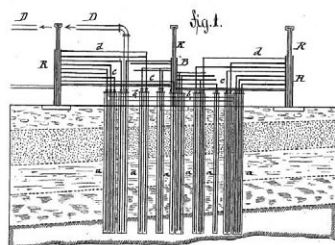
technicznych i użytkowych najwyższej jakości, z jednoczesnym zastosowaniem metod ich wykorzystywania w trudnym terenie, gdzie występują skomplikowane warunki gruntowe. Jeżeli to połączymy z koncepcją BIM (ang. *Building Information Modeling*), która diametralnie zmieniła podejście do projektowania, realizacji i zarządzania inwestycjami w okresie ich całego cyklu życia, wszyscy uczestnicy tak kompleksowo stworzonego projektu korzystają z komfortu pracy w zintegrowanym środowisku. Tak też się stało w przypadku podwodnego tunelu pod Świną, jednej z najbardziej wyczekiwanych inwestycji – zarówno w regionie, jak i w całym kraju. Być może turyści stracą atrakcję przeprawy promowej, ale z pewnością zyskają na czasie i płynności komunikacyjnej. Natomiast dla mieszkańców Świnoujścia przeprawa promowa z wyspy Wolin na Wyspę Uznam była czasochłonna i niewygodna, dlatego o budowie podziemnej przeprawy mówiło się od dawna, ale dopiero kilka lat temu udało się pozyskać fundusze, i to co dla wielu wydawało się nierealne do zrealizowania, stało się faktem. Warto też dodać, że koszt budowy tunelu pokryto w 85% ze środków Unii Europejskiej (przeszło 775 mln zł), natomiast 15% pochodzi z budżetu miasta Świnoujście (ok. 137 mln zł). To zadanie inwestycyjne zostało zrealizowane w ramach projektu pn. „Usprawnienie połączenia komunikacyjnego pomiędzy wyspami Uznam i Woli w Świnoujściu – budowa tunelu pod Świną”, Działanie 4.2 – Zwiększenie dostępności transportowej ośrodków miejskich leżących poza siecią drogową TEN-T i odciążenie miasta od nadmiernego ruchu drogowego, Oś Priorytetowa IV – Infrastruktura drogowa dla miast, Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014–2020.

2. Technologia mrożenia gruntu w budownictwie podziemnym

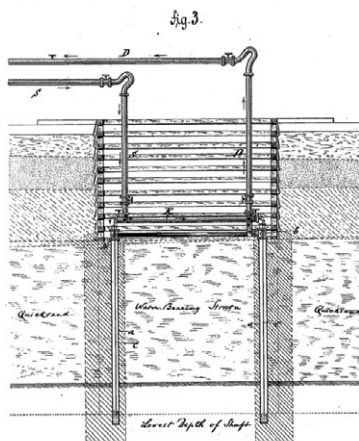
Metodę mrożenia górotworu po raz pierwszy zastosowali inżynierowie francuscy w roku 1853, wykorzystując właściwości naturalnie zamrożonego gruntu w czasie zimy, co umożliwiło wykonanie szybu w gruncie sypkim i nawodnionym. Także w kopalniach złota na Syberii podczas głębiania szybu wykorzystywano naturalne warunki zimnego,

kontynentalnego klimatu z długimi chłodnymi zimami. Proces ten odbywał się stopniowo techniką skuwania zmarzniętej warstwy górotworu, po czym odkrytą powierzchnię pozostawiano na działanie mrozu przez ok. 2 do 3 dni. Tak zamrożoną warstwę skuwano i ponownie pozostawiano odkrytą powierzchnię na działanie mrozu. Niestety była to żmudna praca, w efekcie której uzyskiwano głębianie szybu od 1 do 1,5 m na miesiąc [1]. Natomiast sztuczne zamrażanie przeprowadzono po raz pierwszy w roku 1862, w południowej Walii. Do zamrożenia zawodnionej skały podczas pogłębiania szybu wykorzystano rurę spiralną, przez którą, po jej ułożeniu na dnie szybu, przepuszczano schłodzone medium. Po uzyskaniu zakładanego efektu instalację mrożącą demontowano, a następnie pogłębiano dno szybu o kilka metrów. Czynność tą powtarzano cyklicznie, aż do osiągnięcia zamierzonego celu. Niestety metoda okazała się mało wydajna i dopiero Friedrich Hermann Poetsch (Pötsch) metodę zmodernizował, stosując rury pionowe umieszczone w otworach wierconych z poziomu powierzchni [2], za co uzyskał w lutym 1883 r. w Niemczech patent, a metodę na głębianie pionowych szybów w zawodnionym górotworze opisał w pracy „Das Gefrierverfahren. Methode für schnelles, sicheres und lotrechtes Abteufen von Schächten im Schwimmsande und überhaupt im wasserreichen Gebirge; für Herstellung tiefergehender Brückenpfeiler und für Tunnelbauten in rolligem und schwimmendem Gebirge” wydanej w roku 1886 we Freibergu [3]. F. H. Poetsch uzyskał również patenty na metodę mrożenia w budownictwie górnictwem w Stanach Zjednoczonych w czerwcu 1884 r. oraz w maju 1887 r. [4, 5]. W swoim patencie [4], oprócz szczegółowego opisu metody, przedstawił 3 rysunki poglądowe, w jaki sposób przeprowadzić operację mrożenia według opracowanej przez siebie technologii – rysunek 4., natomiast w patencie [5] opisał metodę głębiania szybów i budowy fundamentów, tuneli kanałów w warstwach wodnych i pod wodą – rysunek 5. Niestety w pierwszych latach stosowania metody F. H. Poetscha, z uwagi na wysokie koszty oraz problemy z występowaniem braku ciągłości mrożenia w założonej strefie, co powodowało wdzieranie się do szybu wody, nie zyskała ona dostatecznej popularności wśród ówczesnych inżynierów górnictwa w Niemczech.

(No Model.) F. H. POETSCH. 2 Sheets—Sheet 1.
METHOD OF AND APPARATUS FOR SINKING SHAFTS THROUGH QUIKSAND.
No. 300,891. Patented June 24, 1884.



(No Model.) F. H. POETSCH. 2 Sheets—Sheet 2.
METHOD OF AND APPARATUS FOR SINKING SHAFTS THROUGH QUIKSAND.
No. 300,891. Patented June 24, 1884.



WITNESSES:
F. H. Poetsch
BY Joseph Rogener
ATTORNEYS.

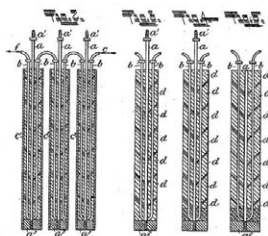
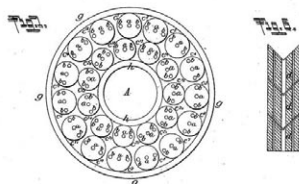
3. Mrożenie gruntu podczas budowy tunelu pod Świną

W czasie budowy podwodnego tunelu pod Świną jedną z najciekawszych technologii wykorzystanej przy budowie wyjść ewakuacyjnych było sztuczne zamrażanie gruntu metodą mrożenia, która wciąż jest popularna na całym świecie w budownictwie górniczym i tunelowym do stworzenia stabilnego środowiska podczas prac tunelowych i uszczelnienia obrzeży tunelu przed napływającą wodą gruntową. To również metoda stosowana do wzmacniania niestabilnego gruntu, w celu zminimalizowania odkształceń podczas prac budowlanych [6–8].

Aby wykonać wyjścia ewakuacyjne poza obudową tunelu, należało przebić się przez betonową segmentową obudowę tunelu, co było możliwe dzięki zamrożeniu całego obwodu wykopu tymczasowego (rys. 6).

Rys. 4. Szkice do metody mrożenia górotworu według patentu F. H. Poetscha uzyskanego w roku 1884 [4]

(No Model.) F. H. POETSCH.
METHOD OF SINKING SHAFTS, BUILDING FOUNDATIONS, &c., IN
AQUEOUS STRATA.
No. 363,419. Patented May 24, 1887.



WITNESSES:
F. H. Poetsch
BY Joseph Rogener
ATTORNEYS.

Rys. 5. Szkice rozmieszczenia i funkcjonowania instalacji z otworami mroźniowymi według patentu F. H. Poetscha uzyskanego w roku 1887 [5]

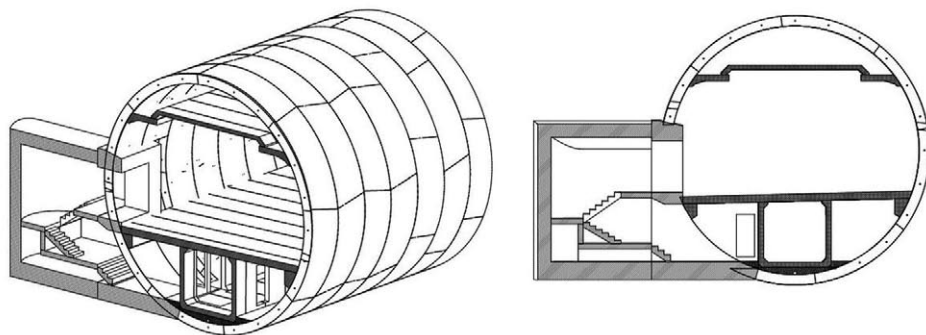
Sytuacja uległa jednak zmianie i od początku XX w. metoda mrożenia górotworu była częściej wykorzystywana, o czym świadczy fakt, że do roku 1914 liczba szybów wykonanych metodą mrożenia wzrosła do 155, natomiast w okresie kolejnych ok 40 lat liczba ta wzrosła do ponad 300 [2]. Obecnie w praktyce inżynierskiej wyróżnia się dwie metody mrożenia. Pierwszą z nich jest metoda mrożenia solanką schłodzoną w agregatach mroźniowych. Druga, to tzw. mrożenie kriogeniczne z rozprężaniem skroplonych gazów. Szczegółowy opis obydwu metod mrożenia przedstawiono w pracy [1].

W miejscu zaplanowanego wyłomu zamontowano ramę stalową w celu wzmocnienia konstrukcji tunelu (rys. 7). Stalowa rama podpierająca składała się z 6 stalowych pierścieni żebrowych i 2 poziomych oraz 2 pionowych kratownic. Po wycięciu części segmentów obudowy (rys. 8), stanowiła zabezpieczenie tunelu TBM, zapewniając ciągłość konstrukcji.

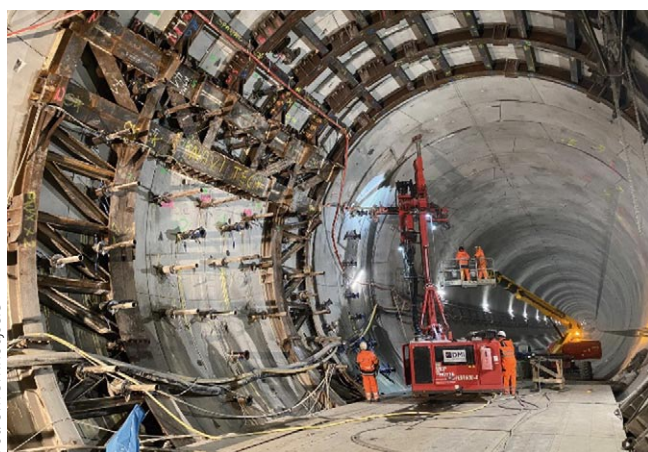
Podobnie jak podczas budowy tunelu pod Martwą Wisłą, w projekcie budowy tunelu pod Świną zaplanowano metodę mrożenia z wykorzystaniem solanki. W metodzie tej czynnikiem chłodzącym są wodne roztwory soli ($MgCl_2$, $CaCl_2$ lub amoniaku NH_3) o minimalnych temperaturach schłodzenia, odpowiednio do $-34^\circ C$ i do $-55^\circ C$. Proces mrożenia odbywa się z powierzchni ziemi. Czynnikiem mrozącym jest schłodzona solanka przepływająca w systemie rur mroźniowych. W metodzie tej bardzo ważny jest dobór agregatów chłodniczych o niezbędnej sprawności, zapewniającej ciągłość pracy we wszystkich etapach mrożenia. W okresie aktywnego mrożenia stosuje się solankę mniej schłodzoną, np. do temperatury $-15^\circ C$, po czym następuje obniżenie temperatury do np. $-30^\circ C$ lub do temperatury jeszcze niższej [1].

W przypadku tunelu pod Świną okres mrożenia aktywnego, w celu obniżenia temperatury gruntu do ok. $-12^\circ C$ w części środkowej płaszcza mroźniowego, trwał ok. 65 dni, po czym nastąpił etap mrożenia pasywnego, podtrzymującego niską temperaturę przez ok. 100 dni. W tym okresie przebijano się przez betonową obudowę tunelu i wykonywano konstrukcję wyjść ewakuacyjnych. Należy dodać, że średnia temperatura zamrożonej bryły gruntu wynosiła $-10^\circ C$ w przypadku piasków i gliny oraz $-8^\circ C$ dla kredy. Oznacza to, że założona temperatura mrożenia na poziomie $-12^\circ C$ powinna była zapewnić wodoszczelną strukturę gruntu.

Rys. 6. Przekrój tunelu z wyjściem ewakuacyjnym w części podwodnej



Przy obydwu wyjściach ewakuacyjnych zainstalowano agregat mroźniowy o mocy ok. 180 kW oraz zbiorniki z solanką. Sumaryczna długość odwiertów pod system rur do przepuszczania płynu chłodzącego wyniosła 643 m. Posłużyły one do przepuszczania w obiegu zamkniętym roztworu solanki schładzanej do temperatury -35°C . W wyni-



Fot. UM Świnoujście

Rys. 7. Stalowa rama podpierająca

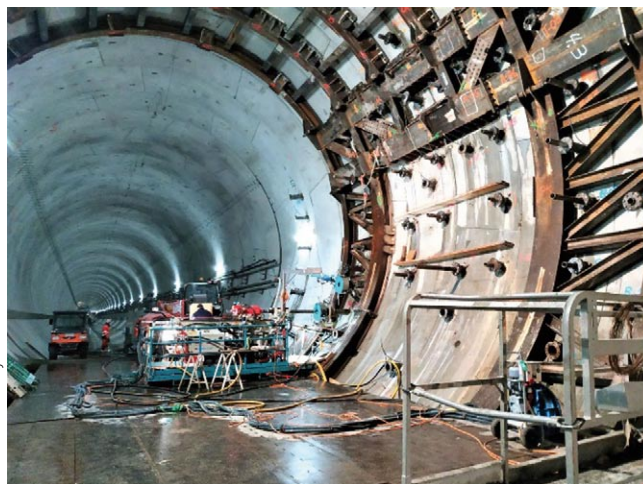
Rys. 8. Wyjście ewakuacyjne



Fot. UM Świnoujście

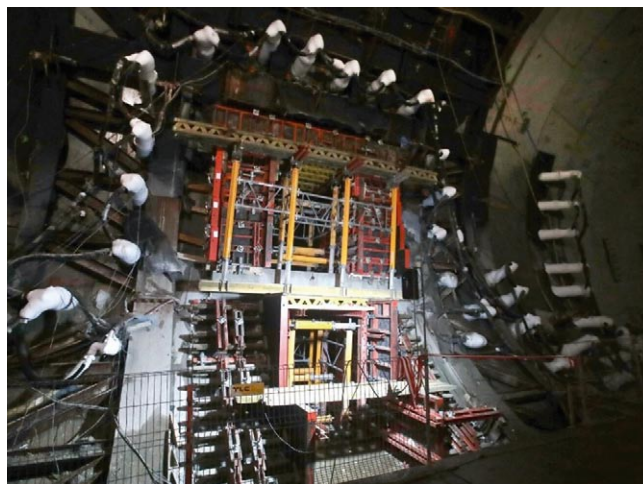
ku tego procesu roztwór solanki absorbował ciepło z gruntu, a następnie przynosił do instalacji, by ostatecznie nadmiar ciepła został uwolniony do atmosfery.

Warto dodać, że prace poprzedzające mrożenie gruntu trwały ok. 4 miesiące. W tym czasie wykonywano m.in. niezbędne odwierty oraz zamontowano instalację mrożenia (rys. 9), która składała się ze sprężarki, skraplacza, parownika oraz systemu rur mroźniowych i technologicznych tj. drenazowych i temperaturowych. Wykonano montaż zasilania oraz czujników chłodzenia. Podłączono lance mroźniowe, ustawiono zakład zamrażania oraz zamontowano przyrządy pomiarowe. Po zakończeniu tych prac rozpoczęto mrożenie gruntu (rys. 10). W okresie mrożenia niezwykle istotna była ciągła kontrola



Fot. UM Świnoujście

Rys. 9. Montaż instalacji mroźniowej z platformy roboczej



Fot. A. Szkocki

Rys. 10. Mrożenie gruntu na etapie budowy wyjścia ewakuacyjnego

postępujących prac. W pierwszym etapie mrożenia (trwającym 30 dni) sprawdzano, czy grunt wokół lanc staje się styczny względem siebie i czy odcięto dopływ wody, a tym samym czy uzyskano efekt szczelności. W drugim etapie dążono do uzyskania odpowiedniej grubości ściany lodowej, co było istotne z uwagi na zachowanie bezpieczeństwa podczas wykonywania wykopu. Prace rozpoczęto od wykonania odwiertów kierunkowych, wykorzystując 3 typy specjalnych wiertnic przystosowanych do tego zadania. Były one wykonywane równolegle na dwóch wyjściach ewakuacyjnych z 14-dniowym przesunięciem. W następnej kolejności

podłączono instalację mrozeniową i rozpoczęto wprowadzanie lanc mrozeniowych do odwiertów. Po sprawdzeniu szczelności wprowadzono rurę z polietylenu. Tak przygotowana lanca była gotowa do pompowania chlorku wapnia. Przed rozpoczęciem budowy rozważano użycie ciekłego azotu, także używanego w metodzie mrożenia gruntu, jednak ze względu na logistykę transportu to rozwiązanie zostało wykluczone. Następnie do odwiertów rozstawionych na długości 1 m, wykonanych w różnych płaszczyznach, wprowadzono 84 rurki o długości między 5 a 16 m. Do układu w systemie obiegu zamkniętego wtłoczono medium chłodzące do temperatury około -35°C . Rozpoczynając tłoczenie płynu chłodzącego zapoczątkowano mrożenie poza częścią rdzenia, aby sprawdzić, czy pierwszy etap zamrażania postępuje zgodnie z planem, przy czym proces mrożenia monitorowano za pomocą manometrów. Gdy pierwszy etap mrożenia został potwierdzony, rozpoczęto mrożenie rdzenia i przystąpiono do całkowitego zamrażania gruntu. Na tym etapie mrożenia woda zalegająca w porach gruntu zmienia swój stan skupienia w lód, który łączy cząsteczki gleby lub skały, tworząc zamrożony szkielet o zwiększonej wytrzymałości na ściskanie, stając się nieprzepuszczalnym. W przypadku gdy w glebie nie ma wystarczającej ilości wody, aby wypełnić wszystkie pory po zamrożeniu, konieczne jest dostarczenie dodatkowej wody, aby pory zostały całkowicie zamknięte. Warto nadmienić, że zamrażanie jest związane w niektórych gruntach z pęcznieniem. Następuje wtedy deformacja mogąca spowodować uszkodzenia w sąsiadujących obszarach, zwłaszcza w przypadku wykopów w obrębie urządzeń miejskich. Dlatego niezwykle ważne były prace geologiczne towarzyszące budowie tunelu pod Świną, przede wszystkim z uwagi na zróżnicowaną budowę podłoża, w tym pokłady kredy. Dzięki temu maszyna TBM (ang. *Tunnel Boring Machine*) na bieżąco była dostosowywana do procesu drążenia.

Jednym z podstawowych problemów, jakie napotkano podczas mrożenia gruntu, było domrażanie obszaru nad lancami mrozeniowymi przy wyjściu ewakuacyjnym. W tym miejscu temperatura wynosiła około 0°C , gdzie założona temperatura zamrożonego gruntu miała utrzymywać się poniżej zera ze względu na zasolenie. Wykonano więc odwierty kontrolne w czole wykopu, co pozwoliło nadzorować ewentualne ryzyko przebicia w tym obszarze. Ostatecznie proces mrożenia trwał 65 dni do momentu otwarcia budowy wyjść ewakuacyjnych. Wstępną obudowę o grubości 25 cm wykonano z betonu w technologii natryskowej, natomiast obudowę ostateczną podzielono na etapy, takie jak: płyta fundamentowa grubości 85 cm, ściany oraz strop grubości 60 cm. Wyjście połączono z obudową segmentową, łączącą całość konstrukcji. Po demontażu lanc mrozeniowych odwierty kierunkowe wypełniono zaprawą cementową, następnie zamknięcia odwiertów zespawano blachą stalową i wypełniono szybko wiążącą zaprawą cementową, tworząc zamknięcie w postaci szczelnego korka. Dodatkowo zdecydowano się na iniekcję każdej lancy, ponieważ w czasie rozmrażania zauważono

wycieki wody. Okres mrożenia od pierwszego wyjścia do zakończenia realizacji drugiego wyjścia w odstępie 14 dni zajął razem 162 dni, zgodnie ze wstępnymi planami wykonawców. Sprawne prowadzenie całego procesu inwestycji zostało podsumowane uroczystym otwarciem tunelu pod Świną w dniu 30 czerwca 2023 r. Dla województwa zachodniopomorskiego jest to jedna z najważniejszych inwestycji ostatnich lat. Tunel to nie tylko jezdnia, ale także pomieszczenia techniczne, kanały technologiczne, galeria ewakuacyjna oraz strop z kanałem wentylacyjnym. Na terenie budowy powstała hala prefabrykacji, by w sposób kontrolowany i precyzyjny powstawały betonowe prefabrykaty i segmenty obudowy tunelu. Po wykonaniu konstrukcji tunelu nastąpił etap niezbędnych prac montażowych. W sąsiedztwie tunelu powstała infrastruktura drogowa i techniczna. Oznacza to, że połączenie wyspy Uznam i Wolin stało się faktem.

4. Podsumowanie

Metoda mrożenia gruntu stosowana w budownictwie tunelowym ułatwia wykonanie głębszego zarówno w gruntach luźnych, niestabilnych, jak i zawodnionych, czego dowodem jest m.in. tunel pod martwą Wisłą i Świną. Jest to metoda skuteczna i bezpieczna, a także umożliwiająca indywidualne przystosowanie do potrzeb inwestycji. Gwarantem sukcesu prawidłowego procesu mrożenia jest wysokiej klasy wykwalifikowana i doświadczona kadra inżynierska, nadzór techniczny, doświadczeni wykonawcy, dysponujący wymaganym specjalistycznym sprzętem. Jest to interaktywny proces wymagający zaawansowanej inżynierii, dokładnego wiercenia, a także wykonanego na zamówienie sprzętu chłodniczego i oprzyrządowania. Spełniając powyższe warunki w tunelu pod Świną, udało się wykonać wyjścia ewakuacyjne bezpiecznie i zgodnie z założeniami.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Więckowski A., Hajto D., Proficz P., Technika zamrażania gruntów i skał luźnych. *Przegląd Budowlany* 3/2018
- [2] Gontaszewska-Piekarz A., Preidl W., Kopalnia „Bach” w Cybince – historia zastosowania metody zamrażania górotworu w górnictwie węgla brunatnego, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 2020, str. 9–28, doi: <https://doi.org/10.4467/0023589XKHNT.20.017.12600>
- [3] Gontaszewska A., Preidl W., Wójcik A., Friedrich Hermann Poetsch, twórca metody mrożenia górotworu w budownictwie podziemnym, *Hereditas Minariorum* 6/2020, str. 9–13
- [4] Poetsch F. H., Method of and apparatus for sinking shafts through quicksand. Specification forming part of Letters Patent No. 300, 891, dated June 24, 1884, United States Patent Office
- [5] Poetsch F.H., Method of Sinking Shafts, Building Foundations, &c, in Aqueous Strata. Specification forming part of Letters Patent No.363,419, dated May 24, 1887, United States Patent Office
- [6] Alireza A., Hirokazu A., Artificial ground freezing application in shield tunnel. International Workshop on Geotechnics for Resilient Infrastructure. The Second Japan-India Workshop in Geotechnical Engineering, tom 3, 2/2015, str. 71–75, <https://doi.org/10.3208/jgssp.v03j01>
- [7] Hu J., Liu Y., Li Y. et al., Artificial Ground Freezing In Tunnelling Through Aquifer Soil Layers: a Case Study in Nanjing Metro Line 2, *KSCE Journal Civil Engineering* 22, 2018, str. 4136–4142, <https://doi.org/10.1007/s12205-018-0049-z>
- [8] Lackner R., Pichler C., Kloiber A., Artificial Ground Freezing of Fully Saturated Soil: Viscoelastic Behavior, *Journal of Engineering Mechanics* 2008, tom 134, 1–11, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9399\(2008\)134:1\(1\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9399(2008)134:1(1))

Wykorzystanie wyników badań dynamicznych w ocenie stanu technicznego mostu kolejowego

Using the results of dynamic tests in assessing the technical condition of a railway bridge

dr inż. Stefan Pradelok (ORCID: 0000-0003-1902-1269), dr inż. Grzegorz Poprawa (ORCID: 0000-0001-7863-1011), Katedra Mechaniki i Mostów, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9354

Streszczenie: W artykule opisano zastosowanie badań dynamicznych pod ruchem w ocenie stanu technicznego kolejowego mostu na Nysie Łużyckiej. Do identyfikacji parametrów dynamicznych zastosowano operacyjną analizę modalną. Uzyskane wyniki posłużyły do weryfikacji modelu numerycznego wykorzystanego w procesie oceny stanu technicznego i określenia aktualnej nośności konstrukcji. Przeprowadzony eksperyment pozwolił na zaobserwowanie odpowiedzi dynamicznej specyficznej dla mostów typu półrama. W pracy pokazano, że badania dynamiczne pod ruchem i z wykorzystaniem innych dostępnych wzbudzeń środowiskowych mogą stanowić uzupełnienie innych nieniszczących metod diagnostycznych.

Słowa kluczowe: operacyjna analiza modalna, most kolejowy, półrama, kratownica.

Abstract: The paper describes dynamic tests conducted during normal operation of the railway bridge on the Nysa Łużycka River. The Operational Modal Analysis was used to identify the dynamic parameters of the bridge. The obtained results were used to verify the numerical model used in the process of assessing the technical condition of the bridge and to determine the current load-bearing capacity of the structure. Specific dynamic behavior of a pony truss was observed. Dynamic testing under ambient vibrations and real traffic can supplement other non-destructive diagnostic methods.

Keywords: operational modal analysis, railway bridge, pony truss.

1. Wprowadzenie

PKP Polskie Linie Kolejowe eksploatuje ok. 25,6 tys. obiektów inżynierskich, w tym ponad 3,3 tys. mostów i wiaduktów. Łączna długość eksploatowanych mostów i wiaduktów wynosi ok. 133 km. Wiek około 45% z nich przekracza 100 lat, a fragmenty najstarszych, nadal eksploatowanych, konstrukcji mostowych pochodzą z 1840 roku [1, 2]. Obecnie jest realizowany w Polsce program rewitalizacji linii kolejowych. Starzejąca się infrastruktura kolejowa stanowi poważny problem dla bezpieczeństwa ruchu. Dotyczy to szczególnie obiektów mostowych, zwłaszcza tych położonych poza głównymi korytarzami komunikacyjnymi. Konstrukcje względem których występuje obawa, że ich stan techniczny może mieć wpływ na bezpieczeństwo ruchu, poddawane są

szczególnym inspekcjom i różnego rodzaju badaniom. Celem tych badań jest ocena możliwości dalszej eksploatacji konstrukcji bądź konieczności jej wymiany.

Artykuł opisuje zastosowanie badań dynamicznych pod ruchem w procesie oceny stanu technicznego stalowego mostu kolejowego typu półrama (rys. 1). Identyfikację parametrów modalnych przeprowadzono z zastosowaniem operacyjnej analizy modalnej (ang. *Operational Modal Analysis* – OMA). W pracy przedstawiono wyniki identyfikacji, zwracając uwagę na specyficzną odpowiedź dynamiczną konstrukcji typu półrama. Zastosowane rozmieszczenie przetworników drgań pozwoliło na jednoznaczną identyfikację kilku istotnych postaci drgań. Wyniki wykorzystano do weryfikacji modelu obliczeniowego i dalszych analiz numerycznych.

Rys. 1. Most będący przedmiotem opisanych badań



2. Badania dynamiczne pod ruchem

2.1. Typowe badania dynamiczne

Jedną z metod oceny stanu technicznego konstrukcji są badania pod próbnym obciążeniem [3, 4]. Badania tego typu wymagają zamknięcia ruchu na moście. Na próbne obciążenia składają się dwa rodzaje prób, statyczne i dynamiczne [5]. W próbie statycznej sprawdzane są efekty obciążenia statycznego, czyli najczęściej osiadania i przemieszczenia powstające od tych obciążeń. Próby dynamiczne polegają zazwyczaj na wykonaniu szeregu przejazdów z różnymi prędkościami arbitralnie wybranego pojazdu szynowego lub całego składu. Obserwacji podlegają efekty dynamiczne, przemieszczenia i przyspieszenia, wywołane przejazdami taboru próbnego. Analiza wyników próby dynamicznej ogranicza się do prostej analizy sygnałów [6]. Takie podejście może sprawdzić się w przypadku prostych mostów o dobrze oddzielonych postaciach drgań własnych. Jednak wiąże się to z dwoma głównymi ograniczeniami. Kluczowym ograniczeniem jest konieczność zamykania ruchu na badanym obiekcie oraz na przylegającym odcinku linii kolejowej, co umożliwia uzyskanie wymaganej prędkości przejazdu przez tabor próbny. Innym, nie mniej istotnym ograniczeniem, są koszty wynajęcia i ubezpieczenia pojazdu próbnego.

2.2. Badania pod ruchem z zastosowaniem Operacyjnej Analizy Modalnej (OMA)

Alternatywą do typowych próbnych obciążeń dynamicznych są badania pod normalnym ruchem wykorzystujące wszelkie dostępne, losowe, nieskorelowane wymuszenia czyli operacyjna analiza modalna [7–10]. Opisany w artykule eksperyment został przeprowadzony z zastosowaniem właśnie analizy OMA. Innym polskim określeniem tej technologii jest eksploatacyjna analiza modalna.

W badaniach z zastosowaniem technologii OMA na potrzeby identyfikacji wykorzystuje się drgania wywołane normalną eksploatacją oraz drgania wzbudzone innymi, nieznanymi siłami wymuszającymi, takimi jak np. wiatr czy ruch pod przęsłem mostu. Badania pod normalnym ruchem pozwalają na obserwację dynamicznego zachowania konstrukcji w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Identyfikacji podlega cały system dynamiczny, czyli przęsło i jego rzeczywiste, a nie wyidealizowane warunki podparcia.

W badaniach pod normalnym ruchem znaczenia nabiera wpływ obecności pojazdów na moście na estymowane parametry modalne. W opisywanym przykładzie masa lokomotywy jest blisko dwukrotnie większa od masy przęsła. Skutkuje to tym, że sygnały zarejestrowane w momencie, gdy lokomotywa jest na pomoście nie mogą zostać wykorzystane do estymacji parametrów modalnych konstrukcji. Jednak sygnały zarejestrowane po zjeździe obciążenia zawierają już użyteczne informacje, a drgania wzbudzone przejazdem mają amplitudy wyższe od drgań typowo wzbudzanych przez inne wymuszenia.

Dobrze znany jest fakt występowania istotnego wpływu warunków środowiska na estymowane parametry modalne. Zmiana temperatury otoczenia i innych parametrów środowiskowych mogą wywoływać zmianę obserwowanej odpowiedzi dynamicznej [11].

Identyfikacja parametrów modalnych (na które składają się najczęściej trzy wielkości, częstotliwość, postać drgań własnych oraz odpowiadające tłumienie) to w OMA proces korelacji charakterystyk dynamicznych modelu matematycznego z fizycznymi właściwościami systemu otrzymanymi z danych pomiarowych. W OMA dane pomiarowe uzyskane z odpowiedzi dynamicznej pod normalną eksploatacją, wykorzystywane są do estymacji parametrów modelu, który opisuje obserwowane zachowanie konstrukcji. W przedstawionym w artykule doświadczeniu, do identyfikacji parametrów modalnych zastosowano algorytm Stochastic Subspace Identification bazujący na funkcjach korelacji (SSI-COR) opisany w pracy [12].

3. Kolejowy most graniczny na Nysie Łużyckiej

3.1. Opis konstrukcji

Konstrukcję nośną mostu, pod czynnym torem, stanowi sześć jednotorowych przęseł kratowych z jazdą dołem o rozpiętości teoretycznej równej 30,0 m. Most przez Nysę Łużycką zalicza się do popularnego w XX wieku typu konstrukcji mostowych stosowanego do przekraczania przeszkód o średniej rozpiętości – kratowych ustrojów półramowych. Specyfika tego rodzaju konstrukcji polega na tym, że pasy górne dźwigarów kratowych nie są poprzecznie stężone (rys. 1). Analiza obliczeniowa tego typu konstrukcji zazwyczaj wykazuje, że o nośności ustroju decyduje wyboczenie ściskającego pasa górnego dźwigara kratowego.

Do badań wybrano przęsło szóste, które znajduje się już na obszarze Niemiec. Wybór przęsła podyktowany był jego dostępnością oraz tym, że w trakcie przeglądu konstrukcji nie zaobserwowano istotnych różnic pomiędzy kolejnymi przęsłami i podporami mostu.

Most wybudowano w skosie względem przeszkody, dlatego dźwigary kratowe są przesunięte względem siebie o jedno pole długości 3,0 m. Przesunięcie to ma wpływ na kształt obserwowanych form drgań opisanych w dalszej części artykułu.

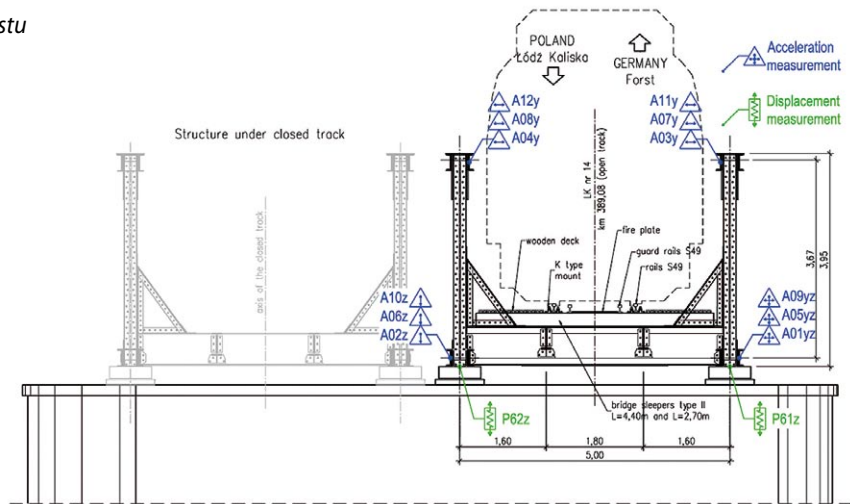
3.2. Model MES konstrukcji

Przygotowano dwa modele konstrukcji, wstępny model na potrzeby planowania i realizacji eksperymentu w programie Autodesk Robot Structural Analysis (ARSA) oraz model uwzględniający wyniki badań w programie Midas Civil. Na potrzeby tej pracy przywołano jedynie wyniki ze wstępnego modelu.

Konstrukcję szóstego przęsła wymodelowano z zastosowaniem prętowych elementów skończonych. Mosty stalowe o połączeniach nitowanych charakteryzuje wysoka

Rys. 2. Przekrój poprzeczny szóstego przęsła mostu z oznaczonymi punktami pomiarowymi

niepewność oszacowania sztywności połączeń. Jednocześnie połączenia nitowane są źródłem nieliniowości co znajduje odzwierciedlenie w estymowanych parametrach modalnych [13]. Przytoczony model uwzględniał przegubowe połączenie podłużnicy podtrzymującej tor z poprzecznicami wynikające z trudnej do oszacowania podatności połączenia tych dwóch elementów.



3.3. Program badań i przebieg eksperymentu

Rozmieszczenie punktów pomiarowych w przekroju poprzecznym pokazano na rysunku 2. Dwa czujniki indukcyjne przemieszczeń liniowych umieszczono w środku rozpiętości przęsła (P61 i P62). Z kolei akcelerometry rozmieszczono w trzech przekrojach na długości przęsła. W trakcie realizacji eksperymentu obserwacji poddano również przęsło piąte, jednak tutaj zakres pomiarów był mniejszy. Pomiar obejmował tylko przemieszczenia pionowe w środku rozpiętości (P51 i P52) oraz przyspieszenia pionowe w czterech punktach pomostu. Obserwacja przęsła piątego służyła obserwacji możliwych różnic w odpowiedzi dynamicznej sąsiednich przęseł. Widok z boku i z góry na schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych pokazano na rysunku 3. W badaniach nie objęto obserwacjami podpór ani punktów konstrukcji, w bezpośrednim sąsiedztwie punktów podparcia. Eksperyment identyfikacyjny zrealizowano w ciągu jednego dnia w stabilnych warunkach pogodowych, przy słabym wietrze i baku opadów. Położenie konstrukcji z dala od skutecznych, środowiskowych, źródeł sił wymuszających i stosunkowo niewielki rozmiar konstrukcji przełożyły się na trudności z identyfikacją słabiej wzbudzanych, wyższych form drgań własnych. Ograniczona liczba dostępnych akcelerometrów wymusiła realizację pomiarów na badanym przęśle w dwóch ustawieniach: w pierwszym ustawieniu czujniki umieszczono w punktach pomiarowych A01:A08 (rys. 3); w drugim ustawieniu czujniki umieszczono w punktach

pomiarowych A01:A04 oraz A09:A12. W trakcie pomiarów zarejestrowano łącznie prawie 5 h sygnałów. Zastosowanie wspomnianych dwóch ustawień akcelerometrów umożliwiło obserwację drgań piętnastu stopni swobody przęsła szóstego. Miało to również wpływ na możliwość obserwacji form drgań wyższego rzędu. Należy również pamiętać, że każda zmiana lokalizacji czujników wiąże się z wysoką czasochłonnością tej czynności oraz wymusza przerwę w rejestracji sygnałów pomiarowych. Ponadto opisywane badania musiały zostać wykonane w ciągu jednego dnia, a zamawiający oczekiwał tylko podstawowych informacji o zachowaniu się konstrukcji obciążonej rzeczywistymi pociągami. Badania prowadzono w uzgodnieniu z operatorem linii. Pozwoliło to na dostęp do parametrów przejeżdżającego taboru i szacunkowej godziny ich przejazdu. Model numeryczny umożliwia uzyskanie wielu postaci drgań. Ich ilość odpowiada całkowitej liczbie stopni swobody, którą mają wszystkie węzły w modelu numerycznym. Ze względu na ograniczenia techniczne, czasowe i organizacyjne w badanym obiekcie rejestrowano drgania tylko w kilku punktach konstrukcji na wybranych kierunkach. Skutkuje to ograniczeniem obserwowalności do kilku z góry wybranych postaci drgań. Oznacza to również, że niewłaściwe rozmieszczenie czujników może uniemożliwić wykrycie istotnych postaci drgań w badanej konstrukcji.

Rys. 3. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych na przęśle piątym (po lewej) i szóstym (po prawej)

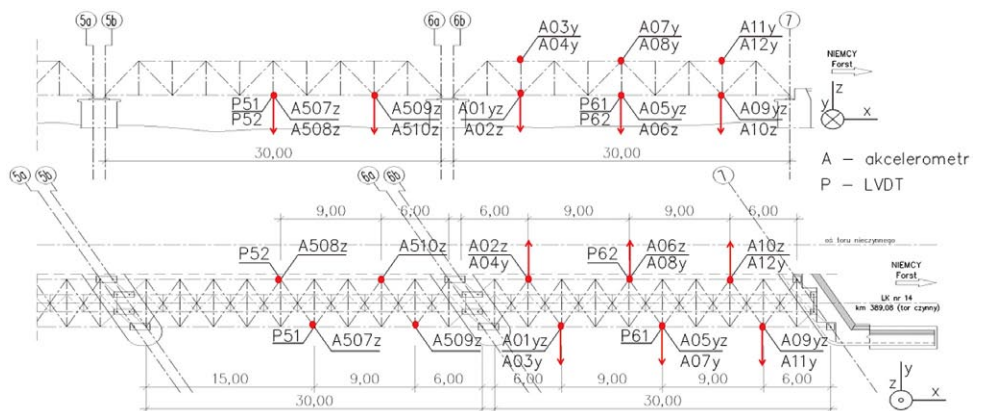


Tabela 1. Postacie drgań z modelu MES i zidentyfikowane w eksperymencie OMA

FEM		n _{OMA} /n _t	OMA				Times identified	Mode shape description
No.	n _t [Hz]		n _{OMA} [Hz]	U _{nOMA} [Hz]	ξ [%]	U _ξ [%]		
1	5.70	0.81	4.60	0.02	0.66	0.28	9	I lateral bending
2	7.29	0.96	7.83	0.14	1.24	1.33	9	I vertical bending
3	10.50	0.96	10.14	0.11	0.38	0.13	8	I torsional along x axis
4	10.94	0.91	10.06	"	0.46	"	1	II upper flange in phase
5	11.43	0.96	10.95	0.10	0.29	0.09	9	I upper flange out of phase
6	11.76	1.03	12.11	0.03	0.28	0.16	9	II upper flange out of phase
7	12.44	1.08	13.40	"	0.41	"	2	III upper flange out of phase
8	12.78	1.07	13.68	"	1.38	"	1	III upper flange in phase
16	15.48	"	"	"	"	"	0	IV upper flange in phase
17	15.51	"	"	"	"	"	0	IV upper flange out of phase
19	17.98	0.93	17.06	0.12	0.79	0.46	9	I torsional
20	20.69	"	"	"	"	"	0	II lateral bending
21	21.82	"	"	"	"	"	0	V upper flange in phase
22	21.88	"	"	"	"	"	0	V upper flange out of phase
23	22.47	0.84	21.27	"	0.34	"	3	II lateral bending
24	29.52	"	"	"	"	"	0	III lateral bending
25	28.22	"	"	"	"	"	0	II torsional

3.4. Wyniki badań

Zastosowany rozkład przetworników drgań pozwolił na jednoznaczny identyfikację kilku podstawowych form drgań własnych. Wyniki identyfikacji zestawiono w tabeli 1. Mody związane z drganiami lokalnymi nie zostały pokazane w tym zestawieniu. Zidentyfikowaną częstotliwość drgań własnych danej postaci n_{OMA} wyznaczono jako średnią arytmetyczną z kilku estymacji bazujących na różnych dostępnych sygnałach. Podobnie postąpiono z ułamkiem tłumienia krytycznego ξ. Określono również niepewność rozszerzoną eksperymentalną U_{nOMA} i U_ξ obu tych wielkości jako równą podwójnemu odchyleniu standardowemu estymat wykorzystanych do wyznaczenia wartości średniej. Niektóre mody nie zostały wykryte we wszystkich dziewięciu estymacjach. Wskazuje to na słabe wzbudzenie tych form drgań oraz może sygnalizować brak pewności estymacji. W większości przypadków niepewność estymacji tłumienia jest zdecydowanie wyższa niż niepewność estymacji częstotliwości drgań własnych.

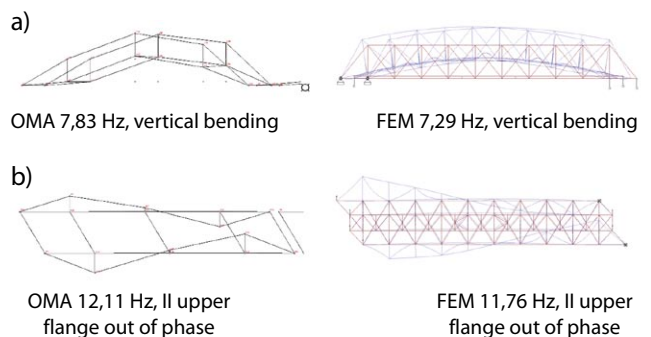
Dwa przykłady poprawnie wykrytej postaci drgań przedstawiono na rysunku 4. Jedną podstawową i jedną wyższego rzędu związaną z pasem górnym dźwigara kratowego. Wizualizację kształtu postaci przygotowano na podstawie pojedynczego ustawienia akcelerometrów. Wynika to z faktu, że stosunek sygnału do szumu w większości zarejestrowanych sygnałów był niski. Złożenie sygnałów nie dawało zadowalających efektów.

Przemieszczenia wywołane przejazdem pojedynczej, ciężkiej lokomotywy pokazano na rysunku 5. Sygnały zostały wstępnie odfiltrowane cyfrowym filtrem dolnoprzepustowym o częstotliwości odcięcia 32 Hz. Dobrze widoczne są porównywalne przemieszczenia dwóch obserwowanych przęseł. Przemieszczenia pionowe z początku przejazdu pociągu towarowego ciągniętego przez tą samą ciężką lokomotywę co na wcześniejszym wykresie pokazano na rysunku 6. Tym razem przemieszczenia maksymalne pod lokomotywą są różne w dwóch przęsłach. Podobnie wagony wywołują przemieszczenia

o różnych amplitudach. Nie znaleziono wyjaśnienia dla obserwowanych różnic. Dodatkowo, bardziej gładkie przebiegi czasowe, uzyskano po zastosowaniu filtra 0,5 Hz. Wykorzystano je do oszacowania współczynnika przewyższenia dynamicznego (WPD) jako stosunku sygnału odfiltrowanego filtrem o częstotliwości odcięcia 32 Hz do odfiltrowanego filtrem o częstotliwości odcięcia 0,5 Hz. W żadnym z zarejestrowanych przejazdów wyznaczony w ten sposób WPD nie przekroczył wartości 1,04.

Zaprezentowane wyniki (tab. 1) wskazują na trudności z jednoznaczny identyfikacją postaci drgań związanych z poprzecznym ruchem pasów górnych kratownic. Wynika to z niedostatecznej liczby punktów pomiarowych na pasie górnym. Można również zauważyć, że w przypadku niewielkich, słabo wzbudzonych konstrukcji nie wszystkie spodziewane postacie ujawniają się w stopniu pozwalającym na ich wykrycie. Przedstawione wyniki dotyczą krótkotrwałej kampanii pomiarowej. Długotrwałe pomiary za pomocą systemu monitoringu drgań mogły by dać więcej informacji dotyczących zmienności odpowiedzi dynamicznej konstrukcji wraz ze zmianą warunków środowiskowych. Warunki pogodowe w dniu badania zostały odnotowane i stanowią element raportu z badań. Powinno to pozwolić odnieść informacje pozyskane w rezultacie opisanego eksperymentu do przyszłych wyników uzyskanych w podobnych warunkach. Istotne różnice mogą być przesłanką wskazującą na zmianę w konstrukcji.

Zakres eksperymentu ograniczono do obserwacji jednego z sześciu przęseł. Może to w istotny sposób podważać zasadność przeniesienia wniosków z badań pojedynczego przęsła na pozostałe konstrukcje tego samego typu, pomimo przeprowadzenia inspekcji wszystkich przęseł i niewykrycia



Rys. 4. Porównanie kształtów postaci drgań własnych z eksperymentu OMA i modelu MES; a) kształtu postaci niskiego rzędu; b) kształtu postaci wysokiego rzędu

istotnych różnic. Potencjalna zmienność wyników eksperymentów identyfikacyjnych OMA poszczególnych przęseł mogła by być wskaźnikiem istotnych, niewykrytych w trakcie przeglądu różnic pomiędzy poszczególnymi kratownicami.

4. Podsumowanie

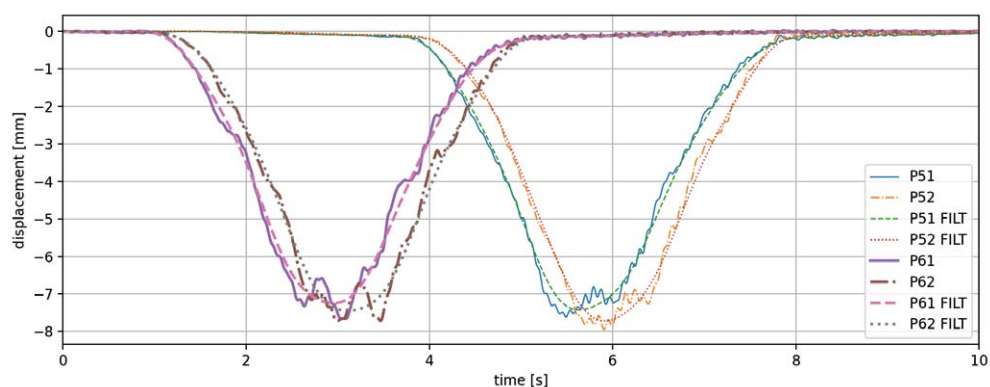
W artykule opisano zastosowanie operacyjnej analizy modalnej w badaniach kratowego mostu kolejowego o stosunkowo niewielkiej rozpiętości przęsła. W opisanym przypadku zastosowanie OMA umożliwiło jednoznaczny identyfikację kilku podstawowych modów. Zakres identyfikacji był wystarczający z perspektywy weryfikacji modelu numerycznego. Zidentyfikowane właściwości dynamiczne konstrukcji dość dobrze pokrywały się z tymi ze wstępnego modelu MES.

Dostępne wzbudzenia środowiskowe były niewystarczające do skutecznego wzbudzenia wyższych form drgań własnych uniemożliwiając ich identyfikację. Niemniej zakres identyfikacji był wystarczający, a użyteczne wyniki uzyskano bez zamykania ruchu na moście i bez wynajmowania kosztownego taboru próbnego.

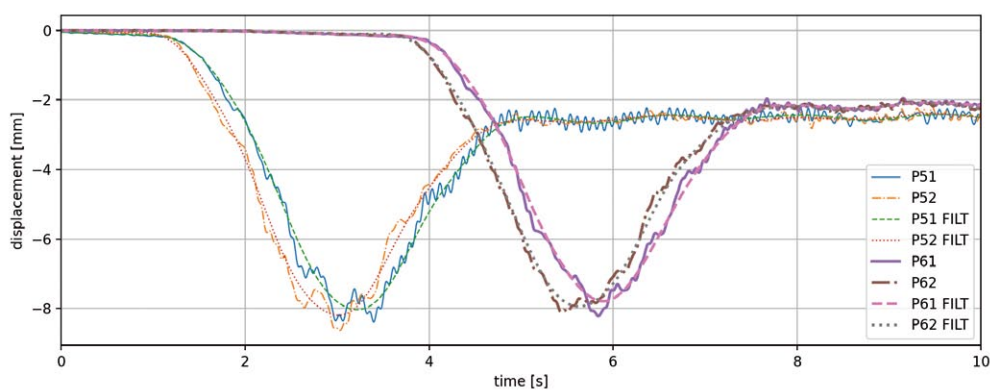
Badania pod normalnym ruchem nie pozwalają na estymację współczynnika przewyższenia dynamicznego (WPD) rozumianego jako stosunek ugięć wywołanych przejazdem z szeregiem wyższych prędkości do ugięć wywołanych tym samym taborom, ale przemieszczającym po konstrukcji z niewielką prędkością (przejazd quasi-statyczny). Wyznaczenie tego parametru nadal jest jednym z oczekiwanych efektów próby dynamicznej jednak jego użyteczność i zasadność odnoszenia do normowego współczynnika dynamicznego pozostaje dyskusyjna.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bień J., Mosty kolejowe – uszkodzenia, awarie, katastrofy, Materiały konferencyjne XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna, Szczecin-Międzdroje, 2009
- [2] Madej Ł., Ile jest mostów kolejowych w Polsce?, 08-Apr-2018. [(online), Available: <https://inzynieria.com/wpis-branzny/wiadomosci/6/51912,ile-jest-mostow-kolejowych-w-polsce>. (Accessed: 28-May-2019)



Rys. 5. Przemieszczenia pionowe wywołane przejazdem ciężkiej lokomotywy (L1); przęsło 6 – po lewej, przęsło 5 po prawej



Rys. 6. Przemieszczenia pionowe wywołane przejazdem pociągu towarowego (T3); przęsło 6 – po lewej, przęsło 5 po prawej

- [3] Andersson A., Karoumi R., Dynamics of railway bridges, analysis and verification by field tests, MATEC Web Conf., tom 24, 2015, str. 01001
- [4] Łaziński P., Pradelok S., Load Test of Railway Viaduct Built Using Crosswise Launching Technology, Procedia Engineering, tom 161, 2016, str. 530–537
- [5] Bień J., Krzyżanowski J., Rawa P., Zwolski J., Dynamic load tests in bridge management, Archives of Civil and Mechanical Engineering., tom 4, 2/2004, str. 63–78
- [6] Salamak M., O potrzebie standaryzacji badań odbiorczych obiektów mostowych pod próbnym obciążeniem dynamicznym, Inżynieria i Budownictwo, tom R. 70, 7/2014, str. 376–380
- [7] Zhang L., Brincker R., Andersen P., An Overview of Operational Modal Analysis: Major Development and Issues, in Proceedings of 1st IOMAC, Copenhagen, Denmark, 2005
- [8] Bień J., Rawa P., Zwolski J., Monitoring of Dynamic Parameters of Steel Bridges by Vibration Tests, 6th International Symposium on Steel Bridges, Prague, tom 31, 2006, str. 196–205
- [9] Dudek M., Wilde K., Identyfikacja parametrów dynamicznych mostu zespolonego w warunkach eksploatacyjnych, Inżynieria i Budownictwo, tom R. 63, 11/2007, str. 605–608
- [10] Poprawa G., Pradelok S., Salamak M., Łaziński P., Operational modal analysis in model updating of a truss railway bridge, in Proceedings of 7th IOMAC, Ingolstadt, 2017, str. 64–67
- [11] Gonzales I., Ülker-Kaustell M., Karoumi R., Seasonal effects on the stiffness properties of a ballasted railway bridge, Engineering Structures, tom 57, 12/2013, str. 63–72
- [12] Peeters B., De Roeck G., Reference-based stochastic subspace identification for output-only modal analysis, Mechanical Systems and Signal Processing, tom 13, 6/1999, str. 855–878
- [13] Marques F., Moutinho C., Magalhães F., Caetano E., Cunha Á., Analysis of dynamic and fatigue effects in an old metallic riveted bridge, Journal of Constructional Steel Research, tom 99, 8/2014, str. 85–101

Wpływ przewiązek skrajnych na moment krytyczny i nośność stalowych belek dwuteowych

Influence of end battens on critical moment and load capacity of steel I-beams

dr inż. Krzysztof Wierzbicki (ORCID: 0000-0002-1388-4226), Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9355

Streszczenie: W artykule zwrócono uwagę na możliwość wykonania efektywnego wzmocnienia stalowych belek dwuteowych z wykorzystaniem przewiązek skrajnych. Przedstawiono analizy parametryczne, z których wynika, że wzmocnienie elementów może sięgać kilkudziesięciu procent. Zależy to jednak od wielu czynników, jak np. długość czy przekrój poprzeczny wzmacnianych belek, wymiary zastosowanych blach wzmacniających czy ich lokalizacja na długości belki. Jest to sposób nieujęty w obowiązujących normach do projektowania konstrukcji, lecz w niektórych przypadkach może się okazać wyjątkowo efektywną metodą wzmocnienia konstrukcji.

Słowa kluczowe: przewiązki, deplanacja, zwichrzenie, belki stalowe, IPE, wzmocnienie.

Abstract: The paper highlights the possibility of performing effective strengthening of steel I-beams using batten plates. Parametric analyses are presented which show that the strengthening of the members can reach several tens of percent. However, this depends on many factors, such as the length or cross-section of the beams to be strengthened, the dimensions of the reinforcing plates used and their location along the length of the beam. This is a method not included in current standards for structural design, but in some cases it can prove to be an extremely effective method of structural strengthening.

Keywords: battens, deplanation, lateral buckling, steel beams, IPE, reinforcement.

1. Wprowadzenie

Istniejące konstrukcje budowlane coraz częściej wymagają wzmocnienia. Jest to często spowodowane tym, że ich właściciele dążą do ocieplenia przegród wewnętrznych, planują montaż instalacji fotowoltaicznej na dachu lub innego typu działania powodujące wzrost wartości obciążeń przekazywanych na dach czy strop. Z uwagi na to, że demontaż istniejącej i wykonanie nowej konstrukcji wiąże się z ogromnymi kosztami, najczęściej dąży się do tego, aby w sposób maksymalny wykorzystać nośność istniejącej konstrukcji z uwzględnieniem dodatkowych wzmocnień.

Istnieje wiele sposobów wzmacniania istniejących konstrukcji. Najbardziej powszechną metodą jest rozbudowa przekroju poprzecznego poszczególnych elementów konstrukcyjnych. W przypadku stalowych belek dwuteowych projektowanych na zginanie wzmocnienie często polega na dospawaniu do pasa dolnego płaskowników stalowych lub innych elementów gorącowalcowanych. Powoduje to zwiększenie pola przekroju poprzecznego, wskaźnika wytrzymałości oraz momentu bezwładności. Wymaga jednak przeprowadzenia procesu wzmocnienia na całej (bądź co najmniej znacznej) długości belki, w tym w najbardziej wyciężonych przekrojach.

W przypadku belek, których nośność na zginanie ze zwichrzeniem została zredukowana za pomocą współczynnika

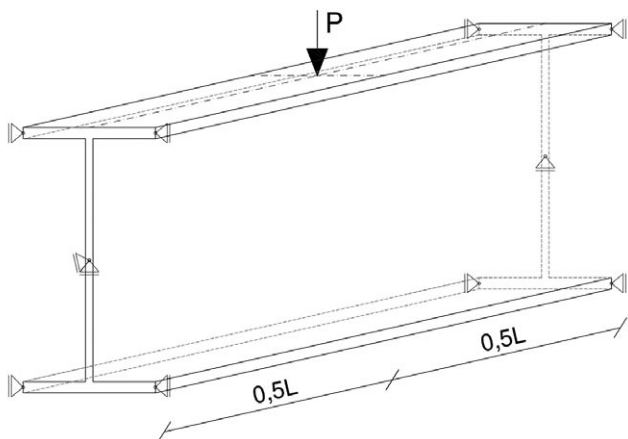
χ_{LT} , możliwe jest także poprawienie stateczności giętno-skrętnej elementu za pomocą np. dodatkowych tężników ograniczających długość zwichrzeniową belki czy żeber usztywniających.

W niniejszej pracy przedstawiony zostanie wpływ jednego z typów żeber (określanych w literaturze jako przewiązki skrajne) na moment krytyczny i nośność belek wykonanych z dwuteowników gorącowalcowanych IPE.

2. Charakterystyka przewiązek skrajnych

Blachy, które zwane są przewiązkami skrajnymi, łączą ze sobą zewnętrzne krawędzie pasa górnego i dolnego belki dwuteowej. W celu zobrazowania ich działania rozpatrzmy schemat belki wolnopodpartej o obustronnym podparciu widełkowym, która obciążona jest pionową siłą skupioną w środku rozpiętości ze zwrotem w dół. Podczas zginania pas górny, który jest poddany ścisaniu, dąży do wyboczenia objawiającego się wygięciem w płaszczyźnie poziomej. Powoduje to przesunięcie punktu przyłożenia siły skupionej tak, że powstanie moment skręcający w środku rozpiętości belki.

Dla danego schematu statycznego powstanie wobec tego na długości belki rozkład momentu skręcającego Saint Venanta, który może zostać obliczony na podstawie wzorów Ruteckiego [1] oraz przedstawiony za pomocą wykresu na rysunku 2.



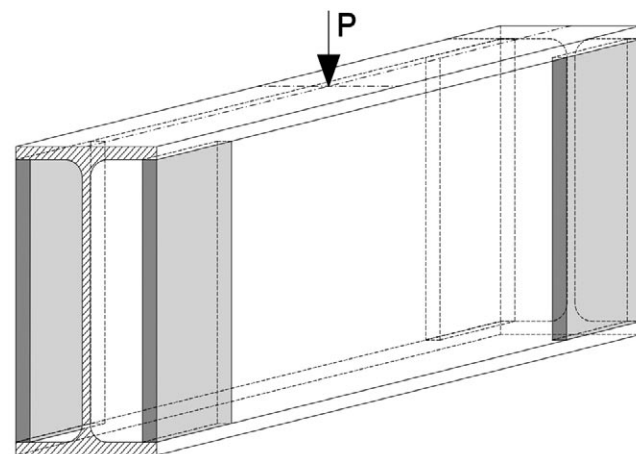
Rys. 1. Przyjęty do rozważań schemat statyczny

$$M_v = M \left[\frac{L}{2} - \frac{\sinh(k \cdot \frac{L}{2})}{\sinh(k \cdot L)} \cosh(kx) \right] \quad \text{dla } x \in < 0, \frac{L}{2} > \quad (1)$$

$$M_{v'} = M \left[-\frac{L}{2} + \frac{\sinh(k \cdot \frac{L}{2})}{\sinh(k \cdot L)} \cosh(kx') \right] \quad \text{dla } x' \in < 0, \frac{L}{2} > \quad (2)$$

Jak widać z wykresu największe wartości momentu skręcającego Saint Venanta występują przy końcach belki, a w środku jej rozpiętości wartości są zbliżone do zera. Oznacza to, że przy tym schemacie statycznym i obciążeniu najefektywniejsze jest zastosowanie elementów ograniczających skręcanie Saint Venanta w miejscach, gdzie jest ono największe, a więc przy podporach. Dodatkowo wynika z tego, że zastosowanie przewiązek w środku rozpiętości wspomnianej belki nie wpłynie znacząco na nośność czy moment krytyczny belki, co zostało potwierdzone doświadczalnie w pracy [2].

Badania numeryczne dotyczące wpływu przewiązek skrajnych na wartość momentu krytycznego zostały przeprowadzone przez pracowników Uniwersytetu Ain Shams w Egipcie [3]. W pracy [4] zaproponowano wzory korygujące wartości



Rys. 3. Widok belki z przewiązkami skrajnymi – zaznaczono je na szaro

wycinkowego momentu bezwładności oraz momentu bezwładności przekroju przy skręcaniu swobodnym wchodzące w skład wzoru na wyznaczenie momentu krytycznego [5]. Bazując na wzorze ogólnym, którego wyprowadzenie można znaleźć w [6]:

$$M_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z \cdot G \cdot I_{\omega}^*}{L^2} + \frac{\pi^4 \cdot E \cdot I_z \cdot E \cdot I_T^*}{L^4}} \quad (3)$$

zaproponowano w [4]:

$$I_T^* = \frac{I_{T,1} \cdot L_1 + I_{T,2} \cdot L_2 \cdot F}{L} \quad (4)$$

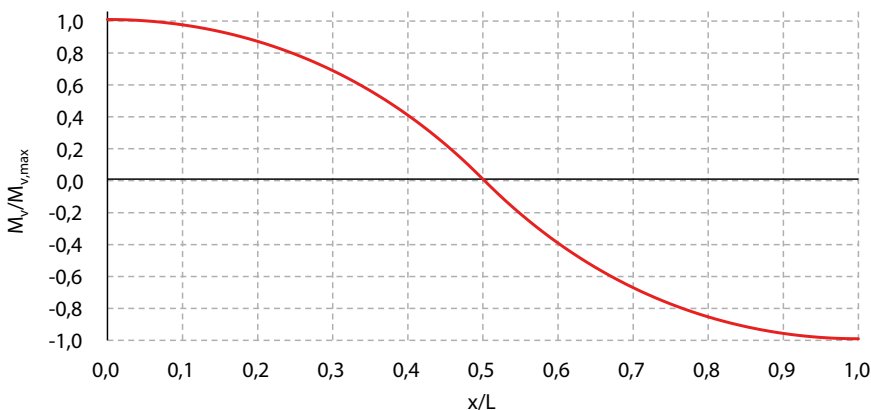
$$I_{\omega}^* = \frac{I_{\omega,1} \cdot L_1 + I_{\omega,2} \cdot L_2}{L} \quad (5)$$

$$F = 0,1106 \left(\frac{Z_{bp}}{L} \right)^2 - 0,1347 \frac{Z_{bp}}{L} + 0,0413 \quad (6)$$

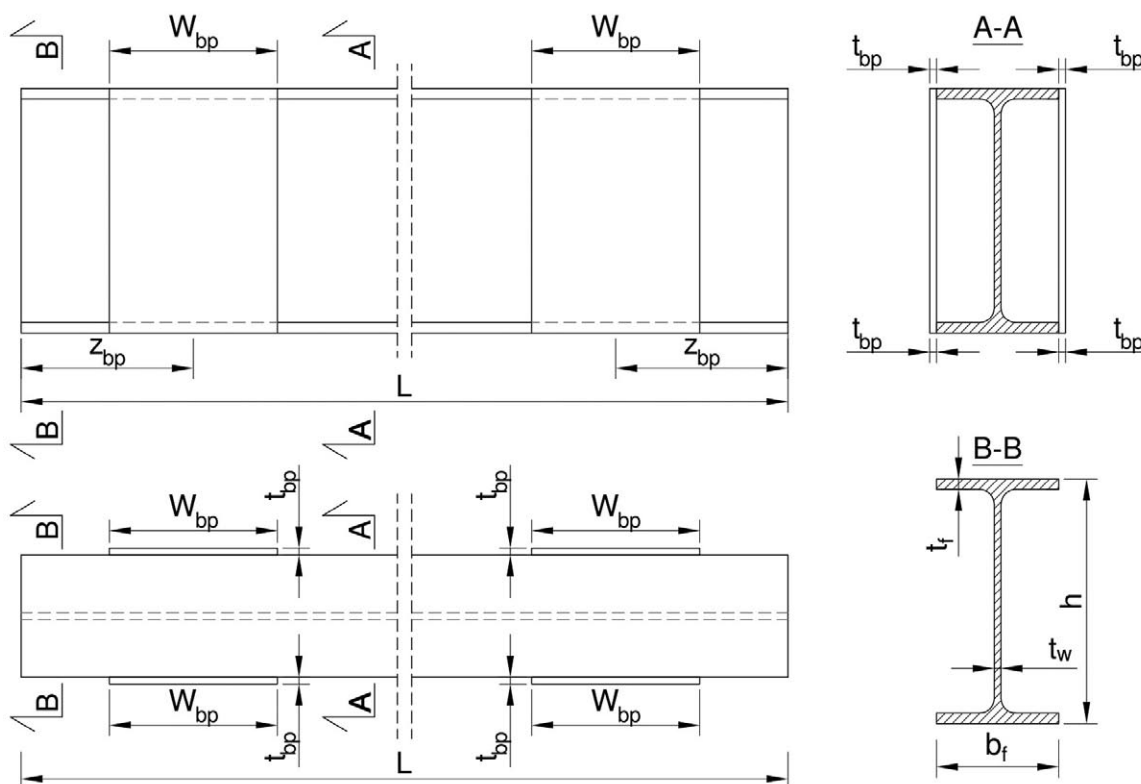
$$I_{T,2} = \frac{2t_f \cdot t_{bp} \cdot b^2 \cdot h^2}{b^2 \cdot t_{bp} + h \cdot t_f} \quad (7)$$

gdzie:

- I_T^* – średnia ważona (po długości belki) momentu bezwładności przy skręcaniu swobodnym dla przekroju skrzynkowego (ze wzmocnieniem z przewiązek) oraz przekroju bez wzmocnień;
- $I_{T,1}$ – moment bezwładności przy skręcaniu swobodnym dla przekroju bez wzmocnień;
- $I_{T,2}$ – moment bezwładności przy skręcaniu swobodnym dla przekroju ze wzmocnieniami w postaci przewiązek;
- L_1 – długość niewzmocnionej części belki dwuteowej ($L_1 = L - L_2$);
- L_2 – suma długości przewiązek po jednej ze stron dwuteownika ($L_2 = 2W_{bp}$);
- Z_{bp} – odległość od końca belki do środka długości żebra;



Rys. 2. Zależność wielkości momentu skręcającego Saint Venanta od lokalizacji na belce



Rys. 4. Widok belki z przewiązkami skrajnymi – wymiary zgodnie ze wzorami zawartymi w [4], zgodnie z pracą [7]

T_{bp} – grubość blach wzmacniających – w pracy [4] przyjęto, że jest równa grubości środka wzmacnianej belki;

b – szerokość wzmacnianej belki łącznie z dwoma grubościami blach wzmacniających ($b = b_f + 2t_{bp}$);

I_{ω}^* – średnia ważona (po długości belki) wycinkowego momentu dla przekroju skrzynkowego (ze wzmocnieniem z przewiązek) oraz przekroju bez wzmocnień;

$I_{\omega,1}$ – wartość wycinkowego momentu bezwładności dla przekroju bez blach wzmacniających;

$I_{\omega,2}$ – wartość wycinkowego momentu bezwładności dla przekroju z blachami wzmacniającymi; należy przyjąć, że przekrój dwuteowy z przewiązkami stanowi łącznie przekrój skrzynkowy niewrażliwy na deplanację, czyli można założyć $I_{\omega,2} \sim 0$ [4]

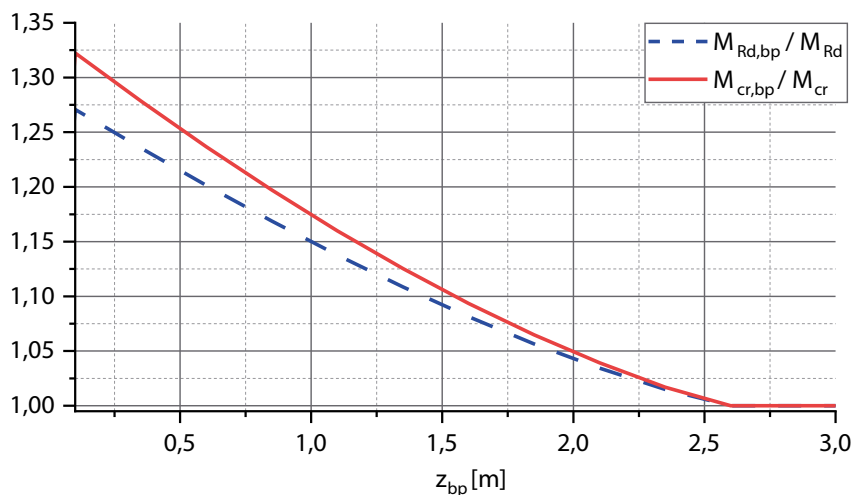
Przeprowadzone obliczenia zostały potwierdzone z wynikami zawartymi w pracy [4].

W pierwszej kolejności przyjęto do analiz belkę o długości 6 m, którą obciążono siłą skupioną do pasa górnego w sposób destabilizujący. Wzmocnienie z przewiązek wykonano na końcach belki jako kwadratowe w planie, o długości 200 mm i grubości blach równej grubości środka. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że poprzez włączenie do współpracy przewiązek na końcach belki można się spodziewać wzrostu wartości momentu krytycznego o około 32% oraz wzrostu nośności o około 27%. Im bliżej przewiązki znajdują się środka przęsła, tym mniej efektywne stanowią wzmocnienie. Potwierdziło to informacje, które zawarto we wcześniejszym rozdziale.

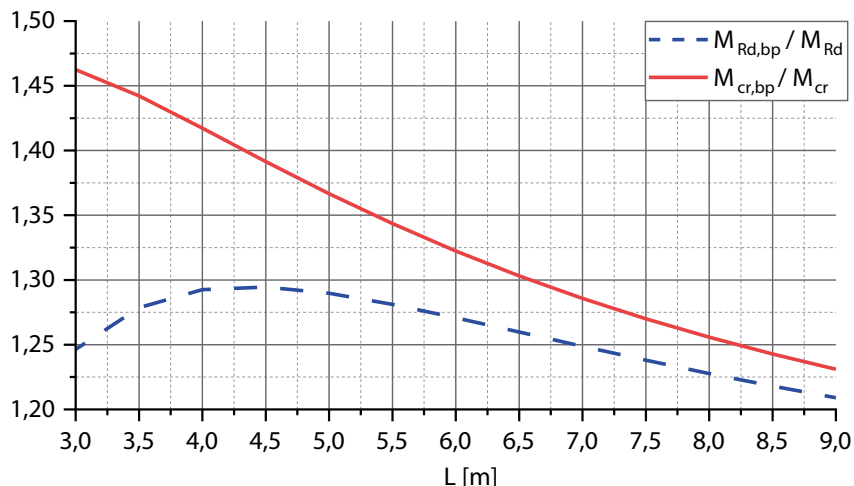
3. Analiza parametryczna

Wykorzystując wyżej wymienione zależności przeanalizowano, w jaki sposób wpływa lokalizacja przewiązek na moment krytyczny i nośność według [8] belek wykonanych z dwuteowników stalowych gorącowalcowanych IPE200 ze stali klasy S355.

Rys. 5. Zależność pomiędzy wzrostem nośności oraz momentu krytycznego belki a odsunięciem przewiązek od końca belki



Rys. 6. Zależność pomiędzy wzrostem nośności oraz momentu krytycznego belki a jej długością



Warto zauważyć, że wzory zaproponowane w [4] są empiryczne i zostały skalibrowane dla grubości przewiązek równej średnikom wzmacnianych belek dwuteowych. Z przeprowadzonych na podstawie nich obliczeń wynika, że zwiększanie w nieskończoność grubości przewiązek będzie powodowało ciągle zwiększanie wartości momentu krytycznego i nośności, co nie jest prawdą. Przeprowadzone wcześniej obliczenia w programie ABAQUS [9] pokazały, że zwiększanie grubości przewiązek jest efektywne do grubości, przy której ich odkształcenia pod wpływem skręcania wzmacniającej belki są znikome. Dla analizowanej we wspomnianej pracy [9] belki IPE200 o długości 6 m nie zaobserwowano znaczącego wzrostu nośności czy momentu krytycznego przy pogrubianiu blach powyżej 30 mm.

W kolejnej analizie poddano wzmocnienie belek IPE200 o różnych długościach za pomocą przewiązek skrajnych (rys. 6). Z obliczeń wynika, że im krótsza belka, tym większy wzrost momentu krytycznego, lecz sam wzrost nośności elementu przyjmuje wartość ekstremalną dla belek o długości około 4,5 m, co odpowiada smukłości względnej na zwichrzenie równej około 1,45. Jest to spowodowane tym, że im bardziej krępa jest belka, tym bardziej wartość współczynnika redukującego nośność na zginanie ze zwichrzeniem XLT jest bliższa jedności i dalsze usztywnienie za pomocą przewiązek niewiele zmienia.

Przeprowadzone obliczenia nie uwzględniają ryzyka lokalnej utraty stateczności przez przewiązki.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone obliczenia dowiodły, że zastosowanie przewiązek skrajnych może w sposób efektywny zwiększyć nośność belek, co dla przekroju IPE200 i blach o grubości równej średnikowi wyniosło nawet o około 30%. Z uwagi na to, że przewiązki te zamontowane są w płaszczyźnie równoległej do średnika belki, stanowią zdecydowanie bardziej efektywną blokadę deplanacji w porównaniu do żeber czy blach czołowych wykonanych z blach o odpowiadającej grubości [10, 11].

Ze względu na to, że najefektywniejsze jest wykorzystanie tych wzmocnień z blach przy końcach belki wolnopodpartej, a więc w miejscu, gdzie występuje najmniejsze wyężenie elementu z uwagi na zginanie, ten sposób podniesienia nośności może być wykorzystany przy wzmacnianiu istniejących elementów dwuteowych o odpowiedniej smukłości.

Negatywny wpływ np. obróbki termicznej podczas procesu spawania nie spowoduje obniżenia nośności w miejscach, gdzie wyężenie spowodowane istniejącym obciążeniem jest największe, co zostało dowiedzione za pomocą wcześniej przeprowadzonych analiz [7].

W trakcie projektowania wzmocnienia konstrukcji z uwzględnieniem współpracy przewiązek należy zwrócić uwagę na ryzyko lokalnej utraty stateczności tych blach wzmacniających. Ze względu na to, że w obowiązujących normach dotyczących projektowania konstrukcji stalowych nie ma wytycznych dotyczących uwzględnienia przewiązek podczas wymiarowania konstrukcji, należy prowadzić obliczenia z ich udziałem ze szczególną starannością, a najlepiej w oparciu o modele powłokowe belek dwuteowych, weryfikując otrzymane wyniki z tymi dostępnymi w literaturze przedmiotu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rutecki J., Wytrzymałość konstrukcji cienkościennych, 1957, Warszawa, PWN
- [2] Sorensen C. O., Rasmussen K. M., Effects of Stiffeners on the Warping Resistance of Steel I-Beams, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) 4(2)2014, str. 7–14
- [3] Hassanien M. et al., Effect of vertical web stiffeners on lateral torsional buckling behavior of cantilever steel i-beams, Journal of applied mechanics 7/2004, str. 233–246
- [4] Metwally O., El-Aghoury I. M., Ibrahim S. M., Effect Of Batten Plates On Elastic Moment Capacity of Standard IPE Profiles, International Journal of Scientific & Technology Research 10/2021, str. 333–340
- [5] ENV 1993-1-1:1992 Eurocode 3: Design of steel structures Part 1.1: General rules and rules for buildings. 1992, CEN
- [6] Galambos T. V., Guide to stability design criteria for metal structures, John Wiley, New York, 1998
- [7] Wierzbicki K., Wpływ elementów ograniczających deplanację na moment krytyczny belek stalowych w eksperymencie numerycznym i fizycznym, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, 2022
- [8] PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków, 2006
- [9] Wierzbicki K., Influence of Bimoment Restraints on the Load-Bearing Capacity of a Steel I-Beam, Civil and Environmental Engineering Reports, 30(4)2020, str. 33–47
- [10] Wierzbicki K., Influence of endplates on the value of critical moment., in 2018 International Interdisciplinary PhD Workshop, IIPhDW, 2018
- [11] Kurzawa Z. et al., Wpływ blach czołowych na moment krytyczny belek dwuteowych, Inżynieria i Budownictwo 3/2006, str. 163–166

Możliwości diagnostyki drewna zabytkowego na przykładzie badań więźby kościoła w Jastrzębiu-Zdroju

Possibilities of diagnostics of historic wood on the example of testing the truss of a church in Jastrzębie-Zdrój

mgr inż. Joanna Drobiec (ORCID: 0009-0000-4364-8841), dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. uczelni (ORCID: 0000-0001-6343-4840), Uniwersytet Zielonogórski

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9356

Streszczenie: W artykule opisano współczesne możliwości diagnostyki zabytkowych więźb dachowych. Przedstawiono wyniki nieniszczących badań więźby zabytkowego kościoła w Jastrzębiu-Zdroju. Wykonano badania metodą sklerometryczną oraz metodami ultradźwiękowymi. Przeprowadzone badania wykazały, że metody nieniszczące można stosować do jakościowej oceny drewna w obiektach zabytkowych.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, diagnostyka konstrukcji drewnianych, metoda ultradźwiękowa, metoda sklerometryczna.

Abstract: The article describes modern possibilities of diagnostics of historic roof trusses. The results of non-destructive testing of the truss of the historic church in Jastrzębie-Zdrój were presented. Sclerometric and ultrasonic tests were performed. The conducted research showed that non-destructive methods can be used for the qualitative assessment of wood in historic buildings.

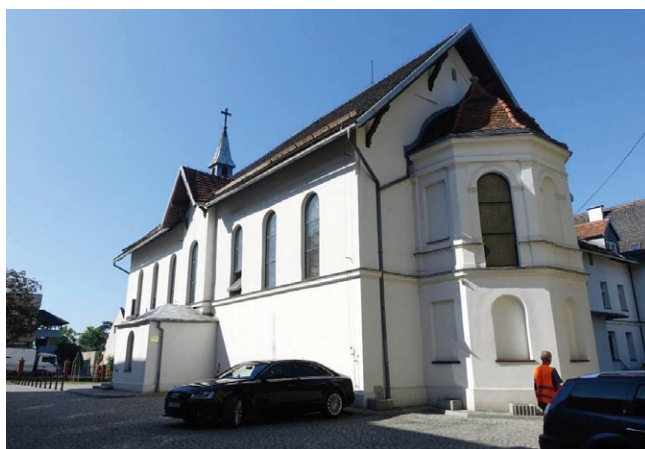
Keywords: non-destructive testing, diagnostics of wooden structures, ultrasonic method, sclerometric method.

1. Wprowadzenie

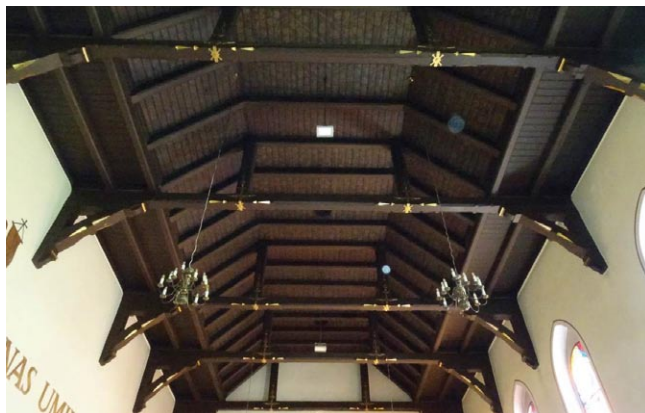
Naprawa zabytkowych konstrukcji drewnianych uwarunkowana jest znajomością zdolności mechanicznych zachowanych elementów. Analizy prowadzone na historycznej tkance obiektu wykluczają zwykle zastosowanie badań niszczących. Poszczególne elementy konstrukcji mogą być natomiast poddawane badaniom nieniszczącym (NDT) przeprowadzonym in situ [1–6]. Zaprezentowana w artykule metodologia badania NDT oparta została na zastosowaniu techniki ultradźwiękowej i sklerometrycznej. Elementy drewniane poddaje się tego rodzaju analizie od lat pięćdziesiątych XX wieku [2, 7, 8]. W badaniach ultradźwiękowych stosuje się najczęściej urządzenia emitujące falę podłużną. Nowością prezentowanych badań jest zastosowanie do badań drewna zabytkowego urządzenia analizującego prędkość przepływu fal poprzecznych. Badaniom poddano więźbę dachową zabytkowego kościoła p.w. Najświętszego Serca Pana Jezusa w Jastrzębiu Zdroju.

2. Analizowany obiekt

Budynek kościoła datuje się na rok 1898 r. Widok kościoła pokazano na rysunku 1. Więźba dachowa, będąca przedmiotem badań, wykonana została jako płatwiowa wieszakowa dwuwieszakowa. Jest to więźba częściowo otwarta z pułapem trapezowym i nadwieszeniem poziomym [9, 10]. Więźba ta ma dodatkowe zastrzały i rozpór, na których



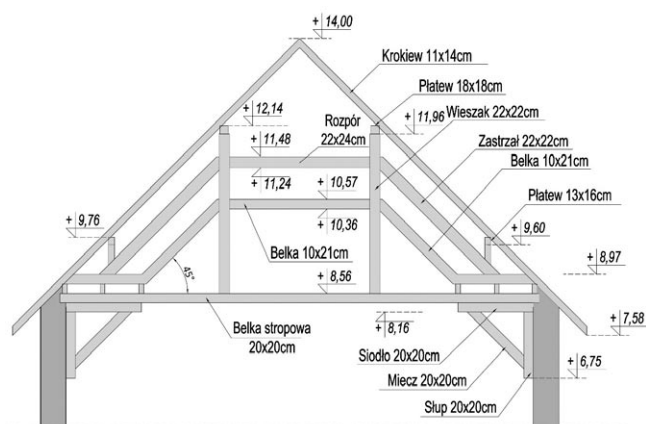
Rys. 1. Widok budynku kościoła od strony północnej



Rys. 2. Widok więźby od strony wnętrza kościoła



Rys. 3. Widok więźby nad kościołem od strony strychu



Rys. 4. Przekrój więźby kościoła

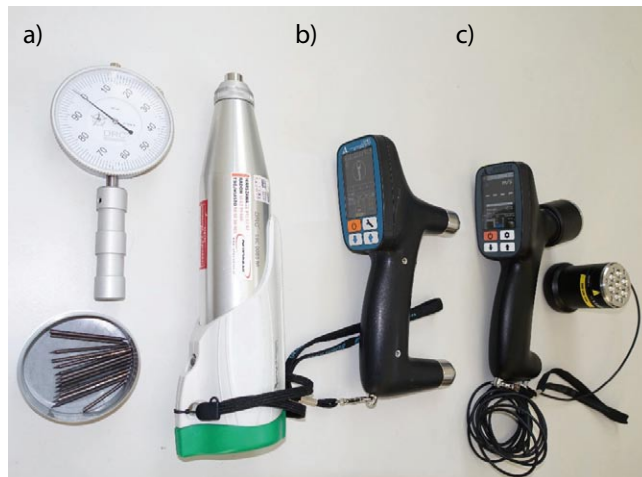
zabudowano sufit. Na wieszakach więźby ułożono płatwie, a na nich krokwie. Elementy więźby od strony kościoła są dodatkowo rzeźbione i malowane. Sufit pomalowano na brązowo i ozdobiono ornamentami roślinnymi. Widok więźby od strony kościoła pokazano na rysunku 2, od strony strychu na rysunku 3, a przekrój więźby na rysunku 4.

3. Wykonane badania i ich wyniki

Więzbę dachową poddano badaniom semi-nieniszczącym młotkiem do drewna Wood Peker DRC 19C0085M (rys. 5a). Przeprowadzono ponadto badania ultradźwiękowe przy wykorzystaniu urządzenia UK 1401 SURFER (rys. 5b) mierzącego prędkość przepływu fali poprzecznej wzdłuż włókien oraz przy wykorzystaniu urządzenia UK 1410 PULSAR (rys. 5c) dokonującego pomiaru prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej w poprzek włókien. Dodatkowo wykonano również pomiar wilgotności elementów badanej konstrukcji.

3.1. Semi-nieniszczące badania elementów więźby młotkiem do drewna

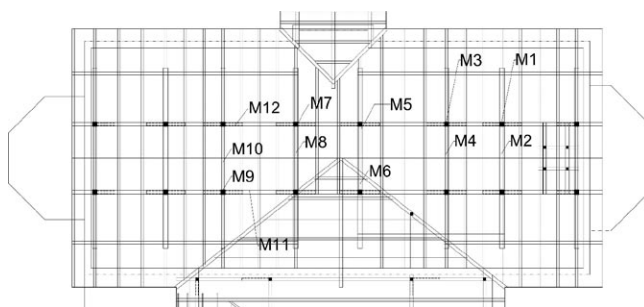
Badanie młotkiem do drewna polega na wbiciu igły o średnicy 2,5 mm, długości 50 mm, wykonanej ze stali o twardości 60 HRC i zakończonej stożkiem o kącie 35°. Energia uderzenia wynosi 2,207 Nm. Po pięciokrotnym uderzeniu młotkiem,



Rys. 5. Urządzenia wykorzystane w badaniach: a) Wood Peker DRC 19C0085M, b) UK 1401 SURFER, c) UK 1410 PULSAR



Rys. 6. Badanie młotkiem Schmidta do drewna (wieszak więźby wieszarowej)



Rys. 7. Miejsca badań młotkiem Schmidta

przy użyciu wskaźnika zegarowego, zostaje zmierzona głębokość igły i na tej podstawie z tabel lub wzorów określa się parametry wytrzymałościowe drewna. Przykładowy widok młotka Schmidta do drewna podczas badań pokazano na rysunku 6a, a przykładowy wynik pomiaru igły na rysunku 6b. Badania prowadzono w wybranych 11 elementach więźby, a miejsca badań oznaczono symbolem M1–M11 (rys. 7). Badania prowadzono na elementach bez korozji biologicznej oraz na elementach wykazujących uszkodzenia. Wyniki badań zamieszczono w tabeli 1.

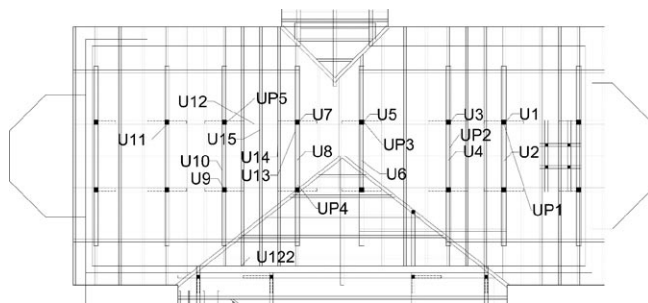
Tabela 1. Wyniki badań młotkiem Schmidta do drewna

Miejsce badania	Korozja biologiczna	Głębokość wbicia igły, mm
M1 (wieszak)	tak	32,15
M2 (rygiel)	nie	25,2
M3 (wieszak)	nie	26,45
M4 (rygiel)	tak	36,53
M5 (wieszak)	tak, niewielka	28,35
M6 (rygiel)	nie	23,12
M7 (wieszak)	tak, niewielka	28,54
M8 (rygiel)	tak	31,71
M9 (wieszak)	tak	30,46
M10 (rygiel)	nie	22,25
M11 (płatew)	nie	22,08
M12 (płatew)	nie	23,08

3.2. Nieniszczące ultradźwiękowe badania elementów więźby

Przeprowadzono nieniszczące ultradźwiękowe badania elementów więźby. Badanie polega na pomiarze czasu przejścia fali ultradźwiękowej przez drewno. Urządzenia rejestrują czas przejścia fali ultradźwiękowej i automatycznie obliczają prędkość fali ultradźwiękowej na podstawie odległości między głowicami nadawczą i odbiorczą. W urządzeniu UK1401 Surfer wykorzystuje się ultradźwiękową falę poprzeczną, a samo badanie prowadzi się wzdłuż włókien drewna badanego elementu. W urządzeniu UK1410 Pulsar wykorzystuje się ultradźwiękową falę podłużną, a badanie wykonuje się w poprzek włókien. Oba urządzenia zaopatrzone są w ultradźwiękowe głowice eksponencjalne (punktowe), które nie wymagają dodatkowego sprzężenia akustycznego. W urządzeniu UK1401 Surfer zabudowano dwie głowice w stałym rozstawie 15 cm, natomiast w urządzeniu UK1410 Pulsar zabudowano 2x po 7 głowic. W urządzeniach zastosowano głowice na sprężynach, dostosowujące się do płaszczyzny badanego elementu. W obu urządzeniach można wykonać badania przez wady drewna (np. sęki). Widok urządzeń podczas badań pokazano na rysunku 8.

Badania wykonywano w wybranych 20 miejscach więźby dachowej, które pokazano na rysunku 9. Badania prowadzone urządzeniem UK1401 Surfer oznaczono symbolem U, natomiast badania prowadzone urządzeniem UK1410 Pulsar symbolem UP. Podobnie jak w przypadku badań młotkiem

**Rys. 8.** Miejsca badań urządzeniami: a) UK1401 Surfer, b) UK1410 Pulsar**Rys. 9.** Miejsca badań urządzeniami: a) UK1401 Surfer (oznaczone U), b) UK1410 Pulsar (oznaczone UP)

do drewna badania prowadzono w miejscach nieuszkodzonych oraz w miejscach wykazujących korozję biologiczną. Dodatkowo urządzeniem UK1401 Surfer badano prędkość przepływu ultradźwięku przez wady drewna (sęki). Wyniki badań podano w tabeli 2.

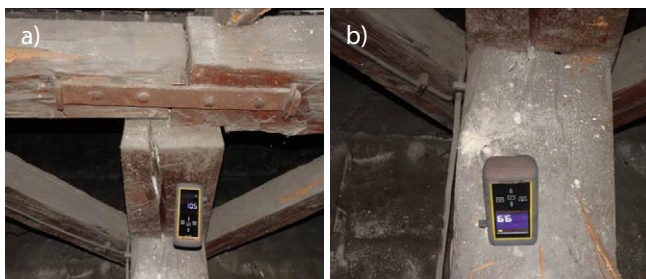
Tabela 2. Wyniki badań ultradźwiękowych

Miejsce badania	Korozja biologiczna	Wada drewna	Prędkość ultradźwięku, m/s
U1 (wieszak)	tak	nie	4920
U2 (rygiel)	nie	tak	3850
U3 (wieszak)	nie	nie	5310
U4 (rygiel)	tak	nie	4710
U5 (wieszak)	tak	nie	4830
U6 (rygiel)	nie	nie	5150
U7 (wieszak)	nie	nie	5300
U8 (rygiel)	tak, niewielka	nie	5110
U9 (wieszak)	Nie	nie	5630
U10 (rygiel)	nie	tak	4520
U11 (wieszak)	nie	nie	5810
U12 (płatew)	nie	nie	5680
U13 (krokiew)	nie	nie	5410
U14 (krokiew)	nie	nie	5460
U15 (krokiew)	tak, niewielka	nie	5040
UP1 (wieszak)	tak	nie	1280
UP2 (rygiel)	nie	nie	1950
UP3 (wieszak)	tak	nie	1380
UP4 (wieszak)	tak	nie	1430
UP5 (krokiew)	nie	nie	1910

3.3. Badania wilgotności

Wykonano punktowe badania wilgotności drewna urządzeniem T510 firmy Trotec. W wilgotnościomierzu tym pomiar wilgotności następuje poprzez czujniki pojemnościowe za pomocą dielektrycznej metody pomiarowej, wbijanej do drewna. Dokładność pomiaru wilgotności drewna urządzeniem T510 wynosi $\pm 0,8\%$ przy wilgotności do 5%, $\pm 0,2\%$ przy wilgotności od 5 do 30% i $\pm 0,1\%$ przy wilgotności większej. Badania prowadzono w wybranych miejscach na elementach więźby dachowej. Przykładowe wyniki badań pokazano na rysunku 10.

W pracy [11] podano, że elementy drewniane znajdujące się w nieogrzewanych pomieszczeniach zamkniętych powinny cechować się wilgotnością równowagową $12\% \pm 3\%$. Taki



Rys. 10. Wyniki pomiaru wilgotnościomierzem T510: a) wieszak – wilgotność 10,5%, b) rozpór – wilgotność 9,9%

właśnie wynik uzyskano w badanych elementach przedmiotowej więźby. Według [11] wilgotność równowagowa dla konstrukcji wystawionych na działanie warunków atmosferycznych to $18\% \pm 6\%$. Literatura [11] podaje ponadto, że przy wilgotności $< 20\%$ nie występuje zagrzybienie drewna. W badaniach zawsze uzyskiwano wilgotność $< 20\%$ (najwyżej 12,8%), a podczas wizji nie stwierdzono śladów zagrzybień ani charakterystycznego zapachu stęchlizny.

4. Analiza wyników

W przypadku badań młotkiem do drewna nie udało się określić wytrzymałości drewna. Producent urządzenia podaje co prawda korelację głębokości wbicia stalowej igły do wytrzymałości drewna na zginanie, ale dla włoskich gatunków drewna: jodły, kasztanu i dębu. Więźbę wykonano z krajowego drewna świerkowego. Producent podaje ponadto korelację tylko w przedziale głębokości wbicia 12–18 mm. W przedmiotowym przypadku igła wbijała się głębiej. Nie można było zatem skorzystać z krzywych głębokość wbicia igły – wytrzymałość drewna opracowanych przez producenta.

Na podstawie uzyskanych wyników można jednak dokonać jakościowej oceny drewna. W elementach skorodowanych igła wbijała się głębiej. W elementach nieuszkodzonych średnia głębokość wbicia igły wyniosła 23,7 mm, przy odchyleniu standardowym równym 1,75 mm (współczynnik zmienności 7,4%), natomiast w elementach silnie uszkodzonych średnia głębokość wbicia igły wyniosła 32,7 mm, przy odchyleniu standardowym równym 2,64 mm (współczynnik zmienności 8,1%).

W przypadku badań ultradźwiękowych również nie można było określić wytrzymałości drewna, ponieważ dostępne w literaturze krzywe korelacyjne nie dotyczą krajowego drewna zabytkowego. W literaturze krajowej i zagranicznej nie znaleziono ponadto krzywych korelacyjnych opisujących zależność między wytrzymałością drewna, a prędkością poprzecznej fali ultradźwiękowej.

Na podstawie wykonanych badań można dokonać jednak analizy jakościowej. W przypadku badań urządzeniem UK1401 Surfer (ultradźwiękowa fala poprzeczna) w elementach nieuszkodzonych uzyskano średnią prędkość ultradźwięku równą 5469 m/s, przy odchyleniu standardowym 222 m/s (współczynnik zmienności 4,1%). W elementach z korozją

biologiczną uzyskano średnią prędkość ultradźwięku równą 4922 m/s, przy odchyleniu standardowym 160 m/s (współczynnik zmienności 3,3%). Urządzenie UK1401 Surfer wykorzystano ponadto w badaniach wad (sęki). Zbadano dwa miejsca wadliwe umieszczając głowice urządzenia po obu stronach sęku. Uzyskano średnią prędkość ultradźwięku równą 4185 m/s. Widać zatem wyraźnie, że prędkość ultradźwięku w okolicy wady maleje o 25%, gdyż wydłuża się droga przepływu fali ultradźwiękowej (fala omija wadę).

W przypadku badań wykonanych urządzeniem UK1410 Pulsar (ultradźwiękowa fala podłużna) w elementach nieuszkodzonych uzyskano średnią prędkość ultradźwięku równą 1930 m/s, natomiast w elementach uszkodzonych prędkość była o 70% mniejsza i wynosiła 1363 m/s.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że metody nieniszczące i semi-nieniszczące można stosować do jakościowej oceny drewna w obiektach zabytkowych. Metodami tymi można wyznaczać miejsca korozji biologicznej oraz określać wpływ wad wewnętrznych na jakość drewna. Aby określić wytrzymałość drewna należy opracować krzywe korelacyjne opisujące zależność wynik badania nieniszczącego – wytrzymałość drewna. Wymaga to przeprowadzenia nieniszczących i niszczących badań laboratoryjnych drewna zabytkowego. Takie badania są właśnie prowadzone przez autorki artykułu na pełnowymiarowych elementach belkowych pozyskanych z obiektów zabytkowych. Dodatkowo prowadzi się badania tych elementów tomografem ultradźwiękowym.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Calderoni C., De Matteis G., Giubileo C., Mazzolani F. M., Experimental correlations between destructive and non-destructive tests on ancient timber elements, *Engineering Structures*, tom. 32, 2/2010, str. 442–448
- [2] Jaskowska-Lemańska J., *Metodyka określenia właściwości fizyko-mechanicznych drewna w istniejących konstrukcjach na podstawie badań semi-nieniszczących*, rozprawa doktorska, AGH, Kraków, 2022
- [3] Bajno D., *Rewitalizacja konstrukcji budowlanych w obiektach zabytkowych*. Rozprawy, nr 171. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, 2013
- [4] Runkiewicz L., *Rozwój metod nieniszczących stosowanych w polskim budownictwie*, *Przegląd Budowlany* 12/2018, str. 25–29
- [5] Schabowicz K., *Najnowsze metody nieniszczące wykorzystywane w badaniach w budownictwie*, *Badania Nieniszczące i Diagnostyka* 3/2018, str. 48–51
- [6] Schabowicz K., Orellana Menedez A. E., Andrianos N., *Analysis of selected non-destructive methods for diagnosis in new and old buildings*, *Badania Nieniszczące i Diagnostyka*, tom 6, nr 1–4/2022, str. 63–70
- [7] Drobiec Ł., *Techniki diagnostyczne i sprzęt umożliwiające badania obiektów budowlanych in situ*, *Materiały XVII Konferencji Naukowo-Technicznej Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego*, Kielce-Cedzyna, 19–21 października 2022, str. 241–259
- [8] Morales Conde M. J., Rodríguez Linan C., Rubio de Hita P., *Use of ultrasound as a nondestructive evaluation technique for sustainable interventions on wooden structures*. *Building and Environment*, tom 82, 2014, str. 247–257
- [9] Drobiec Ł., *Renowacja konstrukcji obiektów zabytkowych*. Systematyka – uszkodzenia – naprawy. Część I, Archmedia, Warszawa, 2018
- [10] Tajchman J., Jurecki A., *Historia technik budowlanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2020
- [11] Neuhaus H., *Budownictwo drewniane*, Polskie Wydawnictwo Techniczne, Rzeszów, 2008

Hale i przekrycia łukowe szybkiego montażu – przegląd popularnych rozwiązań systemowych

Halls and arch coverings of quick assembly – an overview of popular system solutions

mgr inż. Henryk Myrcik (ORCID: 0009-0000-5278-8897), Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9357

Streszczenie: W artykule przedstawiono wybrane systemy samonośnych hal i wiat łukowych, takie jak ABM/UBM, HUPRO, TG Buildings, PENEDER Feuerschutz GmbH. Dodatkowo, w oparciu o system ABM/UBM, autor pracy przedstawił charakterystykę procesu wytwarzania paneli samonośnych oraz wznoszenia stalowych hal łukowych.

Słowa kluczowe: samonośne dachy łukowe, konstrukcje z blach giętych na zimno, lekkie konstrukcje stalowe.

Abstract: The paper describes selected systems used to design self-supported arch buildings and roofs, such as ABM/UBM, HUPRO, TG Buildings, PENEDER Feuerschutz GmbH. Additionally, the author of the paper provided a characteristic of the process of fabrication of self-supporting panels and building up of arch steel buildings based on the ABM/UBM system.

Keywords: self-supported arch buildings, cold-formed elements, lightweight arch structures, corrugated steel arch panels.

1. Wprowadzenie

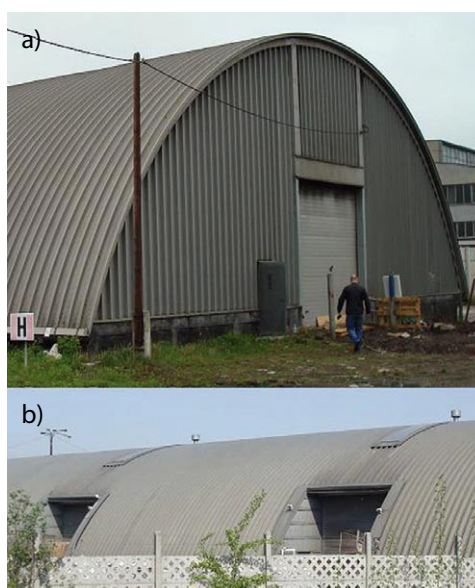
W latach osiemdziesiątych XX wieku opracowano w USA technologię szybkiej budowy łukowych hal stalowych, która charakteryzowała się krótkim czasem przedsięwzięcia oraz niskimi kosztami realizacji. Istotą tego systemu jest realizowanie pełnego zakresu budowy obiektu w docelowym miejscu jego wznoszenia. Początkowo technologia była powszechnie używana przez amerykańską armię do budowy tymczasowych budynków. W dzisiejszych czasach stała się popularna w budownictwie cywilnym. Na rynku światowym istnieje wiele odmian systemowych hal łukowych, a niektóre z nich zaczynają się cieszyć dużą popularnością na rynku polskim. Hale te przeszły lub przechodzą trudną drogę dostosowania ich konstrukcji do panujących w Polsce warunków klimatycznych, a co za tym idzie do obciążeń działających na omawiane obiekty.

2. Systemowe hale i wiaty łukowe

Na podstawie zebranych informacji pierwowzorem wszystkich stalowych, samonośnych hal łukowych jest system ABM (z ang. *Automatic Building Machine*). Jest to system hal łukowych pochodzących z USA, a jego producentem jest „MIC Industries INC”. Co wyróżnia ten system? Według wiedzy autora jest to jedyny system,

w którym po wykonaniu fundamentów, pełny, rzeczywisty zakres budowy jest realizowany w docelowym miejscu wznoszenia hali. Następcą systemu ABM jest system UBM (*Ultimate Building Machine*). Różnica pomiędzy tymi systemami polega na tym, że w tym pierwszym geometria przekroju poprzecznego budynku jest na bazie łuku kołowego, zaś w systemie UBM oprócz łukowego jest możliwość uzyskania schematu dachu dwuspadowego. Firma MIC posiada w swojej ofercie dwa przekroje poprzeczne samonośnych paneli cienkościennej: ABM/UBM 120 i ABM/UBM 240. Bezpieczna rozpiętość hali, dla warunków klimatycznych panujących w Polsce, w zależności od strefy śniegowej i wiatrowej, waha się w granicach od 16 do 24 m dla profili 120, i od 26 do 30 m dla profili 240. W halach tych bramy wjazdowe mogą być instalowane w czołowych ścianach (rys. 1a) lub wzdłuż ich długości (rys. 1b). W powłoce można również wykonać świetliki dachowe (rys. 1b).

Następny popularny system samonośnych hal łukowych to system słowackiej firmy HUPRO. Podstawowa różnica między systemem ABM/UBM a systemem HUPRO jest taka, że słowackie hale są całkowicie prefabrykowane w zakładzie produkcyjnym. Na plac budowy dostarcza się elementy łukowe,



Rys. 1. Hale w systemie ABM 12

z których każdy jest perforowany i przygotowany do skręcenia za pomocą śrub. Przekrój poprzeczny panelu jest większy niż w przypadku systemu ABM/UBM i dlatego też można w tym systemie otrzymać maksymalną rozpiętość hali do 36 m (przy wyniosłości łuku ok. 18 m). Miejsca montażu bram wjazdowych oraz świetlików są podobne jak dla systemu ABM/UBM. Wnętrze hali przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Hala w systemie HUPRO

Kolejny typ to systemowe hale TG Buildings (rys. 3). Podobnie jak w systemie słowackim hale te są całkowicie prefabrykowane w zakładzie produkcyjnym i na plac budowy dostarcza się elementy konstrukcji, z których każdy jest perforowany i przygotowany do skręcenia za pomocą śrub. Maksymalne rozpiętości dla systemu TG Buildings zależą od kształtu poprzecznego budynku: dla budynków o kształcie łuku kołowego to 30 m, dwuspadowego to 9 m, dla budynku o ścianach pionowych i dachu łukowym – 15 m.



Rys. 3. Zadaszenie w systemie TG Buildings

Następny producent stalowych dachów łukowych to austriacka firma PENEDER Feuerschutz GmbH. System ten głównie specjalizuje się w budowie dachów łukowych, które z powodzeniem są wykorzystywane jako wiaty. Rozpiętość łuku może sięgać nawet 25 m. Panele są prefabrykowane w zakładzie prefabrykacji. W odróżnieniu od systemu słowackiego, TG Buildings i ABM/UBM, gdzie powierzchnia paneli jest pofałdowana (poprzeczne karbowanie powstałe w wyniku prefabrykacji), panele PENEDER są gładkie,

co może wpływać korzystnie na estetykę dachu łukowego. Przykład zadaszenia wykonanego w austriackim systemie przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zadaszenie w systemie PENEDER

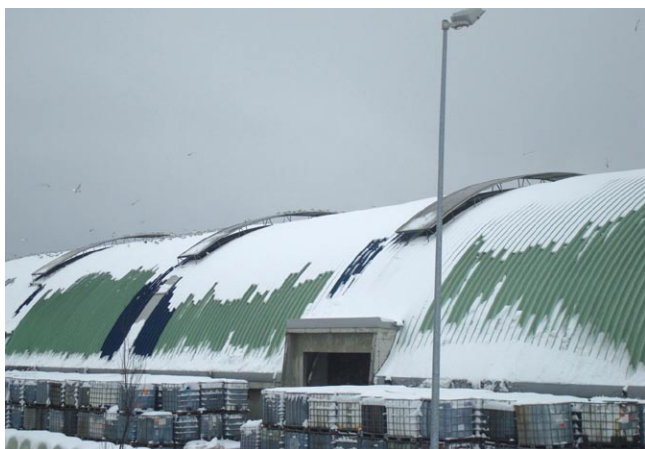
Każdy z opisanych wyżej systemów dachów łukowych może być wykonany z powłoki podwójnej, tzn. zewnętrzną i wewnętrzną część łuku stanowią prefabrykowane panele, a między nimi znajduje się warstwa wełny mineralnej. Hale te mogą być ogrzewane na przykład za pomocą pomp ciepła lub innych dostępnych nośników energii. Systemy hal i wiat samonośnych umożliwiają szeroką gamę doboru kolorów powłoki zewnętrznej, jak i wewnętrznej.

3. Budowa hali łukowej

Na przykładzie systemu ABM/UBM przedstawiono budowę hali. W pierwszym etapie należy wykonać fundamenty. Samonośna powłoka ABM/UBM może zostać oparta bezpośrednio zarówno na ławach fundamentowych (rys. 5), jak również na ścianach (rys. 6), w zależności od koncepcji architektonicznej obiektu. Posadowienie hali może zostać zrealizowane w sposób bezpośredni na ławach fundamentowych lub na palach lokalizowanych pod wspornikowymi słupami.



Rys. 5. Powłoka łukowa ABM oparta bezpośrednio na ławach fundamentowych



Rys. 6. Powłoka łukowa ABM oparta ścianach

W drugim etapie dochodzi do budowy samonośnego dachu łukowego. Na plac budowy przywożona jest maszyna ABM/UBM MIC (rys. 7) służąca do prefabrykacji paneli. Materiałem wsadowym jest blacha zwinięta w kręgi o szerokości od 600 do 900 mm i grubości od 0,8 do 1,5 mm.



Rys. 7. Przenośna maszyna ABM/UBM

Do budowy hal w naszym regionie wykorzystuje się blachę gatunku S280 GD lub S320 GD. Krąg blachy wprowadzany do maszyny (rys. 8) wyginany jest w tak zwany panel



Rys. 8. Wprowadzanie wstęgi blachy do giętarki



Rys. 9. Powstawanie panelu prostego



Rys. 10. Pojedynczy panel wygięty w łuk

prosty (rys. 9). Maszyna automatycznie przycina profil do wymaganej długości. Następnie profil jest ręcznie przenoszony na sąsiednie stanowisko i ponownie wprowadzany do tej samej maszyny, aby wygiąć go w łuk (rys. 10).

Następnie poszczególne panele są łączone w segmenty montażowe. W technologii ABM/UBM wzajemne łączenie paneli odbywa się poprzez zagięcie zamka specjalną zagniatarką (rys. 11). Segment montażowy składa się przeważnie z 6 paneli złączonych ze sobą na ziemi. Segment ten jest



Rys. 11. Łączenie pojedynczych paneli



Rys. 12. Ustawianie segmentu montażowego

podnoszony dźwigiem i ustawiany na podporach w miejscu docelowym (rys. 12). Powłokę łączy się z fundamentem poprzez przykręcenie śrubami do blach tak jak to pokazano na rysunku 13. Połączenie poszczególnych segmentów montażowych hali wykonuje się z wykorzystaniem maszyny zaciskowej.

Końcowy produkt to szczelna hala o trwałości przekryć do 25 lat, pod warunkiem właściwego użytkowania. Hale te mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako budynki inwentarskie, magazyny, hale produkcyjne.

4. Podsumowanie

Artykuł ten przedstawia wybrane systemy budowy samo-nośnych łukowych hal i wiat. Istnieje jeszcze wiele innych systemów, które bazują na podobnych rozwiązaniach konstrukcyjnych jak te omówione powyżej. Nie ma lepszego czy gorszego rozwiązania technicznego, wszystkie one spełniają warunki bezpiecznego użytkowania dla zakresu ich maksymalnych rozpiętości. Wybór systemu, w którym ma być wykonana hala czy wiata łukowa, powinien głównie być uwarunkowany ich ceną, wymaganą rozpiętością oraz subiektywnym poczuciem estetyki inwestora. Jednak bardzo ważnym aspektem wyboru systemu hal są procedury obliczeniowe oraz przeprowadzone badania laboratoryjne



Rys. 13. Montaż powłoki do ściany lub fundamentu

w celu potwierdzenia ich nośności oraz dostosowania ich konstrukcji do panujących warunków klimatycznych w danym regionie [1–11].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Mang A. H., Finite element analysis of doubly corrugated shells. Journal of the Structural Division 10/1976
- [2] Walentyński R., Design problems of cold formed lightweight ark structures, Local seminar of IASS Polish Chapter, 2004
- [3] Walentyński R., Cybulski R., Hale łukowe dla rolnictwa, Agro hale 1/2012
- [4] Szymański J., Żala B., Majza M., Hale bez konstrukcji nośnej w technologii ABM, Nowoczesne hale 6/2012
- [5] Kowal A., Dachy dużej rozpiętości z blachy faldowej w technologii ABM, Materiały Budowlane 6/2010
- [6] Biegus A., Kowal A., Katastrofy hal o konstrukcji z blach giętych na zimno, Inżynieria i Budownictwo 10/2011
- [7] Walentyński R., Cybulski R., Kozieł K., Numerical models of ABM K-span steel arch panels. Architecture, Civil Engineering, Environmental-ACEE 4/2011
- [8] Walentyński R., Sanchez R., Cybulski R., Linear buckling analysis with different ABM K-span arch panels. Architecture, Civil Engineering, Environmental-ACEE 2/2012
- [9] Walentyński R., Cybulski R., Skanowanie optyczne paneli, Nowoczesne hale 4/2012
- [10] Wu L., Huan-Neng G., Theoretical and Experimental Study on Interactive Local Buckling of Arch-shaped Corrugated Steel Roof, Steel Structures 6/2006
- [11] Lei X., Yanglin G., Ping G., Compressive tests of cold-formed steel curved panels, Journal of Constructional Steel research 57/2001

11th INTERNATIONAL CONFERENCE
AMCM 2024
 ANALYTICAL MODELS AND NEW CONCEPTS
 IN CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES
 JUNE 26-28, ŁÓDŹ, POLAND

<http://www.amcm2024.p.lodz.pl/>

Analiza systemów kominowych i ich wpływ na środowisko w oparciu o normy polskie

Analysis of chimney systems and their environmental impact based on polish standards

Julia Graczyk, dr inż. Barbara Ksit (ORCID: 0000-0001-6459-8783), Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu, Instytut Budownictwa, Politechnika Poznańska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9358

Streszczenie: W pracy omówiono systemy kominowe nowej generacji stosowane w budownictwie jednorodzinym i zamieszkania zbiorowego oraz ich wpływ na środowisko. Podano wady i zalety poszczególnych rozwiązań oraz kryteriów decydujących o wyborze odpowiedniego rozwiązania. Analizę oparto o normy polskie.

Słowa kluczowe: komin, systemy kominowe, wkłady stalowe, wkłady ceramiczne, zanieczyszczenia, środowisko.

Abstract: The paper discusses new generation chimney system used in single-family housing and collective housing and their impact on the environment. The advantages and disadvantages of individual solutions as well as the criteria determining the selection of the appropriate solution are given. The analysis was based on Polish standards.

Keywords: chimney, chimney systems, steel inserts, ceramic inserts, pollution, environment.

1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach coraz większe znaczenie przykłada się do ochrony środowiska i efektywnego wykorzystania energii. Jednym z istotnych aspektów jest analiza systemów



Rys. 1. Kominy dwuwarstwowe z wkładami stalowymi

kominowych nowej generacji i ich wpływu na środowisko, uwzględniająca polskie wytyczne zawarte w rozporządzeniach i normach regulujących te zagadnienia. Systemy kominowe odgrywają kluczową rolę w odprowadzaniu spalin powstających w procesach spalania w różnych rodzajach instalacji. Ich optymalizacja ma na celu minimalizację emisji zanieczyszczeń oraz poprawę efektywności energetycznej, a także poprawienie parametrów środowiskowych i zdrowotnych.

2. Źródła emisji zanieczyszczeń powietrza

Duża emisja zanieczyszczeń w Polsce jest nadal wynikiem wykorzystywania paliw kopalnianych jako głównych nośników energii. Zgodnie z danymi zawartymi w [1] pochodzenie zanieczyszczeń (na przykładzie pyłów PM_{2,5}, które są jednymi z najgroźniejszych dla zdrowia), jest następujące:

- procesy spalania poza przemysłem (głównie gospodarstwa domowe) 53,0%,
- procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii 10,8%,
- procesy spalania w przemyśle 8,3%,
- transport drogowy 7,9%,
- inne pojazdy i urządzenia 7,3%,
- procesy produkcyjne 6,2%,
- zagospodarowanie odpadów 4,7% [1].

Biorąc pod uwagę procesy spalania dotyczące przemysłu, to sektor budowlany należy do najbardziej zanieczyszczających środowisko.

Fot. własna autorów

3. Podział systemów kominowych nowej generacji

W dziedzinie systemów kominowych można zaobserwować obecnie dynamiczny rozwój technologii stosowanych w tych urządzeniach. Innowacyjne systemy stale są udoskonalane pod względem oszczędności energii, co oznacza mniejszą emisję zanieczyszczeń powietrza. Ponadto nowoczesne urządzenia grzewcze nie tylko charakteryzują się wysoką efektywnością energetyczną, ale także stanowią atrakcyjny element wnętrza. Taki kierunek rozwoju urządzeń grzewczych zmotywował producentów systemów kominowych do opracowania zupełnie nowych rozwiązań konstrukcyjnych dla kominów. Obecnie projektanci systemów kominowych skupiają się przede wszystkim na redukcji strat energii wyprowadzanej wraz z gazami odprowadzanymi, zwiększeniu bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz zapewnieniu większej elastyczności w planowaniu aranżacji wnętrza z uwzględnieniem instalacji urządzeń grzewczych i wentylacyjnych [2–4].

Systemy kominowe nowej generacji można podzielić na kilka kategorii, uwzględniając różne aspekty ich konstrukcji i funkcjonowania.

3.1. Funkcja

Ze względu na funkcję jaką pełnią, kominę można podzielić na:

- dymowe – służą do odprowadzania spalin od palenisk opalanych paliwem stałym. Spaliny zawierające poza tlenkami gazowymi również pyły i sadzę (cząstki stałe) oraz parę wodną;
- spalinowe – umożliwiają odprowadzanie produktów spalania paliw gazowych i ciekłych (gazu płynnego, ziemnego, oleju opałowego);
- wentylacyjne – nawiewne wyciągowe służą do dostarczenia powietrza koniecznego w procesie spalania oraz wymiany powietrza zużytego w pomieszczeniu [2–4].

3.2. Konstrukcja obudowy

Ze względu na konstrukcję obudowy, kominę możemy określić jako:

- kominę jednowarstwową – ściana przewodu jest jednorodna, np. kominę murowaną, cementowo-szametową, ze stali grubościenną;
- kominę wielowarstwową – ściana komina składa się z kilku warstw, np. kominę betonową jako warstwę nośną, z izolacją termiczną i okładziną wewnętrzną odporną na działanie spalin, kominę ze szlachetnej stali kwasoodpornej w otulinie termoizolacyjnej w płaszczu osłonowym;
- kominę wewnętrzną – przewody kominowe różnego przeznaczenia grupowane w kominę, prowadzone wewnątrz budynku jako samodzielna konstrukcja niezwiązana z budynkiem, lub też związana ze ścianą nośną i prowadzona jako ściana kominowa;

- kominę zewnętrzną – kominę prowadzoną na zewnątrz budynku, może być konstrukcyjnie powiązana z budynkiem, lub też szczególnie rodzaj czyli komin nie związany z budynkiem, jako wolnostojący [2–4].

3.3. Charakter pracy

Ze względu na charakter pracy kominę możemy podzielić na:

- kominę w mokrym trybie pracy – kominę od niskotemperaturowych, gazowych kotłów centralnego ogrzewania, kotłów kondensacyjnych, gdzie temperatura spalin zawarta jest w przedziale 80–160°C;
- kominę w suchym trybie pracy – kominę od palenisk na paliwo stałe, gdzie temperatura spalin wyższa jest niż 160°C;
- kominę pracującą w nadciśnieniu – wtedy, gdy ciśnienie wewnątrz komina jest wyższe od ciśnienia zewnętrznego (atmosferycznego). Są to kominę od palenisk z palnikami nadmuchowymi lub też kominę ze wspomaganiami mechanicznymi za pomocą wentylatorów ssących lub nadmuchowych;
- kominę pracującą w podciśnieniu – wtedy, gdy ciśnienie wewnątrz komina jest niższe od atmosferycznego, kominę pracującą na zasadzie ciągu grawitacyjnego [2–4].

3.4. Ciąg

Ze względu na ciąg kominę możemy podzielić na:

- kominę o ciągu naturalnym,
- kominę o ciągu sztucznym,
- kominę z wentylatorem podmuchowym,
- kominę z wentylatorem wyciągowym,
- układ mieszany [2–4].

4. Analiza stosowanych rozwiązań

Powszechnie używanym materiałem do budowy kominów murowanych były i nadal są stosowane w tradycyjnych rozwiązaniach pełne cegły ceramiczne. Ponieważ obmurowanie kanału musi być wykonane z cegły pełnej, kominę należą do masywnych konstrukcji posadowionych na własnym fundamencie. Przewody dymowe, spalinowe i wentylacyjne powinny być wykonane z cegły ceramicznej pełnej o wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż 15 MPa. Kominę murowane mogą być wolnostojące lub wbudowane w ścianę nośną. Kominę powinny być murowane na pełne spoiny, czyli takie, które szczelnie wypełniają przestrzeń między cegłami. Spora masa kominów sprzyja akumulacji ciepła pozyskiwanego z przepływających kanałami spalin oraz stabilizuje temperaturę w sąsiadujących z kominem pomieszczeniach [5–9]. Przewody kominowe zgodnie z wymaganiami powinny mieć przekrój kwadratu bądź prostokąta o stosunku boków 2:3. Ich wielkość musi być dostosowana do przeznaczenia przewodu oraz wysokości komina. Minimalne wymiary określone w Warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], wynoszą:



Rys. 2. Nasady kominowe [12]

- 14x14 cm dla przewodów murowanych z cegły lub 14x20 cm, gdy nie można zapewnić efektywnej wysokości kominą;
- średnica 15 cm lub odpowiednio 18 cm dla przewodów murowanych z pustaków kominowych;
- średnica 12 cm dla przewodów wyposażonych w stalowe wkłady [2, 8].

Najmniejszy wymiar kanału wentylacyjnego murowanego to 14x14 cm, budowanego z pustaków – średnica 15 cm. Przy murowaniu kominą z cegieł trzeba przestrzegać zasady przewiązywania poszczególnych warstw. Spoin pionowych powinno być jak najmniej, najlepiej tylko w narożnikach przewodów [10].

Nasady kominowe to urządzenia przeznaczone do montażu na szczycie kominą i służące do stabilizacji i wspomaganie ciągu kominowego w przewodach wentylacyjnych, spalinowych i dymowych. Najczęściej stosuje się je, gdy nie da się zapewnić dostatecznego ciągu kominowego np. w rejonach, w których często wieje silny wiatr lub w sąsiedztwie wysokich drzew lub ścian budynków bądź gdy komin znajduje się poniżej kalenicy dachu. Energia wiatru zamieniona przez nią na podciśnienie w kominie wzmacnia ciąg kominowy. Najczęściej stosuje się nasady blaszane: stałe, samonastawne lub obrotowe. Obrotowe maksymalnie wykorzystują energię wiatru do usprawnienia ciągu (rys. 2) [12].

Główne wady tego systemu kominowego:

- komin murowany jest mało odporny na wilgoć i agresywne kwasy;
- może wystąpić w nim przesiąkanie kondensatu i sadzy przez spoiny do pomieszczeń mieszkalnych. W takim wypadku na ścianie widoczne są brązowe plamy oraz odczuwalny jest zapach spalenizny w pomieszczeniach;
- niewystarczająca szczelność – szczególnie pomiędzy kanałami. Dochodzi wtedy do ryzyka przedostania się dymu do kanałów wentylacyjnych co może ostatecznie grozić zatruciem tlenkiem węgla;
- pracochłonny przy wykonaniu – wymaga niezmiernie rzetelnego wykonania;
- wysoki koszt wykonania kominą;
- duże wymiary zewnętrzne – przykładowo dla kanału 27x27 cm wymiary zewnętrzne to 52x52 cm;

- bardzo duży ciężar – niezbędny jest mocny fundament i kotwienie w ścianie budynku;
- szybkie osadzanie się sadzy wewnątrz kanału dymowego – może to prowadzić do pożaru sadzy;
- trudny do czyszczenia [14].

Kominy murowane to tradycyjny model w domach i budynkach mieszkalnych. Nadają się do budynków, w których znajdują się kotły opalane paliwem stałym, czyli koksem bądź węglem. Nie da się do nich podłączyć nowych urządzeń grzewczych, takich jak kotły gazowe czy olejowe. Najczęściej jego przekrój jest za duży, co może spowodować za mocne schłodzenie spalin oraz brak tzw. ciągu, czyli inaczej ssania. Spaliny z nowoczesnych kotłów są znacznie chłodniejsze niż z kotłów na węgiel czy koks, a w niższej temperaturze wykrapla się woda, która w połączeniu ze spalinami tworzy agresywne kwasy niszczące komin. W takim przypadku dobrym rozwiązaniem jest stosowanie wkładów kominowych [14].

Podział kominów murowanych najczęściej jest określany na podstawie liczby warstw. Tradycyjnym rozwiązaniem jest komin murowany dwuwarstwowy. Straty ciepła pochodzące ze spalin wymusiły konieczność stosowania urządzeń, które obniżają temperaturę spalin źródeł ciepła. Wprowadzenie nowych źródeł energii w postaci gazu i oleju oraz urządzeń grzewczych obniżających temperaturę spalania – wahającej się w granicach punktu rosy, doprowadziło do wykraplania się ze spalin pary wodnej oraz postawiło przed kominami nowe wymagania w postaci kwasoodporności. Pojawiająca się w kominie wilgoć podczas spalania gazu lub oleju łączy się z powstającymi tlenkami, tworząc lekkie kwasy siarkowe lub siarkawe. Przewody wentylacyjne mogą być wykonywane z pustaków wentylacyjnych zarówno ceramicznych, jak i silikatowych [14]. Jednym z nowocześniejszych rozwiązań przewodów wentylacyjnych są pustaki wentylacyjne produkowane przez firmę Schiedel. Wykonywane są one z keramzytobetonu o gęstości 1200 kg/m³ i wytrzymałości na ściskanie minimum 3 MPa. Wybudowane z tych pustaków kanały charakteryzują się małą ilością fug, pozwala to na zmniejszenie oporu przepływu powietrza i zwiększa wydajność. Natomiast dzięki niewielkiej grubości ścianki – 4 cm i obudowie z betonu lekkiego są łatwe i szybkie w montażu. Wysokość moduła produkowanych pustaków to 33 cm [15].

Każdy wkład kominowy powinien zapewniać następujące funkcje:

- szczelności spalin podczas pracy komina,
- pełną ochronę przed zamakaniem oraz możliwość odprowadzenia spalin na zewnątrz komina,
- odporność ogniową oraz brak odkształceń termicznych i mechanicznych w czasie pracy,
- zmniejszenie bezwładności cieplnej komina,
- możliwość odpowiedniego doboru i regulacji układu kominowego,
- trwałość, możliwość dokonywania czyszczeń oraz przeglądów [16].

Obecnie w wielu nowych i starych kominach murowanych montuje się wkłady ze stali szlachetnej, odporne na wilgoć oraz kwasy. Spaliny, wydzielane przez kotły olejowe lub gazowe, zawierają parę wodną oraz związki siarki i azotu. Skropliny tych substancji mają odczyn kwaśny, przez co są groźne dla wielu materiałów budowlanych. Dlatego też wykorzystuje się między innymi szlachetną stal kwasoodporną. Często jest ona wzbogacana domieszką tytanu, chromu, niklu lub molibdenu. Umieszcza się je w obudowie – tradycyjnej, murowanej z cegieł lub pustaków keramzytobetonowych (rys.1) [14, 16].

Kominy z wkładkami ceramicznymi muszą być wykonane z właściwie dobranych materiałów, zgodnie z odpowiednimi normami i przepisami powinny być szczelne oraz odporne na wychładzanie i przemarzanie. Jeśli służą do odprowadzania spalin, powinny też być ognio- i kwasoodporne. Materiałami, które spełniają te założenia, są m.in. szamot i kamionka. Przewody wykonane z tych materiałów nadają się do kotłów na paliwa stałe, pieców kaflowych oraz nowoczesnych kotłów gazowych i olejowych [19].

Najbardziej zaawansowanym rozwiązaniem w dziedzinie technologii grzewczych jest komin systemowy. Stanowi uniwersalny system odprowadzania spalin, idealnie dopasowany zarówno do tradycyjnych urządzeń grzewczych, jak i nowoczesnych pieców opalanych paliwami stałymi i ciekłymi. Złożony jest z prefabrykowanych części, czyli gotowych modułów. Jego najczęstsze zastosowania występują w instalacjach, w których zachodzi efekt skraplania się spalin. W przeciwieństwie do kominów tradycyjnych komin systemowy oferuje znacznie większą elastyczność dostosowania do indywidualnych wymagań. Rodzaj kominów systemowych jest dobierany w zależności od składu i temperatury spalin oraz charakterystyki systemu grzewczego, do którego ma być włączony, jak również w zależności od rodzaju używanego paliwa. Można wyróżnić cztery najbardziej znane kominy systemowe:

- standardowy – przeznaczony do temperatury spalania na poziomie 200 do 600° C. Jest przystosowany do pieców, w których pali się paliwem stałym. Są to modele o wiele tańsze niż np. komin systemowy uniwersalny;
- uniwersalny – przeznaczony do wszystkich paliw. Jest to komin ceramiczny, który radzi sobie z temperaturą spalania

na poziomie 60 do 600° C. Dozwolone jest używanie go w bardzo wilgotnych warunkach, dzięki zastosowaniu rury szamotowej;

- do pieców kondensacyjnych – wykonany z kwasoodpornej blachy nierdzewnej;
- do pieców Turbo – wykonany z rur ceramicznych [23, 24].

5. Limity emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń

W Polsce limity emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń są określone przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Regulacje dotyczące emisji zanieczyszczeń i emisji gazów cieplarnianych przez kominy i instalacje grzewcze są głównie określone przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 września 2020 roku w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz.U. z 2020 r., poz. 1219, 1378 i 1565). Są w nim m.in. limity emisji zanieczyszczeń, takich jak pyły zawieszone (PM), tlenki azotu (NO_x), tlenki siarki (SO_2) oraz metan (CH_4), które dotyczą różnych rodzajów kotłów i innych urządzeń grzewczych. Rozporządzenie to ma na celu ochronę powietrza przed zanieczyszczeniami emitowanymi przez instalacje grzewcze, w tym przez kominy [1, 21].

6. Wpływ na środowisko systemów kominowych nowej generacji

Nowoczesne systemy kominowe, zwane również systemami kominowymi nowej generacji, mają znacznie mniejszy wpływ na środowisko w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami. Wprowadzenie nowych technologii i innowacyjnych rozwiązań przyczynia się do poprawy efektywności energetycznej oraz redukcji emisji zanieczyszczeń, co pozytywnie wpływa na jakość powietrza i zmniejsza negatywny wpływ na środowisko. Kluczowe aspekty, które wykazują pozytywny wpływ nowoczesnych systemów kominowych na środowisko, przedstawiono poniżej.

- Redukcja emisji gazów cieplarnianych. Nowoczesne systemy kominowe są zoptymalizowane pod kątem wydajności spalania. Poprzez zastosowanie zaawansowanych technologii, takich jak układy odzysku ciepła, dopalanie spalin czy efektywne filtry, minimalizuje się emisję gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla (CO_2) czy metan (CH_4). Dzięki temu ogrzewanie przy użyciu nowoczesnych systemów kominowych ma mniejszy wpływ na globalne ocieplenie.
- Ograniczenie emisji zanieczyszczeń. Tradycyjne systemy kominowe często emitują dużą ilość zanieczyszczeń atmosferycznych, takich jak pyły zawieszone (PM), tlenki azotu (NO_x) czy tlenki siarki (SO_x). Nowoczesne systemy kominowe stosują rozwiązania, które zmniejszają emisję tych substancji, co przyczynia się do poprawy jakości powietrza i ograniczenia zagrożeń zdrowotnych dla ludzi.

- Efektywne wykorzystanie energii. Nowoczesne systemy kominowe często są wyposażone w układy odzysku ciepła, które umożliwiają skuteczniejsze wykorzystanie energii wydzielanej podczas procesu spalania. Dzięki temu systemy te są bardziej efektywne w przekształcaniu energii zawartej w paliwie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.
- Ułatwienie kontroli i monitorowania. Nowoczesne systemy kominowe są często wyposażone w zaawansowane systemy kontroli i monitoringu, które umożliwiają bieżącą analizę parametrów spalania. To pozwala na dostosowywanie pracy systemu w czasie rzeczywistym i minimalizację emisji zanieczyszczeń.
- Współpraca z odnawialnymi źródłami energii. W niektórych przypadkach nowoczesne systemy kominowe są zintegrowane z innymi odnawialnymi źródłami energii, takimi jak kolektory słoneczne czy panele fotowoltaiczne. Dzięki temu można zmaksymalizować efektywność energetyczną całego systemu grzewczego [1, 21, 22].

7. Porównanie wpływu na środowisko tradycyjnych systemów kominowych i systemów kominowych nowej generacji

Porównanie wpływu nowoczesnych systemów kominowych z tradycyjnymi rozwiązaniami wykazuje wyraźne różnice w kontekście ochrony środowiska. Oto główne różnice między tymi dwoma typami systemów.

- Emisja zanieczyszczeń. Tradycyjne rozwiązania, zwłaszcza stare piece czy piece na paliwo stałe, często emitują duże ilości zanieczyszczeń, takich jak pyły zawieszone, tlenki azotu i tlenki siarki. To prowadzi do degradacji jakości powietrza, smogu, a także negatywnie wpływa na zdrowie ludzi. Nowoczesne systemy kominowe, dzięki zastosowaniu zaawansowanych technologii, zmniejszają emisję tych zanieczyszczeń, co skutkuje lepszą jakością powietrza i mniejszym wpływem na zdrowie publiczne.
- Efektywność energetyczna. Tradycyjne piece często charakteryzują się niższą efektywnością energetyczną, co oznacza marnowanie większej ilości energii podczas procesu spalania. Nowoczesne systemy kominowe, zwłaszcza te z układami odzysku ciepła czy rekuperacją, są bardziej efektywne i pozwalają na bardziej skuteczne wykorzystanie energii.
- Emisja gazów cieplarnianych. Tradycyjne piece na paliwo stałe, takie jak piece opalane węglem, mogą emitować duże ilości dwutlenku węgla, co przyczynia się do globalnego ocieplenia. Nowoczesne systemy kominowe, w miarę dostosowywania się do wymagań regulacyjnych, zmniejszają emisję gazów cieplarnianych i wspierają cele ochrony klimatu.
- Technologia i kontrola. Nowoczesne systemy kominowe są często wyposażone w zaawansowane systemy kontroli i monitoringu, co pozwala na lepszą regulację procesu spalania i minimalizację emisji. W przypadku tradycyjnych rozwiązań, kontrola nad procesem spalania może być utrudniona, co prowadzi do większej emisji zanieczyszczeń [1, 21, 22].

8. Podsumowanie

Optymalizacja systemów kominowych nowej generacji jest kluczowa dla ochrony środowiska i efektywnego wykorzystania energii. Wprowadzenie innowacyjnych technologii pozwala na redukcję emisji zanieczyszczeń powietrza oraz zapewnia większą efektywność energetyczną. Wkłady stalowe i ceramiczne są obecnie szeroko stosowane, ze względu na ich właściwości, które pozwalają na dostosowanie ich do różnych typów urządzeń grzewczych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Drożdżol K., Rozwiązania techniczne w systemach kominowych w walce ze smogiem, Inżynier Budownictwa, 23.01.2019, <https://inzynierbudownictwa.pl/rozwiązania-techniczne-w-systemach-kominowych-w-walce-ze-smogiem/>
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.75/02 z późn. zm.)
- [3] PN-EN 1443: 2005: Kominy – Wymagania ogólne
- [4] <https://www.instalacjebudowlane.pl/6459-23-12396-jaki-rodzaj-komina-wybrac.html>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [5] Praca zbiorowa pod redakcją Janusza Panasa: Poradnik majstra budowlanego, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2004
- [6] Praca zbiorowa pod kierunkiem dr. hab. inż. Lecha Lichołai, Budownictwo ogólne, tom 3, Elementy budynków podstawy projektowania, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2010
- [7] Praca zbiorowa pod kierunkiem dr. hab. inż. Wiesława Buczkowskiego, Budownictwo ogólne, tom 4, Konstrukcje budynków, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2010
- [8] <https://pekabet.pl/blog/jakie-cegly-wybrac-do-budowy-komina.html>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [9] PN-B-03002:2007: Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie
- [10] <http://farby-kabe.eu/wiazania-pospolite-murow-z-cegly-pelnej/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [11] <https://abc-dachy.pl/index2.php?site=art&id=344>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [12] <https://www.domoweklimaty.pl/czytelnia/nasady-kominowe-rodzaje-dzialanie-dobor-nasady-na-kominie/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [13] <https://komin-center.pl/product/nasada-obrotowa-kulista-fi-150-mm-wskasoodporna-z-podstawa/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [14] Kaczkowska A., Podstawy kominarstwa, KaBe, Krosno, 2008
- [15] <https://www.schiedel.com/pl/produkty/ceramiczne-systemy-kominowe/schiedel-rondo-plus/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [16] <https://www.e-kominy.pl/systemy-kominowe/wklady-kominowe/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [17] <https://www.domoweklimaty.pl/czytelnia/wklad-kominowy-w-starym-kominie-co-trzeba-wiedziec/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [18] <https://budujemydom.pl/instalacje/kominki-i-kominy/a/630-rodzaje-kominow-charakterystyka-i-schematy>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [19] Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Bogusława Stefańczyka: Budownictwo ogólne, tom 1, Materiały i wyroby budowlane, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2010
- [20] <https://www.kominyboleslawiec.pl/>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [21] Rozporządzenie Ministra Klimatu W sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz.U. z 2020 r., poz. 1219, 1378 i 1565)
- [22] Drożdżol K., Postęp w technice kominowej w odniesieniu do ochrony środowiska, Inżynier Budownictwa, 06.03.2017, <https://inzynierbudownictwa.pl/postep-w-technice-kominowej-w-odniesieniu-do-ochrony-srodowiska/>
- [23] <https://kominygt.pl/blog/kominy-systemowe-b22.html>(data dostępu 02.08.2023 r.)
- [24] <https://renowa24.pl/Co-to-jest-komin-systemowy-Jakie-sa-rodzaje-kominow-blog-pol-1616613194.html>(data dostępu 02.08.2023 r.)

Mocowanie klejowe izolacji termicznej do podłoża w systemie ETICS – analiza wytycznych

Adhesive fastening of thermal insulation to the substrate in the ETICS system – analysis of guidelines

mgr inż. Paweł Gaciek, Politechnika Śląska, BOLIX S.A., dr hab. inż. Paweł Krause, prof. Pol. Śl. (ORCID: 0000-0002-8398-1961, Politechnika Śląska)

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9359

Streszczenie: W artykule zaprezentowano zagadnienie związane z krajowymi wytycznymi w zakresie mocowania warstwy izolacji termicznej za pomocą zaprawy klejącej do podłoża ściennego w systemie ETICS. Przedstawiono wymagania i zalecenia dotyczące klejenia termoizolacji na przestrzeni ostatnich ponad 30 lat, z dyskusją odnośnie rekomendacji przyjmowania grubości warstwy klejącej płyty izolacji termicznej do ściany.

Słowa kluczowe: ocieplenie, ETICS, warstwa klejąca, termoizolacja, mocowanie klejowe, grubość kleju, system ociepleń, mocowanie mechaniczne.

Abstract: The article presents the issue related to national guidelines for attaching the thermal insulation layer with an adhesive mortar to the wall substrate in the ETICS system. Requirements and recommendations for gluing thermal insulation over the last 30 years are presented, with a discussion on the recommendations for the thickness of the adhesive layer of the thermal insulation board to the wall.

Keywords: insulation, ETICS, adhesive layer, thermal insulation, adhesive fastening, adhesive thickness, insulation system, mechanical fastening.

1. Wprowadzenie

Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*) są od kilkadziesiąt lat najczęściej stosowanym sposobem ocieplenia ścian zewnętrznych w Polsce. Wynika to z konkretnych uwarunkowań. Jednym z nich i bardzo znaczącym jest optymalny stosunek kosztów realizacji ocieplenia do uzyskiwanych profitów ekonomicznych wynikających głównie z oszczędzania energii na cele grzewcze, a także ograniczenia kosztów realizacji nowo wznoszonych budynków. Z tego samego względu to także najlepszy sposób na termomodernizację budynków istniejących, czego efekty obserwujemy od początku lat 90. ubiegłego wieku w zasobach budownictwa wielorodzinnego. Kolejnym istotnym powodem stosowania ETICS jest możliwość uzyskania niezliczonej ilości efektów wykończeniowych i praktycznie dowolnego architektonicznego kształtowania elewacji budynku. W tym zakresie w ostatnim dziesięcioleciu jest widoczny dynamiczny rozwój w ofercie dostawców systemów ociepleń.

Ocieplenia ścian zewnętrznych mogą być wykonywane w różnych rozwiązaniach, w zależności od zastosowanych materiałów termoizolacyjnych, sposobów zamocowania całego układu ociepleń i jego wykończenia. ETICS z powodzeniem jest stosowany na ścianach murowanych, betonowych, monolitycznych i prefabrykowanych, a także w ścianach budynków szkieletowych wykonywanych w konstrukcji drewnianej, zatem właściwie na ścianach wznoszonych

w dowolnych rozwiązaniach materiałowo-konstrukcyjnych [1, 2]. Nie ma także istotnych ograniczeń stosowania systemu ETICS w odniesieniu do wysokości budynków, gdyż może występować jako niepalny (w zakresie reakcji na ogień) [3], i/lub nierozprzestrzeniający ognia (w zakresie stopnia rozprzestrzeniania ognia) [4]. Dodatkowo ocieplenie jako powierzchnia elewacji jest w stanie przenosić praktycznie wszystkie obciążenia środowiskowe [5].

Wykonywanie ociepleń ścian w systemie ETICS pomimo tego, że jest od wielu lat dobrze znane i często opisywane, nadal ma kilka obszarów, które nie są jednoznacznie rozwiązane, sprawdzone oraz wyjaśnione w praktycznym stosowaniu. Można do nich zaliczyć np. problematyczne kwestie dotyczące: stosowania na elewacjach ciemnych kolorów wypraw i okładzin elewacyjnych, rozwiązań dylatacji poziomych bądź boniowania obszarów elewacji, a także łączenia różnych materiałów termoizolacyjnych na elewacji w jednej płaszczyźnie. Według oceny autorów bardzo ważnym obszarem, który do tej pory nie znalazł jednoznacznego rozstrzygnięcia, jest kwestia zamocowania klejowego systemu ETICS w zakresie doboru grubości warstwy klejącej termoizolację do podłoża.

2. ETICS wczoraj i dziś

Przyjęta w naszym kraju na przestrzeni lat nomenklatura nazewnictwa ociepleń ścian według technologii ETICS wynikała głównie z dokumentów publikowanych przez Instytut

Techniki Budowlanej (ITB). Jedną ze starszych nazw określających tego typu sposób wykonywania ociepleń była metoda lekka określana też lekką – mokrą. Ta nazwa obejmuje okres obowiązywania Świadectwa ITB 530/85 [6] i jego nowelizacji w postaci Świadectwa 530/94 [7].

W celu możliwości dopuszczania wyżej wymienionej metody ocieplania ścian zewnętrznych do zastosowania w budownictwie oraz w obliczu braku krajowej normy odniesienia (PN lub BN) opracowano Zalecenie Udzielania Aprobata Technicznych ITB (ZUAT) [8] i [9]. Wymienione dokumenty zawierały wykazy wymagań, cech, właściwości technicznych, a także sposoby badania składowych materiałów oraz układów ociepleń wykonywanych na ich bazie, umożliwiając uzyskanie aprobat technicznych, które zastąpiły wcześniej wydawane świadectwa.

Coraz częściej zaczęły się pojawiać określenia ocieplenia jako zestawu wyrobów do ociepleń, układów ociepleniowych lub układów warstwowych. Pojawiło się także pojęcie systemu zapożyczone z nazwy angielskiej technologii ETICS świadczące o pewnej złożoności, integracji oraz kompatybilności poszczególnych warstw materiałów i elementów, w tym mocujących ocieplenie do ściany. System stał się synonimem ocieplenia z komercyjnego punktu widzenia (element nazwy handlowej z marką producenta) oraz w aspekcie technicznym, co zostało potwierdzone w Instrukcji ITB 334/2002 [10].

Równoległe z krajowymi działaniami w Europie toczył się podobny proces, zainicjowany wcześniej niż w Polsce i procedowany przez European Organisation for Technical Approvals (EOTA). Skutkiem tego było opracowanie w 2000 r. wytycznych do wydawania Europejskich Aprobata Technicznych (ETA – European Technical Approval) – ETAG 004 (Guideline for European Technical Approval) [5].

W kolejnych latach Europejskie Aprobata Techniczne ewoluowały w Europejskie Oceny Techniczne (ETA – European Technical Assessment), a Krajowe Aprobata Techniczne zamieniono na Krajowe Oceny Techniczne (KOT). Zmianom uległy także wytyczne do uzyskiwania KOT i powstały w ramach cyklu o wspólnej nazwie Warunków oceny właściwości użytkowych wyrobu budowlanego, WO-KOT/04/02 [11] oraz WO-KOT/04/01 [12] czyli w oparciu o wykorzystanie styropianu i wełny mineralnej. W roku 2021 ETAG 004 [5] został oficjalnie zastąpiony przez EAD 040083-00-0404 [13].

3. Dobór grubości warstwy klejącej termoizolację do podłoża

Aktualnie grubość zaprawy klejącej izolację cieplną do podłoża ściennego nie jest określana zarówno w KOT, jak i w ETA wydawanych dla systemów ociepleń. Podawanie zalecanych lub obligatoryjnych grubości warstwy klejącej termoizolację powinno być przedmiotem szczegółowych instrukcji producentów oferujących systemy ociepleń, co najczęściej ma miejsce [14]. Określenie maksymalnej grubości warstwy

klejącej nie jest jednak efektem wynikającym z konkretnych procedur badawczych i analitycznych, a najczęściej wyłączenie powieleniem informacji o charakterze ogólnym wskazanych w instrukcjach, które w pewnym sensie stanowią dokumenty odniesienia dla innych opracowań i są traktowane jako nieformalny rodzaj wytycznych nadrzędnych. W Polsce taką rangę mają opracowania wydawane przez Instytut Techniki Budowlanej, który to od dziesięcioleci zajmuje się m.in. kształtowaniem krajowych wytycznych w zakresie ociepleń ścian zewnętrznych. Podobną funkcję pełni od pewnego czasu publikacje Stowarzyszenia na rzecz Systemów Ociepleń (SSO), organizacji skupiającej większość dużych firm dostarczających na rynek systemy ociepleń i ich komponenty, których członkowie posiadają ogromne doświadczenie i wiedzę praktyczną. Jednak z formalnego punktu widzenia to instrukcje systemodawcy, który wnioskuje o Ocenę Techniczną dla swojego systemu ociepleń stanowi podstawę do sposobu jego wykonania. W zasadniczych kwestiach nie zawierają one istotnych odstępstw od ogólnych instrukcji ITB i wytycznych SSO. Zdarzają się także sytuacje, w których systemodawcy w zakresie zaleceń wykonawczych dla swoich systemów powołują się bezpośrednio na ww. wytyczne. Nie ma w tym nic dziwnego, skoro znaczna ich liczba bierze udział w ustalaniu zasad ogólnych i realizacyjnych oraz konsultacjach powstających opracowań.

Dlaczego kwestia przyjęcia grubości warstwy klejącej jest tak ważna w realizowanych ociepleniach ETICS? Głównie dlatego, że w praktyce jest najczęściej i najchętniej stosowanym sposobem korygowania nierówności ściany. Ma to miejsce pomimo tego, że rekomendowane są inne rozwiązania, jednakże zawsze stanowiące pewne utrudnienie wykonawcze i generujące dodatkowe koszty. Poniżej poddano krótkiej analizie zapisy zróżnicowanych krajowych opracowań w zakresie przyjmowania grubości warstwy klejącej termoizolację do ściany, sposobu przyklejania płyt izolacji cieplnej i postępowania w przypadku występowania nierównego podłoża (ściany).

Nie pierwszym opracowaniem w opisywanej tematyce, ale szeroko rozpowszechnionym i już dość szczegółowo traktującym o ociepleniach była Instrukcja ITB 334/96 Ocieplanie ścian zewnętrznych budynków technologią „lekką” [15] wydaną w 1996 r.

Zawarto w niej wytyczne w zakresie sposobu nakładania kleju (zaprawa lub masa klejąca) na płytę termoizolacyjną o wymiarach 50x100 cm, informując o konieczności formowania tzw. pasma obwodowego kleju zlokalizowanego około 3 cm od krawędzi płyt oraz o nałożeniu równomiernie rozmieszczonych tzw. placków kleju w części wewnętrznej w ilości 10–12 szt. Załączony w instrukcji schemat przedstawiał jednakże 15 placków. Podobna nieścisłość pojawia się w Świadectwie ITB 530/94 [7]. Ponadto została zawarta informacja o minimalnej powierzchni 40%, jaką powinny pokrywać tzw. placki kleju na płycie, a nie całość zaprawy, czyli łącznie z pasmem obwodowym kleju, co wydaje się być pewnym przeoczeniem,

patrząc z punktu widzenia kolejnych modyfikacji tego dokumentu. W przywołanych świadectwach [6] i [7] były już podobne szkice rozmieszczenia kleju na płycie z tym, że pasmo obwodowe było pokazywane na schematach jako nieciągłe. Jak pokazuje praktyka nałożenie kleju w określonym odstępie od krawędzi przy użyciu standardowych narzędzi (kielnia, szpachla) jest trudne i pracochłonne, dlatego nakłada się pasmo w formie pryzmy ze sfazowaną grubością przy krawędzi. Jest to dość korzystne, gdyż po dociśnięciu płyt to sfazowanie zostaje wypełnione, a zaprawa lub masa klejąca zbliża się do krawędzi płyty. Nakładanie kleju z rekomendowanym odstępem od krawędzi płyty ma sens raczej w przypadku zapraw przy aplikacji kleju za pomocą aplikatora („pistolet”) agregatem mieszająco-tłoczącym. Brak jest w Instrukcji 334/96 [15] informacji o dopuszczalnej lub zalecanej grubości warstwy klejącej, podobnie jak w świadectwach [6] i [7]. Nie ma tych danych również w informacji dotyczącej odbiorów poszczególnych etapów robót. Natomiast pojawia się wzmianka o grubości zaprawy klejącej przy teście nośności podłoża na odrywanie wykonywanym za pomocą próbek styropianowych o wymiarze 10x10 cm, która przed dociśnięciem kostki do podłoża (ściany) wynosiła około 10 mm. Test ten ma na celu ocenę podłoża, ale i skuteczność przyklejenia kostki, zatem w pewnym sensie stanowi on ocenę przyczepności zaprawy klejącej do podłoża i styropianu. Grubość spoiny jest kształtowana zależnie od konsystencji kleju i siły docisku próbki do ściany. Jak wykazuje praktyka, jest ona w takim teście zawsze mniejsza niż 10 mm. Według analizowanych zapisów w instrukcji kontakt kleju i nawiązanie przyczepności z podłożem uzyskuje się poprzez dociskanie i uderzanie płyty pacą drewnianą.

W 2002 roku pojawia się Instrukcja ITB 334/2002 [10] stanowiąca istotnie zmodyfikowane opracowanie względem Instrukcji ITB 334/96 [15]. Została wprowadzona nazwa: Bezspoinowego systemu ociepleń i dotyczyła termoizolacji zarówno w postaci płyt ze styropianu, jak i z wełny mineralnej. W zakresie warstwy klejącej termoizolacje do podłoża określono minimalną powierzchnię płyty na poziomie 40%, na którą powinna być nałożona masa klejąca. Wielkość ta dotyczyła już łącznej ilości masy klejącej, a nie jak w poprzedniej instrukcji wyłącznie tzw. placków kleju. Metoda klejenia płyt styropianowych została nazwana pasmowo-punktową. Klejenie wełny mineralnej w tej instrukcji zasadniczo rekomendowano wyłącznie jako całościowe z komentarzem w przypisie informującym, że w niektórych systemach można stosować także metodę klejenia pasmowo-punktową. Z perspektywy czasu wiadomo, że klejenie wełny fasadowej do ściany całościowe na tzw. grzebień odbywało się niezwykle rzadko. Było to związane z brakiem właściwego przygotowania powierzchni ściany przed ociepleniem. Prawie nigdy ściany nie były tak równe, aby korekta płaszczyzny warstwą kleju o grubości kilku milimetrów była wystarczająca. Problem uzyskania wymaganej przyczepności zaprawy klejącej warunkowano uzyskaniem tzw. dobrego styku kleju ze ścianą,

co zalecano osiągać głównie poprzez dokładny docisk przyklejanej płyty. Mowa była także o tym, że od stanu podłoża zależała grubość warstwy klejącej i jej zużycie, co było oczywiście zgodne z praktyką. Dalej pojawił się dość jednoznaczny zapis na temat grubości warstwy klejącej, która jak podawano: w praktyce nie powinien przekraczać 1 cm. Prawie w całości z drobnymi modyfikacjami do instrukcji 334/2002 [10] został przeniesiony opis testu podłoża za pomocą kostek styropianowych, gdzie grubość warstwy klejącej również wynosiła około 10 mm. Należy podkreślić, że testy przy użyciu kostek termoizolacji pojawiały się już w opisach zawartych w świadectwach ITB [6,7].

Obok Instrukcji ITB 334/2002 [10] powstały także Warunki Techniczne Wykonywania i Odbioru Robót (WTWiOR) [16, 17] stanowiące swego rodzaju reakcją na wymagania przepisów dotyczących specyfikacji technicznych przy zamówieniach o roboty budowlane w myśl zapisów Prawa zamówień publicznych – Dz.U. z 2004 r. nr 19, poz.177 z późn. zm. [18]. Szczególnie wiele tego rodzaju robót realizowano wówczas dla budynków wielorodzinnych, co było efektem wspierania w tym czasie przez państwo przedsięwzięć termomodernizacyjnych. WTWiOR powstawały już wiele lat temu w ITB i te powstałe we wcześniejszych okresach czasu stanowiły obligatoryjne dokumenty odniesienia w realizacji robót budowlanych. WTWiOR wydawane w późniejszym okresie były opracowaniami nadal istotnymi z punktu widzenia zasad wiedzy technicznej, ale w formule instrukcji, poradników lub wytycznych bez obowiązku ich stosowania. Wyjątek stanowiło ich przywoływanie w ówczesnych aprobatach technicznych. Wydania warunków technicznych nr 418/2006 z roku 2006 [16] i nr 418/2007 z 2007 roku [17] w sprawie wykonywania Bezspoinowego Systemu Ociepleń zawierały krótkie precyzyjne i konkretne specyfikacje oraz wymagania dotyczące materiałów, podłoża, a także sposobu realizacji poszczególnych elementów ocieplenia. Obejmowały ponadto opisy kontroli i sprawdzania dokumentów, etapów realizacyjnych i fazę odbioru oraz zapisy umożliwiające także przeniesienie ich bezpośrednio do specyfikacji technicznych wykonywania i odbioru robót budowlanych, stanowiących w wielu przypadkach załączniki lub części składowe umów o roboty budowlane. Z założenia zeszyty te w części zasadniczej miały nie obejmować szczegółowych informacji na temat realizacji ociepleń, które stanowiły przedmiot Instrukcji 334/2002 [10], a także załączników obu wydań. Załącznik informacyjny opracowany został przez Stowarzyszenie na rzecz Systemów Ociepleń. Zawierał on szczegółowe informacje o wykonywaniu ociepleń, ale również inne dane dotyczące dokumentów związanych i uzupełniających, aspektów formalnoprawnych prowadzenia robót, umów, trybów przetargowych itp.

W kwestii mocowania warstwy termoizolacyjnej do podłoża znajdował się zapis stanowiący, że w przypadku jego nierówności do ± 10 mm stosuje się metodę klejenia termoizolacji obwodowo-punktową. W dalszym ciągu występował zapis mówiący, że na płytę należy nanosić taką ilość zaprawy,

aby uwzględniając nierówności podłoża i możliwą do położenia warstwę kleju (ok. 1–2 cm) zapewnić minimum 40% efektywnej powierzchni płyty do podłoża (przy większych nierównościach stosuje się zróżnicowanie grubości izolacji). Wydaje się że ten zapis pozwala na interpretację z której wynika, że możliwa była grubość warstwy klejącej nieco powyżej 1 cm, zważając na konieczny docisk płyt podczas przyklejania. Jednak w teście z użyciem kostek styropianowych, służącym ocenie nośności podłoża oraz przyczepności konkretnej zaprawy klejącej, pozostawiono rekomendację grubości warstwy klejącej na około 10 mm.

Kolejna modyfikacja Instrukcji 334/2002 przypadła na rok 2009. Wydano Instrukcję ITB nr 447/2009 Złożone systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków ETICS Zasady projektowania i wykonywania [19]. To jedno z najbardziej rozbudowanych opracowań do dziś, jakie powstały w ITB na temat ociepleń, głównie z powodu poszerzenia spektrum elementów towarzyszących ociepleniu i jego składników np. o zagadnienia akustyki, oceny i wzmocnienia wielkiej płyty, obliczeń ciepłno-wilgotnościowych i mostków termicznych oraz mocowania mechanicznego. Skupiając się jednak wyłącznie na wytycznych w zakresie klejenia termoizolacji i wyrównywaniu podłoża należy jednoznacznie stwierdzić, że nie wprowadzono istotnych modyfikacji w tym zakresie w stosunku do instrukcji [10]. Ponownie pojawił się zapis: w praktyce grubość warstwy masy klejącej nie powinna przekraczać 1 cm. Ponadto zabrakło informacji, że wełnę mineralną fasadową można przyklejać metodą pasmowo-punktową. Instrukcja 447/2009 [19] nie została znowelizowana kolejnym opracowaniem tego samego rodzaju do dzisiaj, choć od wielu lat jest na liście dokumentów nieaktualnych (baza ITB). Inaczej sytuacja wygląda z Warunkami Technicznymi wykonywania i odbioru robót. Kolejną ich wersję zastępującą formalnie zeszyty 418/2007 stanowiło bardzo mocno okrojone wydanie z 2014 roku [20]. Usunięto z niego załącznik informacyjny SSO dotyczący głównie szczegółów realizacji ocieplenia. W opracowaniu nie podano jakichkolwiek informacji o grubości warstwy klejącej termoizolacji w systemach ETICS, odsyłając do specyfikacji technicznych, projektu i przede wszystkim wytycznych wybranego systemu ociepleń. Kolejne wydania WTWiOR przypadły na lata 2019 [21], 2020 [22] i aktualne z 2023 roku [23], obejmujące wyłącznie drobne modyfikacje względem wydania z roku 2020 [22]. Tę serię relatywnie szybko po sobie następujących nowelizacji rozpoczęło opracowanie wydane w 2019 [21] roku zastępujące wydanie z roku 2014 [20]. Łączyło ono w sobie elementy charakterystyczne zarówno dla opracowania [19], jak i instrukcji realizacyjnych. Nie obejmowało pobocznych wątków towarzyszącym ociepleniom jakkolwiek ważnych, jednakże niebędących elementami technologii wykonywania ETICS. W tym wydaniu warunków pojawił się jako jeden ze sposobów przygotowaniu podłoża wariant dodatkowego podklejania materiałem termoizolacyjnym, co z dużą stanowczością odrzucono w załączniku informacyjnym zeszytu 418/2007

[17]. Zapis ten nie pojawił się już w nowelizacji z 2020 roku. Według autorów słusznie, bo tzw. podklejenia były przyczyną wielu usterek ociepleń ścian zewnętrznych. Głównie dlatego, że brak było informacji, jak takie wyrównanie należało właściwie wykonać. Pewnym problemem zarówno opisu badania podłoża i zaprawy klejącej testem próbek był brak określenia zarówno w WTWiOR z 2014 r. [20], jak i z 2019 r. [21] informacji, jaka miała być użyta termoizolacja do wykonania ww. próbek i jakiego powinna być rodzaju. Należy pamiętać, że oba opracowania dotyczyły zarówno wełny mineralnej, jak i styropianu (EPS) TR 80 i TR 100. Z oczywistych względów podłoża powinno być badane z wykorzystaniem styropianu TR 100 jako bardziej odpornego na rozciąganie. Należy przy tym pamiętać o niedokładności metody w stosunku do oceny realizowanej za pomocą urządzenia typu pull-off. Nowelizacja WTWiOR wykonana w 2020 r. skorygowała dyskusyjne kwestie, w tym usuwała podklejanie jako sposób wyrównania podłoża. Żadna ze wspomnianych trzech instrukcji [20, 21, 22] nie wracała już do określania grubości warstwy klejącej termoizolację, oprócz tego, że we wszystkich obecna była i jest nadal [23] próba oceniająca nośność podłoża i skuteczność klejenia systemową zaprawą do przyklejania termoizolacji o grubości około 10 mm.

Analizując inną z serii uznanych na rynku publikacji traktujących o systemach ETICS, a mianowicie Warunki Techniczne Wykonawstwa, Oceny i Odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS opracowywane przez SSO, zwraca się uwagę na zawartość merytoryczną, dokładność prezentowanych informacji oraz relatywnie częste aktualizacje w ostatnich latach. Autorzy uważają te publikacje za bardzo wartościowy materiał, wypracowany przez zespół mający duże doświadczenie w tym zakresie, bo reprezentujący środowisko producentów systemów ociepleń.

W zakresie opisywanej tematyki wytyczne SSO były przywoływane już przy analizie warunków ITB 418/2006 [16] i 418/2007 [17]. Tam zaprezentowane zasady dotyczące klejenia termoizolacji metodą pasmowo-punktową zmieniają się w wytycznych SSO na przestrzeni lat i nierówność podłoża określana wcześniej „ ± 10 mm” na którym rekomendowane jest klejenie termoizolacji metodą pasmowo-punktową otrzymuje ograniczenie „do 10 mm”. Reszta zapisu pozostaje bez zmian aż do roku 2022. Zatem wniosek dotyczący grubości warstwy klejącej termoizolacji do podłoża może być bardziej jednoznaczny niż wcześniej podany w [16] i [17]. Po dociśnięciu do podłoża grubość kleju nie powinna przekraczać 10 mm. Powróciła zatem koncepcja grubości warstwy klejącej pod termoizolacją nieprzekraczająca 10 mm, zalecana wcześniej przez wiele lat przez instrukcje ITB. Istotna zmiana nastąpiła w nowelizacji wytycznych SSO z 2022 roku w wydaniu 6 [24], gdzie dopuszczono maksymalną grubość warstwy klejącej do 2 cm przy słusznym założeniu, że wówczas konieczne jest uzyskanie wymaganej przyczepności zaprawy klejącej do podłoża i termoizolacji oraz uzyskania oczekiwanej efektywnej powierzchni

sklejenia. Dodatkowo wytyczne [24] z uwagi na zróżnicowanie zapraw klejących odsyłają ostatecznie do rekomendacji w zakresie grubości warstwy klejącej konkretnego systemodawcy, który w domyśle będzie miał sprawdzone i zbadane warunki stosowania takich właśnie zapraw.

4. Podsumowanie

W oparciu o przeprowadzoną analizę wytycznych dotyczących sposobu klejenia termoizolacji grubości warstwy klejącej oraz zasad wyrównywania podłoża należy stwierdzić, że grubość warstwy klejącej termoizolacji do podłoża powinna być jednoznacznie określona w systemach ociepleń ETICS dla poszczególnych sposobów mocowania ocieplenia (klejowego i mechanicznego). Zdaniem autorów jest to bardzo istotna kwestia dla wszystkich uczestników procesu budowlanego – począwszy od projektantów, kierowników budowy, inspektorów nadzoru inwestorskiego, wykonawców robót ociepleniowych aż po rzeczoznawców budowlanych oceniających poprawność wykonanych prac. Ponadto jednoznaczne wytyczne w zakresie przyjmowanych grubości warstwy klejącej są ściśle związane ze sposobem przygotowania podłoża (ściany), istotnie wpływając na koszty inwestycji. A tych niestety w wielu przypadkach w dalszym ciągu brakuje.

BILIOGRAFIA

- [1] Krajowa Ocena Techniczna wydana dla systemu BOLIX SPEC THERM ICIMB-KOT-2022/0159. wydanie 1
- [2] Europejska Ocena Techniczna ETA 18/0805 z dnia 23.12.2019 wydana dla systemu BOLIX EXPRES THERM WOOD EPS
- [3] Raport klasyfikacyjny w zakresie reakcji na ogień nr SG-11/17/N z dnia 26.07.2023
- [4] Raport klasyfikacyjny w zakresie rozprzestrzeniania ognia przez ściany nr KG-19/22 z dnia 30.06.2023
- [5] ETAG 004, Edition 2000, amended August 2011, amended February 2013 Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with rendering
- [6] Świadcstwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie 530/85, „metoda lekka” ocieplania ścian zewnętrznych budynków, ITB, Warszawa, 1985
- [7] Świadcstwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie 530/94, metoda „lekka” ocieplania ścian zewnętrznych budynków, ITB, Warszawa, 1994
- [8] Zalecenie Udzielania Aprobata Technicznych ITB ZUAT-15/V.03/2003: Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem styropianu jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej (ETICS)
- [9] Zalecenie Udzielania Aprobata Technicznych ITB ZUAT-15/V.04/2003: Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem wełny mineralnej jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej (ETICS)
- [10] Instrukcja ITB nr 334/2002, Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków, ITB, Warszawa, 2002
- [11] Warunki oceny właściwości użytkowych wyrobu budowlanego WOKOT/04/02 wydanie 1, Złożone zestawy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi (ETICS) z zastosowaniem wyrobów ze styropianu (EPS)
- [12] Warunki oceny właściwości użytkowych wyrobu budowlanego WOKOT/04/01 wydanie 1, Złożone zestawy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi (ETICS) z zastosowaniem wyrobów z wełny mineralnej (MW)
- [13] EAD 040089-00-0404, January 2019, External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with renderings
- [14] Instrukcja BOLIX IB/01 EPS Ocieplanie ścian zewnętrznych w technologii ETICS, Termoizolacja – płyty styropianowe (EPS)
- [15] Instrukcja ITB nr 334/96, Ocieplanie ścian zewnętrznych metodą „lekką”, ITB, Warszawa, 1996
- [16] Prawa zamówień publicznych – Dz.U. z 2004 r. nr 19, poz.177 z późn. zm.
- [17] Instrukcja ITB nr 418/2006, Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków, ITB, Warszawa, 2006
- [18] Instrukcja ITB nr 418/2007, Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków, ITB, Warszawa, 2007
- [19] Instrukcja ITB nr 447/2009, Złożone systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków ETICS. Zasady wykonywania i projektowania, ITB, Warszawa, 2009
- [20] Popczyk J., Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków, ITB, Warszawa, 2014
- [21] Zamorowska R., Sieczkowski J., Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków ETICS z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich, ITB, Warszawa, 2019
- [22] Zamorowska R., Sieczkowski J., Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków ETICS z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich, ITB, Warszawa, 2020
- [23] Zamorowska R., Sieczkowski J., Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych część C: Zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8: Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków ETICS z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich, ITB, Warszawa, 2023
- [24] Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS, Stowarzyszenie na rzecz Systemów Ociepleń, wydanie 6/2022

Serdecznie zapraszamy autorów do publikowania
w „Przeglądzie Budowlany”

Za publikację w naszym miesięczniku uzyskuje się

70 punktów

Gruntowy rurowy powietrzny wymiennik ciepła w wentylacji jednorodzinnych, zrównoważonych budynków mieszkalnych

An earth-to-air heat exchanger for ventilation systems in sustainable single-family homes

dr inż. Aldona Skotnicka-Siepsiak (ORCID: 0000-0002-8576-1954), Wydział Geoinżynierii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, prof. Carles Serrat (ORCID: 0000-0002-1504-5354), Uniwersytet Techniczny w Katalonii, Barcelona

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9360

Streszczenie: Wentylacja w zrównoważonych budynkach jednorodzinnych wymaga zastosowania nie tylko rozwiązań energooszczędnych, które czerpać będą maksymalnie z odnawialnych źródeł energii, ale muszą one również zapewnić prawidłowe funkcjonowanie obiektu w zmiennych warunkach zewnętrznych. Sprostac muszą one nie tylko dobowym i sezonowym zmianom otoczenia, ale również obserwowanym globalnie zmianom klimatycznym. Wymagania te spełniają gruntowe rurowe wymienniki ciepła (GWC). W poniższym artykule przeanalizowano eksperymentalne wyniki pracy tego urządzenia w polskich warunkach klimatycznych. Przeanalizowano okres jednego roku od września 2020 roku do końca sierpnia 2021 roku. Głównym celem pracy była nie tyle sama ocena ilości ciepła i chłodu pozyskanego z GWC, co ocena jego potencjału energetycznego w różnych układach wentylacji jednorodzinego budynku mieszkalnego funkcjonujących w rzeczywistych, zmiennych warunkach otoczenia. W ramach badań rozpatrywano przypadek wentylacji grawitacyjnej i porównano pod względem zapotrzebowania energetycznego z trzema innymi przypadkami układów wentylacyjnych: wentylacją wyposażoną dodatkowo w GWC, wentylacją z rekuperacją i wysokosprawnym wymiennikiem ciepła oraz z wentylacją wyposażoną zarówno w GWC, jak i w rekuperację z odzyskiem ciepła.

Słowa kluczowe: gruntowy powietrzny wymiennik ciepła, wentylacja energooszczędna, odzysk ciepła w układach wentylacyjnych.

Abstract: Ventilation systems in sustainable single-family homes require energy-efficient solutions that make optimal use of renewable energy sources and meet air quality and thermal comfort requirements in buildings. These systems should ensure a stable indoor environment and adequately respond to daily and seasonal fluctuations in temperature, as well as global climate change. Earth-to-air heat exchanges (EAHE) meet the above requirements. This article analyzes the performance of an EAHE in the Polish. The experiment covered a period of one year from the beginning of September 2020 to the end of August 2021. In addition to determining the heating and cooling loads, the main aim of the study was to evaluate the EAHE's thermal performance in ventilation systems for single-family homes with different configurations under variable real-world conditions. Energy consumption in a building equipped with a natural ventilation system was compared with three other scenarios: a ventilation system coupled with an EAHE, a mechanical ventilation system with heat recovery and a high-efficiency heat exchanger, and a mechanical ventilation system with both an EAHE and heat recovery.

Keywords: ground air heat exchanger, energy-saving ventilation, heat recovery in ventilation systems.

1. Wprowadzenie

Gruntowy wymiennik ciepła (GWC) jest przykładem relatywnie prostej technologii, która we współpracy z tradycyjnymi systemami wentylacyjnymi i klimatyzacyjnymi daje możliwość wstępnego podgrzania oraz ochłodzenia powietrza [1]. Mimo swojej prostoty, GWC daje możliwość obniżenia zapotrzebowania na energię dla budynku oraz zminimalizowania wpływu na zmiany klimatyczne [2].

W polskich warunkach klimatycznych częściej rozpatruje się GWC jako wstępny system ogrzewania powietrza

wentylacyjnego. Jest w tym zakresie wykorzystywane zarówno w niewielkich instalacjach domów jednorodzinnych, jak i w dużych instalacjach przemysłowych [3]. GWC wykorzystywany jest również w celu ochłodzenia powietrza. Należy zwrócić jednak uwagę, że szczególnie w przypadku wykorzystania GWC do schłodzenia powietrza wentylacyjnego istotne jest uwzględnienie nie tylko ciepła jawnego, ale również utajonego [4]. Istnieje wiele konstrukcji GWC [5]. GWC wykorzystywane są zarówno w układach z wentylacją mechaniczną [6], jak i naturalną [7]. W tym drugim przypadku – zwłaszcza w połączeniu z solar chimney [8]. Ale

przydatność GWC weryfikowana jest również w połączeniu z innymi technologiami, jak na przykład materiały zmiennofazowe [9], wentylatory zewnętrzne [10], układy fotowoltaiczne [11] czy dachy kopułowe [12].

Koncepcja GWC jest cały czas badana, udoskonalana i rozwijana. Przytoczyć można również liczne prace przeglądowe, podsumowujące obecny stan wiedzy w tematyce GWC [13].

Badanie pracy GWC, ich projektowanie oraz optymalizacja bardzo często prowadzone są z wykorzystaniem symulacji numerycznych [14].

Poniższy artykuł ma za zadanie analizę rzeczywistej pracy rurowego, gruntowego wymiennika ciepła GWC dla polskich warunków klimatycznych, cechujących się gorącym latem i zimną zimą. W przeprowadzonej analizie skupiono się nie tylko na bilansie energetycznym pracy GWC, ale też przeanalizowano współpracę tego urządzenia z często wykorzystywanymi układami systemu wentylacyjnego w budownictwie jednorodzinnych.

2. Badania

Na eksperymentalnym stanowisku pomiarowym, które zlokalizowane jest na Wydziale Geoinżynierii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, wykonano pomiary temperatury powietrza zewnętrznego Θ_{out} oraz w oparciu o funkcjonujący tam gruntowy rurowy wymiennik ciepła (GWC), pomierzono temperaturę na jego wylocie Θ_{in} . GWC wykonano z rur systemu AwaduktThermo o średnicy 0,2 m, które zakopane zostały na średniej głębokości około 2,12 m [15]. Długość urządzenia wynosi 41 m. Analizowane wartości pomiarowe były rejestrowane ze średniogodzinową dokładnością w okresie roku, od początku września 2020 roku do końca sierpnia 2021 roku.

Przeanalizowano zapotrzebowanie na ciepło i chłód dla przykładowego budynku jednorodzinny. W analizie uwzględniono jednokondygnacyjny budynek, dla którego wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych wynosi $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, dla dachu $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, dla okien zewnętrznych $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, a dla drzwi zewnętrznych $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Szczelność powietrzna budynku wynosi $1,0 \text{ l/h}$. Łączna powierzchnia użytkowa pomieszczeń wynosi 108 m^2 . Strumień powietrza wentylacyjnego wynosi $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Przyjęto, że aby zapewnić komfort termiczny, temperatura wewnętrzna powinna wynosić 20°C [16, 17].

Wyznaczono zapotrzebowanie na ciepło i chłód dla budynku w czterech poniższych przypadkach.

- Przypadek 1 – napływające do wnętrza budynku powietrze wentylacyjne jest powietrzem zewnętrznym Θ_{out} w ilości $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Przypadek taki jest zbliżony do działania na przykład wentylacji grawitacyjnej w budynku. W celu utrzymania komfortu termicznego odpowiednie ilości ciepła (wartości dodatnie w bilansie) bądź chłodu (wartości ujemne w bilansie) dostarczyć musi system grzewczo-wentylacyjny.

- Przypadek 2 – ta sama ilość powietrza zewnętrznego jak w przypadku 1, przed dostarczeniem do budynku przepływa przez GWC Θ_{in} . Dopiero po wstępnym ogrzaniu lub schłodzeniu w GWC system grzewczo-wentylacyjny dostarcza odpowiednią ilość ciepła lub chłodu, tak aby temperatura wewnątrz budynku wynosiła 20°C .

- Przypadek 3 – analizowana w badaniach ilość powietrza wentylacyjnego dostarczana jest do budynku z wykorzystaniem wymiennika ciepła, który pozwala odzyskiwać ciepło ze strumienia powietrza, ze sprawnością temperaturową wynoszącą 90%. W przypadku gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest ujemna, musi ono w ramach zabezpieczenia przeciwmroźniowego zostać podgrzane w nagrzewnicy wstępnej do temperatury 0°C . Jeżeli po przejściu przez wymiennik ciepła nie została osiągnięta temperatura komfortu, nagrzewnica wtórna podgrzeje powietrze do 20°C .

- Przypadek 4 – układ jak w przypadku 3, dodatkowo wyposażony w GWC.

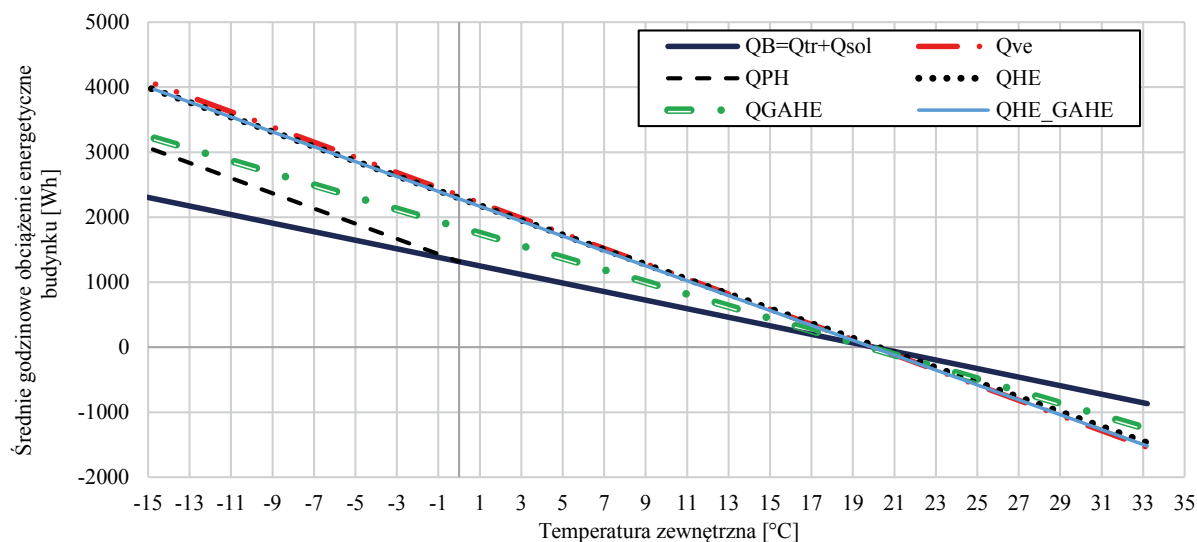
Obliczenia przeprowadzone zostały zgodnie z normą ISO 13790:2008 [18].

3. Wyniki

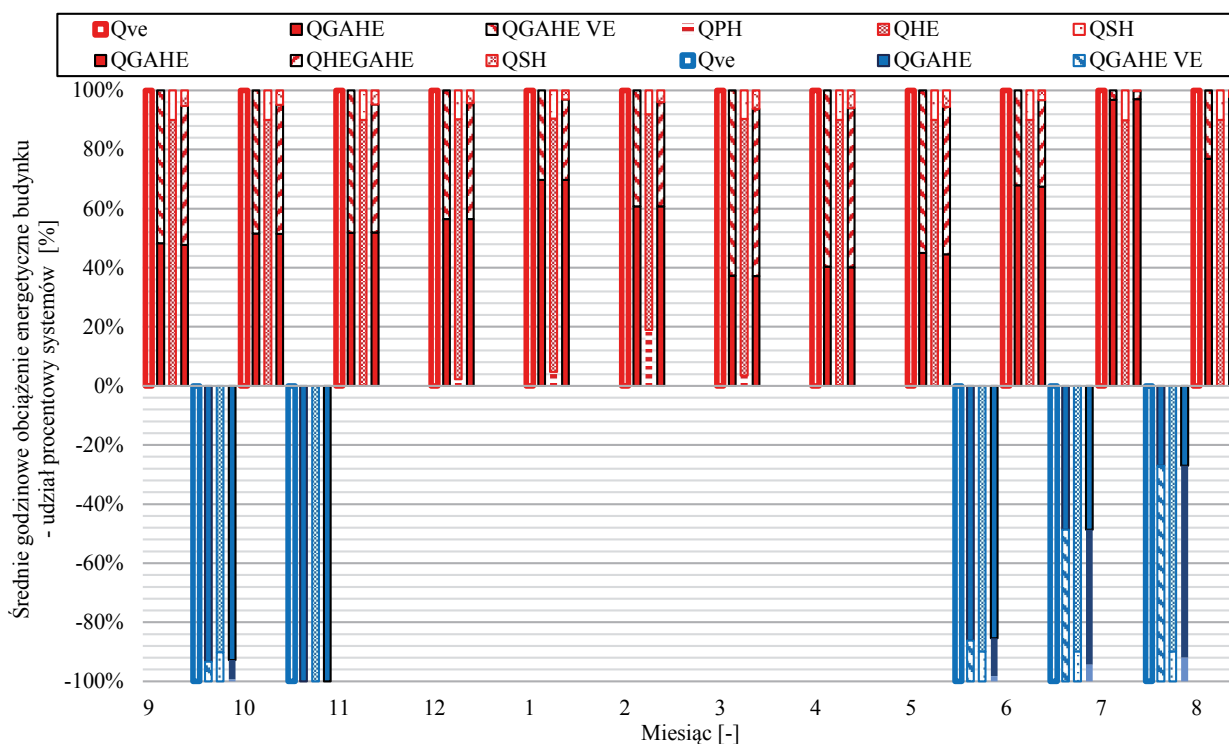
Analiza porównawcza dla typowego roku meteorologicznego (TRM) oraz danych pomiarowych z analizowanego okresu pozwoliła stwierdzić, że średnia godzinowa temperatura zewnętrzna w TRM wynosiła $6,9^\circ\text{C}$, podczas gdy w pomiarowych wynosiła ona $9,6^\circ\text{C}$. W TRM temperatury wahały się w zakresie od $-17,3$ do $31,0^\circ\text{C}$, podczas gdy w analizowanym okresie od $-18,7$ do $32,6^\circ\text{C}$.

W sumarycznej analizie budynku uwzględniono przepływ ciepła przez przenikanie Q_{tr} , zyski ciepła przez przegrody przezroczyste budynku Q_{sol} oraz przepływ ciepła przez wentylację Q_{ve} . Bilans dwóch pierwszych składowych Q_{tr} oraz Q_{sol} stanowi zapotrzebowanie na ciepło lub chłód budynku Q_B . W bilansie, jako niezależne od zewnętrznych warunków pogodowych i stałe w skali roku, pominięto wewnętrzne zyski ciepła Q_{int} (rys. 1).

W przypadku 1 (rys. 1) – gdy dostarczamy jako powietrze wentylacyjne powietrze zewnętrzne, bez żadnej wcześniejszej obróbki termicznej, około połowę zapotrzebowania na ciepło generowane jest przez wentylację. Od kwietnia do sierpnia zapotrzebowanie na chłód w obiekcie wynika przede wszystkim z zysków ciepła od przeszklonych przegród. W przypadku 2 (rys. 1) gdy przed wprowadzeniem do budynku powietrze wentylacyjne przechodzi przez GWC, w okresie letnim dostarczane jest w ten sposób około 55% ciepła dla układu wentylacyjnego, natomiast w pozostałym okresie roku około 40%. Chłód dostarczany z GWC do systemu wentylacji stanowi niewielki odsetek (3,0%) całkowitego zapotrzebowania na chłód w obiekcie w okresie letnim. Niemniej jednak chłód pozyskany z GWC zaspokaja około 75% zapotrzebowania na chłód układu wentylacyjnego w okresie letnim (rys. 2).



Rys. 1. Średnie godzinowe obciążenie energetyczne budynku [Wh] w zależności od temperatury zewnętrznej – wszystkie systemy



Rys. 2. Procentowe udziały w średnim godzinowym bilansie energetycznym budynku poszczególnych składowych układu wentylacyjnego budynku; dla każdego z miesięcy kolejne z czterech słupków wykresu reprezentują przypadki 1, 2, 3 oraz 4

Rozpatrując przypadek 3, zastosowanie wymiennika ciepła (HE) wymaga użycia zabezpieczenia przeciwmroźniowego w postaci nagrzewnicy wstępnej (PH). Podgrzewa ona powietrze zewnętrzne o temperaturach ujemnych do temperatury 0°C. Działanie nagrzewnicy wstępnej konieczne jest w okresie od listopada do kwietnia. W dwóch pierwszych miesiącach roku, które cechują najniższe temperatury zewnętrzne, zapotrzebowanie na ciepło dla nagrzewnicy wstępnej wynosi około 10% całego zapotrzebowania na ciepło dla układu wentylacyjnego. Średnio w całym okresie użytkowania wykorzystanie wstępnej nagrzewnicy

odpowiada za 5% zapotrzebowania na ciepło na potrzeby wentylacji. Im niższe temperatury zewnętrzne, tym większe jest zapotrzebowanie na energię dla PH (rys. 1). W skali roku ciepło odzyskane w HE stanowi około 86% całego zapotrzebowania na wentylację. Zastosowanie nagrzewnicy wtórnej SH odpowiada za około 9% zapotrzebowania na ciepło w bilansie systemu wentylacyjnego (rys. 2).

W przypadku 4 (sprzętowe rozbudowanie przypadku 3 o GWC) nie zaobserwowano znaczących różnic temperatur powietrza na wyjściu z HE w stosunku do przypadku 3. Zastosowanie GWC eliminuje całkowicie konieczność stosowania

wstępnej nagrzewnicy powietrza w układzie. Wstępny podgrzew powietrza wentylacyjnego przeprowadzony z wykorzystaniem GWC dostarczył przeciętnie 54% potrzebnego dla wentylacji obiektu ciepła, zaś wstępne schłodzenie powietrza zewnętrznego w GWC dało około 41% potrzebnego na cele wentylacyjne chłodu (rys. 2). Zastosowanie HE dostarczyło około 41% ciepła i około 52% chłodu w bilansie układu wentylacyjnego analizowanego budynku. Dogrzew powietrza przez HE do temperatury 20°C stanowi około 5% bilansu energetycznego układu grzewczego natomiast jego ochłodzenie do tej temperatury generuje około 6% zapotrzebowania na chłód w bilansie obiektu.

4. Podsumowanie

GWC jest rozwiązaniem, które umożliwia znaczne obniżenie zużycia energii w systemach wentylacyjnych. Badania w polskich warunkach eksploatacyjnych wskazują na szczególnie dużą przydatność tego rozwiązania w warunkach zimowych, do wstępnego podgrzewu powietrza wentylacyjnego. GWC jest w stanie dostarczyć w skali roku około 45% ciepła potrzebnego do działania układu wentylacyjnego i około jedną piątą całego ciepła wymaganego w sumarycznym bilansie obiektu. Zrealizowane z wykorzystaniem GWC wstępne schładzanie w warunkach letnich pokrywa w około trzech czwartych zapotrzebowanie na chłód dla powietrza wentylacyjnego. Biorąc jednak pod uwagę specyfikę szczelnych, dobrze izolowanych termicznie nowoczesnych budynków z dużymi przeszkleniami, jest to jedynie niewielki odsetek (około 3%) całościowego zapotrzebowania na chłód budynku. Ponieważ głównym źródłem zapotrzebowania na chłód są przeszklenia, w celu zabezpieczenia budynku przed przegrzewaniem trzeba stosować zabezpieczenia przeciwsłoneczne, a utrzymanie warunków komfortu termicznego w warunkach letnich wymaga zastosowania układu klimatyzacyjnego, poza układem wentylacyjnym wyposażonym w GWC.

GWC jest również rozwiązaniem, które zasługuje na szczególną uwagę w budownictwie zrównoważonym. W perspektywie obserwowanych zmian klimatycznych GWC pozwala wydajnie zminimalizować energię potrzebną na działanie układu wentylacyjnego w bardzo zmiennych warunkach zewnętrznych oraz umożliwia energetyczną adaptację budynku.

Publikacja została napisana w wyniku odbywania przez autorkę stażu w Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTECH Departament de Matemàtiques Hiszpania, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego (Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój), zrealizowanego w projekcie Program Rozwojowy Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (POWR.03.05.00-00-Z310/17).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fazlikhani F., Goudarzi H., Solgi E., Numerical analysis of the efficiency of earth to air heat exchange systems in cold and hot-arid climates, *Energy conversion and management* 148, 2017, str. 78–89
- [2] Zajch A., Gough W., Chiesa G., Earth-Air Heat Exchanger Potential Under Future Climate Change Scenarios in Nine North American Cities, In *Sustainability in Energy and Buildings: Proceedings of SEB 2019*, Springer Singapore, 2020, str. 109–119
- [3] Peretti C., Zarrella A., De Carli M., Zecchin R., The design and environmental evaluation of earth-to-air heat exchangers (EAHE), A literature review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28, 2013, str. 107–116
- [4] Wei H., Yang D., Wang J., Du J., Field experiments on the cooling capability of earth-to-air heat exchangers in hot and humid climate, *Applied Energy* 2020, 276, str. 115493
- [5] Taurines K., Girous-Julien S., Menezes C., Energy and thermal analysis of an innovative earth-to-air heat exchanger: experimental investigations, *Energy and Buildings* 187, 2019, str. 1–15
- [6] Hegazi A. A., Abdelrehim O., Khater A., Parametric Optimization of Earth-Air Heat Exchangers (EAHEs) for Central Air Conditioning International Journal of Refrigeration, 2021
- [7] Bai Y., Long T., Li W., Li Y., Liu S., Wang Z., Huang S., Experimental investigation of natural ventilation characteristics of a solar chimney coupled with earth-air heat exchanger (SCEAHE) system in summer and winter, *Renewable Energy* 193, 2022, str. 1001–1018
- [8] Sakhri N., Menni Y., Chamkha A. J., Lorenzini G., Ameer H., Kaid N., Bensafi M., Experimental study of an earth-to-air heat exchanger coupled to the solar chimney for heating and cooling applications in arid regions, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 145, 2021, str. 3349–3358
- [9] Qin D., Liu J., Zhang G., A novel solar-geothermal system integrated with earth-to-air heat exchanger and solar air heater with phase change material-numerical modelling, experimental calibration and parametrical analysis, *Journal of Building Engineering* 35, 2021, str. 101971
- [10] Ahmad H., Sakhri N., Menni Y., Omri M., Ameer H., Experimental study of the efficiency of earth-to-air heat exchangers: Effect of the presence of external fans, *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 2021, str. 101461
- [11] Li Z. X., Shahsavari A., Al-Rashed A. A., Kalbasi R., Afrand M., Talebizadehsardari P., Multi-objective energy and exergy optimization of different configurations of hybrid earth-air heat exchanger and building integrated photovoltaic/thermal system, *Energy Conversion and Management*, 195, 2019, str. 1098–1110
- [12] Akbarpoor A. M., Poshtiri A. H., Biglari F., Performance analysis of domed roof integrated with earth-to-air heat exchanger system to meet thermal comfort conditions in buildings, *Renewable Energy* 168, 2021, str. 265–293
- [13] Salem H. H., Hashem A. L., Integration of Earth-air heat exchanger in buildings review for theoretical researches, In *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2023, July, tom 2787, nr 1
- [14] Hamdane S., Mahboub C., Moumni A., Numerical approach to predict the outlet temperature of earth-to-air-heat-exchanger, *Thermal Science and Engineering Progress* 21, 2021, str. 100806
- [15] Skotnicka-Siepiak A., Wesołowski M., Piechocki J., Validating Models for Calculating the Efficiency of Earth-to-Air Heat Exchangers Based on Laboratory Data for Fall and Winter 2016 in Northeastern Poland, *Polish Journal of Environmental Studies* 28(5)2019
- [16] PN-EN 12831-1:2017-08: Energy performance of buildings – Method for calculation of the design heat load – Part 1: Space heating load, Module M3-3
- [17] Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005)
- [18] ISO 13790:2008: Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling

Rynek budownictwa w Polsce w obliczu kryzysu wojny w Ukrainie

The construction market in Poland in the face of the war crisis in Ukraine

dr inż. Patryk Przybylski, dr inż. Stanisław Tkaczyk, Bartosz Mijas, Bartosz Grodzicki, Aleksandra Zawadzka, Wydział Inżynieryjny, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Heleny Chodkowskiej, Warszawa

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9361

Streszczenie: W artykule autorzy przedstawiają problem wzrostu kosztów w budownictwie na przykładzie kluczowych materiałów budowlanych, takich jak cement, kruszywo, transport bądź stal. Zostały przeanalizowane ostatnie lata, w których wykazano duże wzrosty cen na przestrzeni ostatnich lat, oraz oceniono perspektywę budownictwa w następnych latach.

Słowa kluczowe: budownictwo, wzrost cen, inflacja, koszty, gospodarka.

Abstract: In the article entitled the authors present the problem of increasing costs in construction using the example of key building materials such as cement, aggregate, transport or steel. Recent years were analyzed, which showed significant price increases over recent years, and the prospects for construction in the coming years were assessed.

Keywords: construction, price increases, inflation, costs, economy.

1. Wprowadzenie

Rynek szeroko pojętego budownictwa staje w ostatnim czasie przed coraz większymi wyzwaniami. Podczas gdy budownictwo w Polsce zaczęło wracać do normalności po pandemii, w branżę z dużą siłą uderzyły skutki wojny w Ukrainie. Obserwując rynek, można dojść do wniosków, że aktualny kryzys może być dużo bardziej odczuwalny od tego związanego z pandemią COVID.

Obecnie największym problemem budownictwa jest niespotykana od wielu lat niepewność oraz niemożność skutecznego planowania kosztów, co w przypadku prowadzenia kontraktów czy całych przedsięwzięć budowlanych jest elementem niezbędnym. Sytuacja ta wywołana została przez szereg czynników, które razem ukształtowały niepokój w przekroju całej branży, poczynając od niewielkich dostawców, producentów czy podwykonawców, a kończąc na generalnych wykonawcach. Niemożność skutecznego oszacowania cen w najbliższych latach, miesiącach czy nawet tygodniach generuje ogromne trudności w procesie kalkulacji ofert oraz zapewnienia ich niezmienności w czasie. Firmy budowlane zmagają się z olbrzymim ryzykiem, związanym z tym, że przedstawiona oferta okaże się nieaktualna podczas realizacji inwestycji, a nawet przed jej rozpoczęciem. W związku z tym aspektem przedstawiane oferty zawierają wszystkie potencjalne ryzyka i w dalszej kolejności napędzają i tak już rozpędzoną inflację w branży. Olbrzymie wyzwanie stoi nie tylko przed działami ofertacji, ale także przed działami zakupów czy sprzedaży w przedsiębiorstwach budowlanych, ponieważ planowanie, które działało od wielu

lat, teraz staje się nieskuteczne, czy wręcz niemożliwe. Mogłoby się wydawać, że doraźnym rozwiązaniem tego problemu jest indeksacja ofert. Niestety w praktyce często trudno ustalić czynniki, o które taka indeksacja mogłaby się oprzeć, a poza tym inwestorzy nie zawsze zgadzają się na tego typu praktyki w kontraktach ryczałtowych. Realizowanie kontraktów w formie ryczałtu staje się coraz bardziej utrudnione i istnieje ryzyko, że brak zmian w tym zakresie może de facto wstrzymać możliwość realizacji kolejnych inwestycji publicznych. Przerzucanie całkowitego ryzyka na wykonawcę może zapoczątkować lawinę upadłościową firm, ponieważ trzeba pamiętać, że budownictwo to branża dużych kosztów materiałowych oraz niewielkich marż.

W najgorszym położeniu są firmy, które obecnie są w trakcie realizacji inwestycji, ponieważ często nie mają możliwości waloryzacji swoich umów. Zdarzają się sytuacje, że dla danej firmy lepszym rozwiązaniem jest odstąpienie od umowy i zapłacenie kar, niż dalsza realizacja, co w rezultacie jest niekorzystne dla obu stron. W związku z tym coraz częściej pojawiają się postulaty o stosowanie waloryzacji umownej, która byłaby w stanie odzwierciedlić postępujące zmiany cen. Oczywiście należałoby jeszcze ustalić, o jakie czynniki taka waloryzacja miałaby być oparta.

W dzisiejszych czasach w każdej inwestycji budowlanej używamy coraz to nowszej technologii, tj. sprzętu, elementów prefabrykowanych itp. Niemniej praktycznie każda inwestycja nie może zostać zrealizowana bez użycia betonu i stali. Mówimy o konstrukcjach żelbetowych a nie materiale. Do wybudowania obiektów żelbetowych używane są takie materiały jak: cement, kruszywa, stal czy dodatki i domieszki.

Wzrost cen każdego składowego materiału żelbetu powoduje zwiększenie kosztów inwestycji budowlanej na całym świecie.

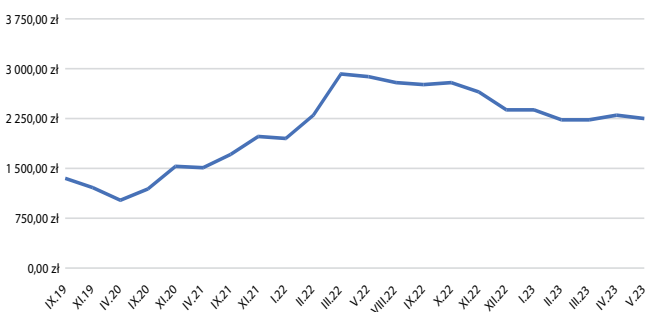
Analizując zmiany cen kluczowych materiałów budowlanych, możemy zauważyć postępującą tendencję wzrostową. W dalszej części przedstawiona zostanie analiza kosztowa wybranych, kluczowych materiałów budowlanych.

2. Analiza cenowa wybranych, kluczowych materiałów budowlanych

2.1. Asfalty

Rynek asfaltów w Polsce na przestrzeni ostatnich kilku lat był dość dynamiczny. Poniżej przedstawiamy kilka istotnych informacji na temat tego sektora.

- **Wzrost zapotrzebowania:** w ostatnich latach popyt na asfalty w Polsce wzrósł. Spowodowane jest to rosnącą liczbą inwestycji drogowych, modernizacją istniejących dróg oraz rozbudową infrastruktury drogowej. Dynamiczny rozwój sektora budowlanego przyczynił się również do zwiększonego zapotrzebowania na asfalty.
- **Inwestycje publiczne:** rząd prowadził intensywną działalność inwestycyjną w sektorze infrastruktury drogowej.
- **Innowacje technologiczne:** w ostatnich latach obserwuje się rozwój nowych technologii w produkcji asfaltów. Wprowadzane są innowacyjne mieszanki asfaltowe, które charakteryzują się lepszymi właściwościami mechanicznymi, trwałością oraz bardziej ekologicznym profilem. Firmy starają się wprowadzać rozwiązania przyjazne dla środowiska, takie jak asfalty z dodatkami recyklingu lub zmniejszoną emisją CO₂.
- **Wzrost cen surowców:** w ostatnich latach rynek asfaltów w Polsce był również dotknięty wzrostem cen surowców, przede wszystkim ropy naftowej. Wzrost kosztów surowców miał wpływ na ceny asfaltów i prowadził do wyzwań związanych z utrzymaniem rentowności dla wykonawców. Podsumowując, rynek asfaltów w Polsce na przestrzeni ostatnich lat rozwijał się dynamicznie, głównie dzięki inwestycjom publicznym w infrastrukturę drogową. Konkurencja na rynku i innowacje technologiczne przyczyniły się do dostępności różnych rodzajów asfaltów. Jednocześnie wzrost cen surowców stanowił wyzwanie dla branży.

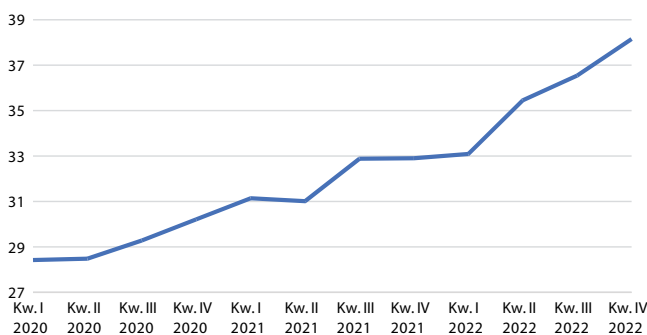


Rys. 1. Średnia cena asfaltu D35/50 w okresie 09.19–04.23 w Polsce w PLN/t

2.2. Kruszywo 0–31,5 mm (WT-4)

Również kruszywa, czyli podstawowy materiał w budownictwie nie uchroniły się przed perturbacjami rynku. Istnieje wiele przyczyn wzrostu cen kruszywa w budownictwie jak na przykład:

- **wzrost popytu** – wraz z rosnącą liczbą projektów budowlanych i rozwojem infrastruktury, popyt na kruszywo w budownictwie może znacznie wzrosnąć, co prowadzi do zwiększenia jego ceny;
 - **brak dostępności** – nierównowaga pomiędzy popytem a podażą kruszywa może wpłynąć na wzrost cen. Jeśli kruszywo jest trudno dostępne lub jeśli jego wydobycie jest ograniczone, to cena może znacznie wzrosnąć;
 - **wzrost kosztów produkcji** – wzrost kosztów pracy, transportu, energii elektrycznej, materiałów, opłat za licencje i podatki mogą prowadzić do wzrostu kosztów produkcji kruszywa i wpłynąć na wzrost cen;
 - **spekulacje rynkowe** – niekiedy inwestorzy lub handlowcy mogą wykorzystać nierównowagę pomiędzy popytem a podażą kruszywa, żeby spekulować i podnieść ceny kruszywa;
 - **zwiększone wymagania jakościowe** – rosnące wymagania jakościowe mogą prowadzić do wyższych kosztów produkcji kruszywa, co z kolei może wpłynąć na wzrost cen.
 - **zmiany regulacyjne** zmiany w przepisach dotyczących wydobycia, transportu i dystrybucji kruszywa mogą prowadzić do wzrostu kosztów i wpłynąć na wzrost cen.
- Te czynniki mogą działać w różnym stopniu i w różnych kombinacjach, co prowadzi do wzrostu cen kruszywa w budownictwie. Oczywiście w dużej mierze wpływ na część z tych aspektów miał i ma kryzys wojenny w Ukrainie.



Rys. 2. Średnia cena kruszywa łamanego 0–31,5 mm wg WT4 w latach 2020–2022, loco kopalnia w Polsce w PLN/t

Według publikacji Sekocenbud w I kw. 2020 r. średnia cena kruszywa 0–31,5 mm wraz z kosztami zakupu wynosiła 28,42 zł netto za tonę materiału. Rok 2020 od I kw. do IV kw. spowodował wzrost kruszywa o 6,3% co spowodowało, że w IV kw. 2020 r. średnia cena oscylowała w granicach 30,21 zł netto za tonę kruszywa. Kw. II 2020 roku oraz kw. II 2021 r. były jedynymi, które pokazały spadek ceny w stosunku kwartał do kwartału, a mianowicie pomiędzy I kw. a II kw. 2021 zanotowano spadek zaledwie o 0,42%

Tabela 1. Średnia cena kruszywa łamanego 0–31,5 mm wg WT4 w latach 2020–2022, loco kopalnia w Polsce w PLN/t

SEKOCENBUD IMB											
Kruszywo 0-31,5 (WT-4)				Kruszywo 0-31,5 (WT-4)				Kruszywo 0-31,5 (WT-4)			
2020	Cena średnia	Jednostka	Waluta	2021	Cena średnia	Jednostka	Waluta	2022	Cena średnia	Jednostka	Waluta
Kw. I	28,42	t	zł	Kw. I	31,14	t	zł	Kw. I	33,09	T	zł
Kw. II	28,38	t	zł	Kw. II	31,01	t	zł	Kw. II	35,45	T	zł
Kw. III	29,28	t	zł	Kw. III	32,88	t	zł	Kw. III	36,54	T	zł
Kw. IV	30,21	t	zł	Kw. IV	32,90	t	zł	Kw. IV	38,15	T	zł

(I kw. 2021= 31,14 netto zł/t II kw. 2021=31,01 netto zł/t) a pomiędzy I kw. a II kw. 2020 roku spadek ceny kruszywa 0–31,5 mm wynosił 0,14%, lecz ten spadek i tak w ogólnym rozrachunku nie wpłynął na spadek ceny w stosunku całego roku, ponieważ stosunek I kw. 2022 r. do I kw. 2021 r. wynosi 106,26%, czyli wzrost cen o 6,25%. Dla I kw. 2020 roku i I kw. 2021 r. stosunek ten wynosi 109,57%, czyli wzrost cen aż o 9,57%. Okres, który pokazuje największy wzrost ceny na rynku materiałów budowlanych od lutego 2022 r. Jak wiadomo, luty jest zaliczany do I kw. roku, lecz publikacje są wydawane kwartalnie, więc wpływ wojny w Ukrainie jest uwzględniany w publikacjach dopiero od II kw. 2022 roku. Na początku roku 2022 cena kruszywa wynosiła 33,09 zł netto/tonę, lecz już w II kw. 2022 r. cena materiału wynosiła 35,45 zł netto/tonę, czyli wzrost ceny w stosunku kwartału do kwartału wynosi 7,13%. Należy tutaj podkreślić fakt, że wzrost ten wystąpił jedynie na przestrzeni jednego kwartału. Na koniec roku 2022 cena kruszywa za tonę wynosiła 38,15 zł netto/tonę. Z analizy wszystkich kwartałów według Sekocencbud wynika, że wzrost ceny kruszywa na przestrzeni lat 2020–2022 wyniósł 34,24%.

2.3. Cement

Kolejnym bardzo ważnym materiałem w budownictwie, który znacznie wpływa na procesy inwestycyjne, jest cement. Wzrost ceny cementu w budownictwie może mieć kilka przyczyn, w tym:

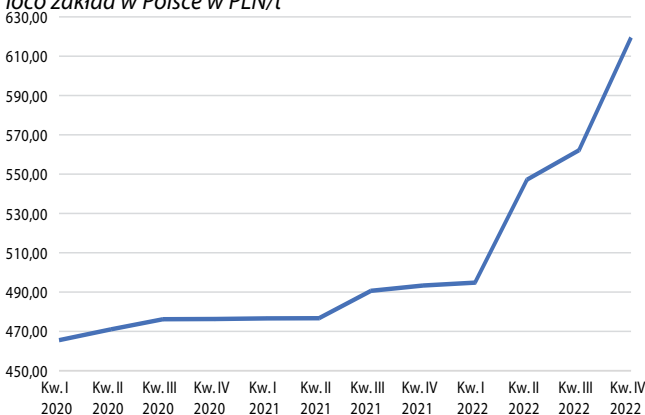
- wzrost popytu – wraz z rosnącą liczbą projektów budowlanych i zwiększającą się aktywnością w sektorze budowlanym, popyt na cement może znacznie wzrosnąć, co prowadzi do zwiększenia jego ceny;
 - wzrost kosztów produkcji – wzrost kosztów pracy, transportu, energii elektrycznej, materiałów, opłat za licencje i podatki może prowadzić do wzrostu kosztów produkcji cementu, co z kolei wpływa na wzrost cen;
 - brak dostępności – jeśli produkcja cementu jest ograniczona z powodu problemów z surowcami, niedoboru energii, ograniczeń transportowych lub z powodu problemów z wydobywaniem i przetwarzaniem surowców, to ceny cementu mogą wzrosnąć;
 - spekulacje rynkowe – czasami producenci mogą wykorzystywać nierównowagę pomiędzy popytem a podażą cementu, aby spekulować i podnieść jego ceny;
 - zwiększone wymagania jakościowe oraz środowiskowe – rosnące wymagania jakościowe mogą prowadzić do wyższych kosztów produkcji cementu, co wpływa na wzrost cen;
 - zmiany regulacyjne – zmiany w przepisach dotyczących wydobycia, produkcji, transportu i dystrybucji cementu mogą prowadzić do wzrostu kosztów i wpłynąć na wzrost cen. Te czynniki mogą działać w różnym stopniu i w różnych kombinacjach, co prowadzi do wzrostu cen cementu w budownictwie.
- Na potrzeby przeprowadzenia analizy zrobiono kalkulację ceny cementu portlandzkiego I 42,5 – luzem. Wszystkie ceny do przeprowadzenia analizy pozyskano z publikatorów

Tabela 2. Średnia cena Cementu CEM I 42,5 luzem w latach 2020–2022, loco zakład w Polsce w PLN/t

SEKOCENBUD IMB											
Cement portlandzki I 42,5 – luzem				Cement portlandzki I 42,5 – luzem				Cement portlandzki I 42,5 – luzem			
2020	Cena średnia	Jednostka	Waluta	2021	Cena średnia	Jednostka	Waluta	2022	Cena średnia	Jednostka	Waluta
Kw. I	465,50	t	zł	Kw. I	476,58	t	zł	Kw. I	494,78	T	zł
Kw. II	471,01	t	zł	Kw. II	476,67	t	zł	Kw. II	547,16	T	zł
Kw. III	476,15	t	zł	Kw. III	490,60	t	zł	Kw. III	562,12	T	zł
Kw. IV	476,26	t	zł	Kw. IV	493,30	t	zł	Kw. IV	619,48	T	zł

Sekocenbud. W I kw. 2020 r. cena cementu portlandzkiego I 42,5 – luzem wynosiła 465,50 zł netto/tonę, każdy kwartał od 2020 r. do końca 2022 r. pokazywał wzrost cen w stosunku do miesiąca poprzedniego. Między I kw. a IV kw. 2020 r. wzrost ceny cementu wynosił 2,31%, a więc w IV kw. 2020 roku cena wynosiła 476,26 zł netto/tonę w kolejnym roku, tj. 2021 r. wzrost roczny ceny cementu wyniósł trochę więcej, a mianowicie 3,51%. Lecz w stosunku do początku roku 2020 wzrost ten wyniósł już prawie 6%. Rok 2022 przynosi ogromny wzrost cen, nie tylko kruszywa czy stali, ale także cementu, a mianowicie między I kw. a II kw. 2022 r. różnica cen wynosiła 52,38 zł, czyli aż 10,58%. Wzrost ten był uzależniony od wybuchu wojny w Ukrainie. W kolejnych kwartałach biuletyn Sekocenbud wskazywał na kolejny wzrost cen cementu, między I kw. 2022r. a IV kw. 2022 wzrost wynosił już 25,20%, co spowodowało zmianę ceny z 494,78 zł netto za tonę, aż na kwotę 619,48 zł netto za tonę. Wzrost jest znaczący, co łatwo zauważyć na wykresie, patrząc na cenę początkową (465,50 zł za tonę) oraz końcową (619,48 zł netto za tonę). W latach 2020–2022 odnotowano wzrost procentowy na poziomie 33,08%. Taka zmiana ceny miała olbrzymi wpływ na zmiany cen w budownictwie, gdyż w prawie każdej inwestycji budowlanej spotykamy stal, kruszywo czy też cement.

Rys. 3. Średnia cena cementu CEM I 42,5 luzem w latach 2020–2022, loco zakład w Polsce w PLN/t

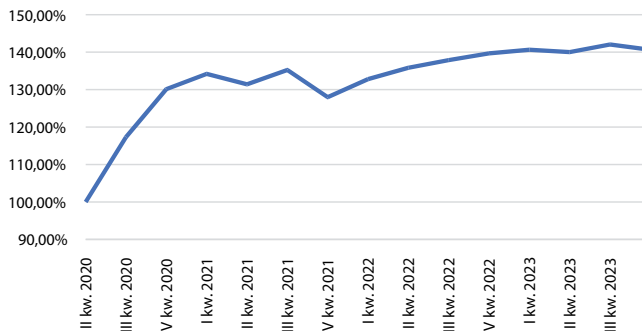


2.4. Transport kolejowy

Wycena transportu kolejowego zawsze jest indywidualna, ceny są umowne – nie taryfowe. Na cenę transportu kolejowego wpływają:

- odległości transportu od miejsca załadunku do punktu wyładunku oraz trasa przewozu, lokalizacja załadunku i wyładunku przewożonego towaru;
- popyt – aktualne zapotrzebowanie na takie usługi;
- forma i termin zapłaty za usługę – im większe zlecenia, tym niższą cenę można wynegocjować.

Dodatkowo cena może wzrosnąć o wartość opłat dodatkowych, m.in. w przypadku przekroczenia czasu wolnego od opłat lokomotyw pozostawionych w dyspozycji.



Rys. 4. Wzrost cen transportu kolejowego bazujący na cenach w tonokilometrach

Stawki są waloryzowane o wskaźniki:

- wskaźnik cen dóbr i usług produkcyjnych PPI,
- wskaźnik cen towarów i usług konsumpcyjnych CPI,
- ceny spot ON,
- koszt dostępu do infrastruktury państwowej sieci linii kolejowych PKP PLK.

Kolej towarowa w Polsce odnotowuje nieustanny wzrost. Przewieziona masa towarów w 2020 roku – 223,2 mln ton, była wyjątkowo niższa niż w 2019 roku – 236,4 mln ton, ale już w 2021 roku koleją przewieziono ponad 7 mln ton więcej niż przed pandemią – 243,6 mln ton, a w 2022 roku – 248,6 mln ton. Wszystko wskazuje na to, że liczba ta będzie stale wzrastać.

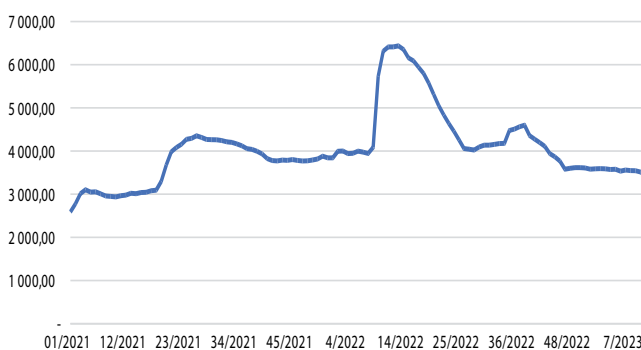
Na polskim rynku transportowym obserwujemy wysoką aktywność prywatnych przedsiębiorstw, co świadczy o jego dużym potencjale. Na koniec 2021 roku przewoźnicy kolejowe w Polsce mogły wykonywać 122 podmioty. Mimo konkurencji PKP CARGO dominuje każdego roku z dużą przewagą.

2.5. Stal zbrojeniowa

Na podstawie Polskiej Unii Dystrybutorów Stali (PUDS) przeanalizowaliśmy cenę stali, która odnotowała spektakularne wzrosty nawet do 150% w latach 2020–2022. W ostatnich latach ceny stali w Polsce znacząco wzrosły, co miało wpływ na ceny w budownictwie, zwłaszcza w sektorze mieszkaniowym. W 2020 roku mimo spadku dynamiki gospodarczej wywołanej pandemią COVID-19 możemy zauważyć trend wzrostowy o 6% między kw. II 2020 a kw. IV 2020. W roku 2021 mogliśmy zauważyć ponadprzeciętne wzrosty, które są spowodowane między innymi ożywieniem gospodarki po okresie pandemicznym. Na skutek zniesienia obostrzeń popyt na materiały budowlane wzrósł, ustalając cenę stali w III kwartale 2021 o 90% większą niż w IV kwartale 2020 r. Kolejnym czynnikiem wpływającym na wzrost cen stali w Polsce było ograniczenie w produkcji i transportowaniu spowodowane pandemią COVID-19. Wiele hut i fabryk produkcyjnych musiało ograniczyć swoją produkcję, co wpłynęło na zmniejszenie podaży stali. Ponadto spowolnienie transportu międzynarodowego wpłynęło na utrudnienia w imporcie stali z zagranicy.

Po 10% spadku ceny między kw. III – IV 2021 r., zauważamy spektakularny wzrost, ustalając cenę stali w II kw. 2022 r. o około 150% wyższą niż w I kw. 2020 r. Powodem wzrostu cen stali jest między innymi inwazja Rosji na Ukrainę, która niesie za sobą negatywne skutki humanitarne oraz gospodarcze. W IV kw. 2022 r. zauważamy trend spadkowy wynoszący około 30% w porównaniu do II kw. 2022 r., lecz nie możemy być pewni, że trend spadkowy utrzyma się w kolejnych latach. Prognozy dla następnych lat są niemal niemożliwe do przewidzenia z powodu wahań gospodarczych, których byliśmy świadkami w latach 2020–2022. W przypadku budownictwa mieszkaniowego wzrost cen stali przyczynił się do zwiększenia kosztów budowy mieszkań i domów. Wiele projektów budowlanych musiało zmierzyć się z wyższymi kosztami materiałów, w tym stali, co skutkowało podwyższeniem cen mieszkań. Z kolei deweloperzy, którzy mieli już podpisane umowy z dostawcami stali, zmuszeni byli do ponoszenia dodatkowych kosztów, co negatywnie wpłynęło na ich zyski.

W budownictwie drogowym wzrost cen stali spowodował opóźnienia w budowie i modernizacji dróg. Wiele projektów musiało zostać wstrzymanych lub opóźnionych z powodu trudności w pozyskaniu wystarczającej ilości stali w przystępnych cenach. Ponadto wysokie ceny stali skłoniły rządy i inne instytucje do przemyślenia swoich strategii inwestycyjnych i poszukiwania alternatywnych materiałów budowlanych. Wysokie ceny stali miały również negatywny wpływ na sektor przemysłowy. Wiele firm z branży budowlanej i metalowej zmuszonych było do podniesienia swoich cen, co skutkowało spadkiem popytu na ich produkty. W efekcie wiele firm musiało zmniejszyć swoją produkcję lub zamknąć swoje fabryki, co miało poważne skutki dla zatrudnienia. Wnioski z tego doświadczenia są jasne. Wysokie ceny stali powodują opóźnienia i kosztowne problemy w budownictwie i innych sektorach przemysłowych. W związku z tym należy szukać alternatywnych materiałów budowlanych i działać w celu zmniejszenia zależności od stali. Przemysł budowlany musi również działać w sposób bardziej efektywny, aby zmniejszyć koszty produkcji i zminimalizować wpływ wysokich cen materiałów na ceny końcowe produktów.



Rys. 5. Średnia cena stali zbrojeniowej w okresie 01.21–05.23 w Polsce w PLN/t

3. Podsumowanie

Dotychczasowe metody planowania i realizacji kontraktów budowlanych stają się nieskuteczne, a przerzucanie całkowitego ryzyka na wykonawcę może prowadzić do upadłości firm lub skutkować wieloletnimi procesami sądowymi. Jednym z rozwiązań jest wprowadzenie coraz popularniejszej waloryzacji umów, lecz i ona zazwyczaj jest niewystarczająca. Chociaż branża budowlana w Polsce zmaga się z nadzwyczajnymi wyzwaniem, które są spowodowane między innymi pandemią COVID-19 oraz wojną w Ukrainie, istnieją perspektywy i szanse na przyszłość. Popyt na nowe mieszkania i rozbudowę infrastruktury mieszkaniowej wciąż jest wysoki, co tworzy możliwości dla firm budowlanych. Ponadto rozbudowa elektrowni konwencjonalnych oraz inwestycje w odnawialne źródła energii, stanowi kolejną perspektywę dla branży budowlanej w Polsce. Planowana budowa pierwszej elektrowni jądrowej otwiera nowe możliwości dla firm budowlanych w zakresie infrastruktury, instalacji i linii przesyłowych. Ponadto rosnąca świadomość ekologiczna i dążenie do zrównoważonego rozwoju wpływają pozytywnie na branżę budowlaną. Firmy budowlane, które są w stanie dostosować się do wymogów dotyczących efektywności energetycznej, wykorzystania materiałów ekologicznych i innowacyjnych rozwiązań technologicznych, mogą znaleźć korzystne perspektywy na rynku. Należy również zauważyć, że Polska otrzymuje wsparcie finansowe z funduszy europejskich na rozwój infrastruktury, w tym również sektora budowlanego. Inwestycje publiczne oraz prywatne inwestycje infrastrukturalne, takie jak drogi, mosty, lotniska czy obiekty sportowe mogą tworzyć nowe możliwości dla firm budowlanych. Jednak aby wykorzystać te perspektywy, branża budowlana musi stawić czoła wyzwaniom, takim jak zwiększenie efektywności kosztowej, zastosowanie nowoczesnych technologii, optymalne zarządzanie projektami oraz zdolność do adaptacji do zmieniającego się otoczenia rynkowego.

Podsumowując, pomimo obecnych trudności branża budowlana w Polsce ma perspektywy na przyszłość. Wzrost zapotrzebowania na mieszkania, rozwój infrastruktury energetycznej, inwestycje publiczne oraz dążenie do zrównoważonego rozwoju stanowią szanse dla firm budowlanych. Jednak sukces wymaga dostosowania się do nowych wymagań, innowacyjności i efektywności w działaniu.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Szacowanie, rozliczanie i waloryzacja wynagrodzenia za roboty budowlane w dynamicznej sytuacji rynkowej, Wydawnictwo Stowarzyszenie Kosztorysantów Budowlanych
- [2] Kajruksztó M., Raport o kosztach w budownictwie 2016–2020 ze szczególnym uwzględnieniem wpływu wybuchu wojny w Ukrainie i skutków pandemii COVID-19
- [3] Polska Unia Dystrybutorów Stali PUDS, <https://puds.pl/>
- [4] Sekocenbud, <https://www.sekocenbud.pl/home/strona-glowna/>

Elementy rachunkowości zarządczej w procesie realizacji kontraktu budowlanego

Elements of management accounting in the process of a construction contract execution

dr hab. inż. Agnieszka Leśniak, prof. PK (ORCID: 0000-0002-4811-5574), mgr inż. Mirosław Kołodziejczuk, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska,

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9362

Streszczenie: Rachunkowość zarządcza dostarcza narzędzi pozwalających osiągnąć sukces finansowy podejmowanej działalności gospodarczej. Praktyką wielu firm budowlanych jest budżetowanie wykonywanych przedsięwzięć. Na podstawie dobrze opracowanego budżetu na każdym etapie realizacji kontraktu budowlanego możliwa jest jego analiza, zarówno pod względem terminu, jak i ponoszonych kosztów, wykonanej produkcji i jej sprzedaży. W artykule wskazano istotę tworzenia budżetu kontraktu budowlanego oraz zwrócono uwagę na funkcję analizy odchyleń kosztów jako metody kontroli jego wykonania.

Słowa kluczowe: budżet, kontrakt budowlany, analiza odchyleń kosztów.

Abstract: Management accounting provides the tools to achieve financial success of the business undertaken. The practice of many construction companies is to budget the projects performed. On the basis of a well-developed budget at each stage of the implementation of a construction contract, it is possible to analyze it, both in terms of timing and costs incurred, production performed and its sales. The article points out the essence of creating a budget for a construction contract and draws attention to the function of cost variance analysis as a method of controlling its execution.

Keywords: budget, construction contract, cost variance analysis.

1. Wprowadzenie

Podejmując aktywność gospodarczą, każde przedsiębiorstwo szuka możliwości i narzędzi umożliwiających osiągnąć nie tylko sukces finansowy, ale także pozwala na określenie odpowiedniej strategii rozwoju we współczesnej gospodarce rynkowej. Wiele z nich wprowadza w tym celu rachunkowość zarządczą. Ma to swoje odzwierciedlenie również w budownictwie, gdyż praktyką bardzo wielu firm działających w sektorze budowlanym stało się budżetowanie wykonywanych przedsięwzięć. Dokument, jakim jest budżet realizacji budowy, to nie tylko zestawienie przychodów i kosztów, ale przede wszystkim jest to „liczbowa mapa”, która odpowiednio wspomagana przez controlling jest gwarantem pomyślnego zrealizowania inwestycji.

Jeden z najpowszechniej stosowanych modeli zarządzania przedsiębiorstwem został opracowany w oparciu o procesy budżetowania. To właśnie dzięki dobrze opracowanemu budżetowi na każdym etapie realizacji kontraktu budowlanego możliwa jest skrupulatna kontrola i ocena zarówno przebiegu poszczególnych procesów, jak i realizacji planów i założonego budżetu – zarówno pod względem terminu, jak i ponoszonych kosztów, wykonanej produkcji i jej sprzedaży. Dokument ten pozwala również na ocenę pracy zespołu realizującego kontrakt, tym samym weryfikację odpowiedzialności i kompetencji w organach zarządczych i nadzorczych.

Celem artykułu jest wskazanie istoty tworzenia budżetu kontraktu budowlanego oraz podkreślenie funkcji analizy odchyleń kosztów jako metody kontroli jego wykonania.

2. Controlling jako narzędzie wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem

Celem działalności każdego przedsiębiorstwa jest wzrost jego wartości, który dokonuje się poprzez maksymalizację zysków oraz ekspansję na rynku, na którym działa. Jego osiągnięcie wspomaga narzędzie, jakim jest controlling. Rozwój przedsiębiorstwa, zwiększenie jego portfela zamówień oraz coraz większy udział w rynku, obarczone są szeregiem ryzyk, jakie niesie za sobą działalność gospodarcza pozbawiona mechanizmów kontrolnych, a w związku z tym niemożność odpowiedniej reakcji w odpowiedniej chwili na pojawiające się zagrożenia.

W bardzo ogólnym znaczeniu controlling to sposób myślenia i idąc w ślad za nim działania, porównanie stanu pożądanego z istniejącym, „narzędzie wczesnego ostrzegania”. W zależności od obszaru i pola działania controlling różnie jest definiowany w literaturze. Najszerza z definicji mówi, iż controlling to zintegrowany podsystem kierowania, planowania, kontroli i informacji, wspierający adaptację i koordynację całego systemu zarządzania [14]. Definiując precyzyjniej, można przyjąć, że jest to proces nawigacji

i sterowania gospodarczego za pomocą planu, wyznaczającego miejsce przeznaczenia przedsiębiorstwa oraz wynik jego działania [9], by w końcu dotrzeć do najbardziej szczegółowego wyjaśnienia zakładającego, że controlling to nic innego jak zbiór wzajemnie zależnych zasad, metod, technik oraz przedsięwzięć służących wewnętrznemu systemowi sterowania i kontroli, zorientowany na osiągnięcie założonego wyniku [10]. Przesłanki implementacji controllingu w przedsiębiorstwie przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Przesłanki implementacji controllingu [14]

W systemie controllingu wyróżnić możemy dwa podsystemy [11]:

- controlling strategiczny, w którym zapadają najważniejsze decyzje w przedsiębiorstwie, określa on pole działania przedsiębiorstwa oraz sposoby osiągnięcia celu, jakie ono definiuje, a wszelkie jego analizy noszą znamiona prognoz długookresowych;
 - controlling operacyjny, który kreuje decyzje krótkookresowe, dotyczące bieżącej działalności przedsiębiorstwa.
- Aby narzędzia controllingu skutecznie funkcjonowały, muszą być spełnione pewne uniwersalne zasady, wśród których wyróżniamy [16]:
- zabezpieczenie efektywnego i skutecznego systemu informacyjnego,
 - zabezpieczenie efektywnego i skutecznego systemu organizacyjnego,
 - zabezpieczenie efektywnego i skutecznego systemu zarządzania.

W odniesieniu do finansowego aspektu działania systemu controllingu, poza powyższymi zasadami, należy jeszcze zwrócić uwagę na zasady związane z prawidłowo prowadzoną rachunkowością. Przykładowymi zasadami stosowanymi w rachunkowości są [10]: kontynuacja, ciągłość, istotność, zasada memoriałowa, ostrożność, periodyzacja itp.

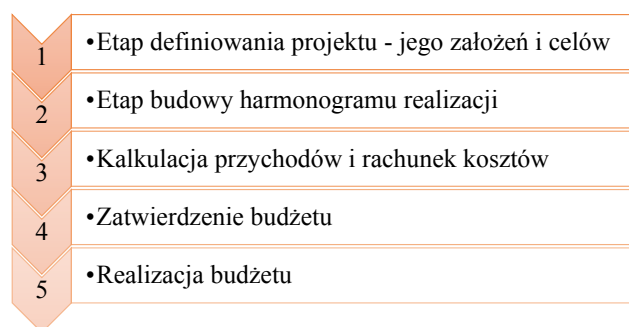
System sterowania przedsiębiorstwem zorientowanym na wynik tzw. controlling obejmuje trzy podstawowe obszary zadaniowe [14]: planowanie (ustalenie celów); kontrola (porównanie stanu pożądanego

z istniejącym); kierowanie (działania korygujące).

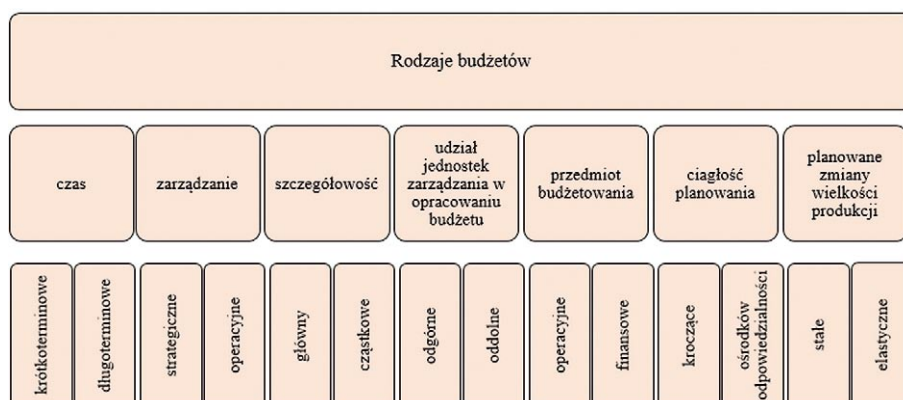
We wszystkie trzy wymienione obszary wpisują się pojęcia: budżetu – jako dokumentu kontraktowego podlegającego okresowej weryfikacji i kontroli, oraz samego procesu budżetowania – jako ścieżki postępowania, której celem jest prawidłowe opracowanie budżetu realizacyjnego kontraktu.

3. Budżetowanie – cel, istota, metody

System controllingu w przedsiębiorstwie będzie skuteczny tylko wówczas, gdy będzie wdrożony w odpowiednio zorganizowanym środowisku. Sumą trzech wskazanych w poprzednim rozdziale zadań controllingu jest budżet i to on tworzy odpowiednie środowisko. Budżet to plan działania przybierający formę ilościową, wartościową oraz czasową. Wynika z niej, iż jest to „ubrana w liczby” propozycja wykonania zadania, określająca zasoby, jakimi dysponuje wykonawca, ich wartość oraz czas, w którym to zadanie powinno być wykonane [7]. Podana definicja zawiera trzy kluczowe słowa będące istotą budżetu: przychód, koszt i czas. Z kolei sam proces budżetowania to zespół czynności, które prowadzą do sporządzenia budżetu oraz metoda zarządzania, za pomocą której określa się zasady planowania i wykorzystania zasobów finansowych dla efektywnego wykonania zadań produkcyjnych [6], składający się z kilku etapów (rys. 2). Klasyfikację budżetów ze względu na różne kryteria przedstawia rysunek 3.



Rys. 2. Etapy planowania budżetu [7]



Rys. 3. Możliwe klasyfikacje budżetów ze względu na wybrane kryteria (opracowanie własne na podstawie [13])

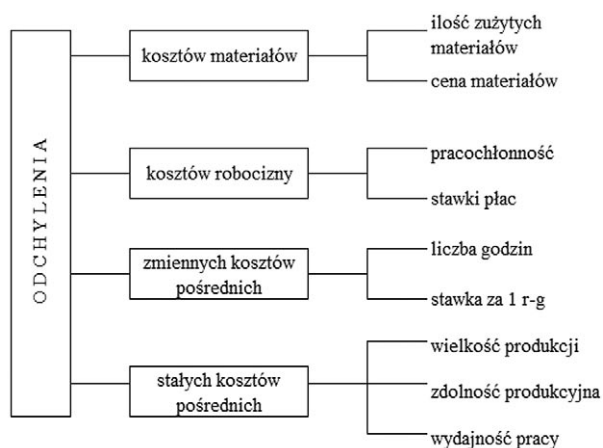
Wprowadzenie procesu budżetowania w przedsiębiorstwie wywołuje, jak podano w [4], szereg pozytywnych zmian, wśród których wymienić można np. powiązanie procesów finansowych i rzeczowych, możliwości koordynacji działań wewnątrz jednostek przedsiębiorstwa, możliwości bieżącej kontroli i sterowania płynnością finansową oraz poziomem rentowności.

4. Budżetowanie kontraktu budowlanego – analiza odchyleń

Budżetowanie w przedsiębiorstwie jest procesem, który spełni swoje zadania tylko wówczas, gdy sam budżet będzie podlegał kontroli jego wykonania. Kontrola ta jest bowiem determinantą skuteczności osiągnięcia założonych przez przedsiębiorstwo celów biznesowych. Pojęcie kontroli można rozumieć dwojako. Po pierwsze oznacza ona „panowanie nad budżetem”, po drugie dostarcza informacji, czy wszystko przebiega zgodnie z założonym planem, porządkiem i zasadami, czy też wykonanie budżetu generuje odchylenia [5].

Pojęcie odchylenia budżetowego – czy to po stronie wielkości produkcji, sprzedaży czy też poniesionych kosztów – można zdefiniować jako określoną wielkość pieniężną, niezgodną z wartościami zaplanowanymi w budżecie [2]. Identyfikacja odchyleń oraz ich ocena są podstawą do podjęcia odpowiednich działań naprawczych, które z kolei powinny zapobiec dalszemu wzrostowi odchyleń i niwelować już zaistniałe. Bardzo często analiza odchyleń stanowi także ocenę jednostek lub bezpośrednio menedżerów odpowiedzialnych za realizację budżetu. Zakres analizy odchyleń kosztowych i przyczyny ich powstawania zaprezentowano na rysunku 4.

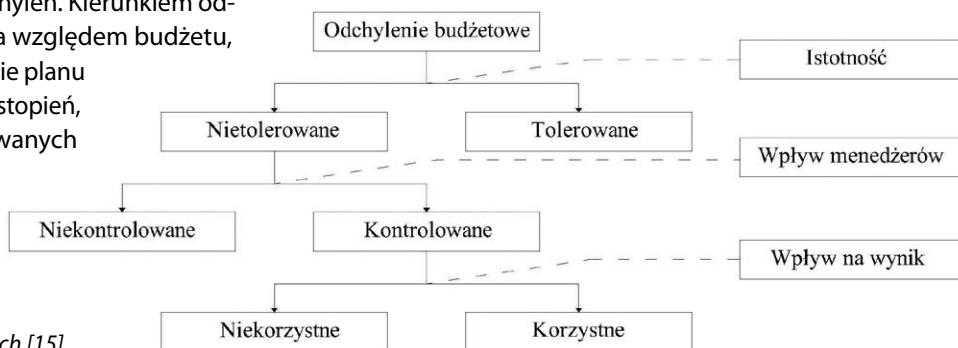
Odchylenia mogą mieć wartości zarówno dodatnie, jak i ujemne. Ani jedno, ani drugie nie są pożądanymi w trakcie realizacji budżetu, a ich występowanie w znacznej skali, świadczy o braku precyzji w trakcie procesu budżetowania i niskiej jakości samego budżetu. Sytuacja idealna, kiedy odchylenia nie występują, rzadko ma miejsce w praktyce, dlatego definiuje się dopuszczalne granice odchyleń (tolerancje) – wyrażone wartościowo lub procentowo w stosunku do kontrolowanej wielkości. Odchylenia zawsze mają wpływ na wynik finansowy, a ich kierunkiem, siłą oraz istotnością zajmuje się rachunek odchyleń. Kierunkiem odchylenia jest wartość wykonania względem budżetu, tj. przekroczenie lub niewykonanie planu finansowego, siłą odchylenia jest stopień, w jakim nie osiągnięto zaplanowanych w budżecie wartości, a istotnością odchylenia jest kwalifikacja jego do dalszej analizy lub



Rys. 4. Zakres analizy odchyleń kosztowych w robotach budowlanych i przyczyny ich powstawania [3]

pominięcie w przypadku uznania za dopuszczalne (do czego przydatne będą określone przed wdrożeniem budżetu do realizacji tolerancje odchyleń od wielkości założonych). Możliwe klasyfikacje odchyleń prezentuje rysunek 5.

O ile identyfikacja odchyleń i ich interpretacja mają istotne znaczenie w budżetowaniu kontraktu budowlanego, o tyle kluczowymi zabiegami w analizie odchyleń jest wprowadzenie działań korygujących już powstałych odchyleń budżetu i zapobiegających rozwojowi powstałych i powstawaniu nowych. Sama skuteczność tych działań zależy od tempa i adekwatności reakcji na odchylenia. Tempo reakcji jest uzależnione od częstotliwości przeprowadzanych kontroli budżetu. Im jest ona wyższa, to proces ujawnienia odchyleń, a w związku z tym czas reakcji na nie jest krótszy. Im częstotliwość kontroli budżetowych jest mniejsza, tym czas potrzebny na wykrycie anomalii i reakcja na nie będą dłuższe. Drugą istotną cechą jest adekwatność reakcji. Działania naprawcze tylko wtedy będą skuteczne, gdy trafią do źródła powstawania odchyleń. Ma to na celu ich redukcję i zapobieganie im w przyszłości. Im analiza przyczynowa jest trafniejsza, tym lepiej identyfikuje problemy i prawdopodobieństwo trafnej odpowiedzi na zaistniałe odchylenia budżetowe staje się większe. Przykładową realizację budżetu inwestycji infrastrukturalnej z wyliczonymi odchyleniami wygenerowanymi na wartościach założonych w budżecie otwarcia przedstawia tabela 1. Wartości mają postać scaloną dla poszczególnych składowych budżetu.



Rys. 5. Drzewo odchyleń budżetowych [15]

Tabela 1. Wartości realizacji przykładowego kontraktu budowlanego

Pozycja budżetowa	Plan (budżet otwarcia) PLN	Wykonanie (budżet zamknięcia) PLN	Odchylenie bezwzględne PLN
Wartości globalne dla całego kontraktu			
Przychody	47 662 115,10	47 876 407,95	-214 292,85
Koszty bezpośrednie	41 549 188,00	40 300 145,26	1 249 042,74
Koszty pośrednie	2 392 986,00	3 200 077,30	-807 091,30
Wynik netto	1 118 944,00	1 972 870,13	-853 926,13

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów udostępnionych przez firmę wykonawczą

Tabela 2. Przykładowe pozycje budżetowe i ich wykonanie

Pozycja budżetowa	j.m.	Plan [Ilość]	Plan – koszt (budżet otwarcia) [PLN]	Wykonanie [Ilość]	Wykonanie – koszt (budżet zamknięcia) [PLN]	Odchylenie bezwzględne [Ilość]	Odchylenie bezwzględne [PLN]
Projekt, wdrożenie i utrzymanie tymczasowej organizacji ruchu	kpl.	1,00	252 548,86	1,00	252 548,86	0,00	0,00
Roboty ziemne wykonywane koparkami przedsiębiorcami z transportem urobku na odległość do 1 km samochodami samowładowczymi	m ³	13 838,00	316 408,85	18 679,70	450 462,78	-4 841,70	-134 053,93
Dostawa i montaż prefabrykowanych ścianek oporowych typu L	m	587,69	199 814,60	532,00	180 880,00	55,69	18 934,60

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów udostępnionych przez firmę wykonawczą

Lista poszczególnych pozycji budżetowych dla wybranej inwestycji infrastrukturalnej pokazana w tabeli 1 wskazuje na istotną poprawę wyniku netto (o 76,3% w stosunku do pierwotnie planowanego) przy nieznacznym wzroście przychodów, ale znacznym spadku kosztów bezpośrednich oraz istotnym wzroście kosztów pośrednich. Ukazany przykładowy kontrakt był realizowany o cztery miesiące dłużej niż przewidywał termin umowy (stąd wzrost kosztów pośrednich), realizacja odbywała się w warunkach pandemii oraz przy znacznych opóźnieniach dostaw materiałów budowlanych wywołanych przerwami łańcucha dostaw. Pomimo niekorzystnych czynników zespół realizacyjny zdołał osiągnąć zadowalające wyniki końcowe.

Wybrane trzy przykładowe pozycje rozliczeniowe z wyliczonymi poziomami odchyleń kosztowych wskazanego powyżej kontraktu oraz ilościowych wykonanych robót przedstawiono w tabeli 2. Dla zobrazowania pojęcia odchylenia oszacowano:

- odchylenie zerowe (roboty wykonywał podwykonawca),
- odchylenie ujemne (zużyto zasoby większe aniżeli planowano, należy zwrócić uwagę na znaczny wzrost ilości wykonanych robót),
- odchylenie dodatnie (zużyto mniejszą aniżeli planowa ilość zasobów).

Interpretacja odchyleń kosztowych nie jest jednoznaczna (najczęściej na te odchylenia zwraca się uwagę przy analizach wykonania budżetu). Ujemna wartość odchylenia nie

zawsze jest zjawiskiem negatywnym. Większe koszty mogą oznaczać większą ilość wykonanych robót niż zakładał plan – zwłaszcza przy rozliczeniu obmiarowym robót (powyższy przypadek). Podobnie dodatnie odchylenie może być efektem mniejszego obmiaru niż pierwotny przedmiar, a nie osiągniętego dodatkowego zysku. W rozważanym przykładzie wskazane dodatnie odchylenie negatywnie wpływa na budżet, gdyż niesie za sobą spadek przychodów i tym samym spadek marży.

Struktura typowego budżetu realizacyjnego kontraktu budowlanego to składowa kilku arkuszy: kosztów bezpośrednich, kosztów pośrednich funkcjonowania samej budowy, harmonogramu finansowego, kalkulacji kosztów finansowych oraz kosztów uwzględniających zarządzanie przedsiębiorstwem (koszty zarządu, koszty ogólne budowy, koszty komórki organizacyjnej – np. zespołu budów itp.). Budżet ten bardzo często powstaje w oparciu o ofertę przetargową i sporządzany jest przez dział ofertowania. Coraz rzadziej jest to budżet rozpoczęcia kontraktu, czy też budżet otwarcia. Wiele zarządów firm wymaga od zespołu realizacyjnego sporządzenia własnego budżetu uwzględniającego wszystkie czynniki, które mogły ulec zmianom od chwili pozyskania zamówienia oraz uwzględnienia ewentualnych dodatkowych ryzyk, jakie mogły w tym czasie się pojawić. Bardzo często budżet ofertowy znacząco różni się od budżetu rozpoczęcia kontraktu w kwestii zarówno struktury, jak i wielkości planowanych do poniesienia kosztów.

Tabela 3. Wartości budżetu w zależności od jego rodzaju dla przykładowej inwestycji

Budżet ofertowy* [PLN]	Budżet realizacyjny** [PLN]	Budżet otwarcia*** [PLN]	Budżet zamknięcia [PLN]
47 682 300,16	48 079 031,78	47 662 115,10	876 407,95

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów udostępnionych przez firmę wykonawczą

*Oferta wykonawcy przedłożona zamawiającemu w przetargu.

**Budżet realizacyjny oznacza wartość kontraktu po rewizji założeń budżetowych przyjętych w budżecie otwarcia. Rewizję sporządzono po szóstym z czternastu miesięcy przeznaczonych na realizację robót.

***Różnica pomiędzy budżetem ofertowym a budżetem otwarcia wynika z omyłek rachunkowych wykonawcy w ofercie, skorygowanych przez zamawiającego.

Przykład wartości budżetu w zależności od jego rodzaju i momentu sporządzenia dla wybranej budowy obejmującej realizację inwestycji publicznej infrastrukturalnej przedstawiono w tabeli 3.

Każdy powstały przed podjęciem prac realizacyjnych budowy budżet powinien podlegać cyklicznym aktualizacjom. Cykliczność rewidowania założeń budżetowych zależy od modelu zarządzania przedsiębiorstwem oraz wielkości realizowanej budowy. Powszechną praktyką jest sporządzanie rewizji budżetowych dwa razy w roku – przy dużych inwestycjach oraz, co kwartał, przy mniejszych wartościowo kontraktach. Każda kolejna rewizja budżetu porównywana jest z poprzednią, a wygenerowane odchylenia produkcyjne, kosztowe, ilościowe i sprzedaży są przedmiotem analiz. W praktyce przez dział controllingu sporządzane są również miesięczne raporty wykonania budżetu, co do których wyjaśnień udziela menadżer odpowiedzialny za realizację kontraktu.

Ostatecznym działaniem kontrolno-sprawozdawczym jest sporządzenie budżetu zamknięcia budowy. Poza finansowym znaczeniem tego dokumentu generuje on szereg informacji przydatnych dalszym działaniom przedsiębiorstwa, np. określa się wskaźniki kosztów pośrednich w odniesieniu do wartości przychodu danej budowy, udział poszczególnych wartości RMS (R – koszty robocizny, M – koszty zużycia materiałów, S – koszty pracy sprzętu), wartość scaloną jednostkową danego zakresu robót służącą budowie kolejnych ofert na wykonanie robót.

5. Podsumowanie

Proces planowania przychodów i wydatków jest jednym ze sposobów zarządzania działalnością gospodarczą. Istnieje na rynku szereg narzędzi wspomagających samo budżetowanie oraz analizę wykonania budżetu np. systemy informatyczne (infrastruktura ERP – Enterprise Resource Planning, tzw. planowanie zasobów przedsiębiorstwa), zestawy wskaźników i mierników, jakie dostarcza rachunkowość, narzędzia analizy odchyleń wykonania zaplanowanych zadań itp. Bieżące monitorowanie działań związanych z realizacją budowy i zarządzanie poprzez budżet jest korzystne dla przedsiębiorstwa branży budowlanej. Dobrze skonstruowany dokument budżetowy pozwala odpowiednio wcześniej zredukować zagrożenia oraz wdrożyć z należytym wyprzedzeniem działania

naprawcze. Wynik finansowy nie może być jednak celem samym w sobie. Owszem, działalność przedsiębiorstw budowlanych (i nie tylko tych) skłania się ku ekonomicznej poprawie ich funkcjonowania, wzrostu wartości, ekspansji, ale nie może to jednak przesłaniać innych aspektów, np. społecznych czy ekologicznych. Dobrze skonstruowany budżet powinien uwzględniać społeczną odpowiedzialność prowadzonego biznesu, a więc powinien uwzględniać zarówno interes przedsiębiorstwa, jak również dobro społeczne oraz ochronę środowiska naturalnego. Obszary społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstwa powinny obejmować wszystkie te czynniki, które wpisują się w pojęcie zrównoważonego rozwoju [1, 12].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bajorek G., Kiernia-Hnat M., Skrzypczak I., Aspekty środowiskowe w technologii produkcji kruszyw budowlanych, *Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych* 5/2012, str. 7–19
- [2] Czakon W., Planowanie i kontrola budżetowa w organizacjach, Wydawnictwo Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Warszawa, 2011
- [3] Czabakowska K., Budżetowanie w controllingu, Wydawnictwo Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk, 2004
- [4] Janik W., Paździor M., Rachunkowość zarządcza i controlling, Wydawnictwa Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2012
- [5] Kieżun W., Sprawne zarządzanie organizacją, Wydawnictwa Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa, 1997
- [6] Komorowski J., Budżetowanie jako metoda zarządzania przedsiębiorstwem, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997
- [7] Kemp S., Dunbar E., Budgeting for managers, Wydawnictwo McGraw-Hill, Londyn, 1996
- [8] Kotapski R., Budżetowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem budowlano-montażowym, Wydawnictwo Marina, Wrocław, 2014
- [9] Krupski R., Zarządzanie strategiczne. Koncepcje-metody, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław, 2003
- [10] Marciniak S., Controlling. Teoria, zastosowania, Centrum Doradztwa i Informacji Difin Sp. z o.o., Warszawa, 2008
- [11] Nesterak J., Controlling. Systemy oceny centrów odpowiedzialności, ANVIX, Kraków, 2003
- [12] Skrzypczak I., Kokoszka W., Buda-Ożóg L., Kogut J., Słowik M., Environmental aspects and renewable energy sources in the production of construction aggregate, *E3S Web of Conferences* 22, 2017, str. 00160, ASEE17, DOI: 10.1051/e3sconf/2017220016
- [13] Surmacz O. A., Brojak-Trzaskowska A., Porada-Rochoń M., Lubomska-Kalisz J., Budżetowanie i controlling w przedsiębiorstwie, Wydawnictwo CEDEWU, Warszawa, 2022
- [14] Volmuth H. J., Controlling. Planowanie, kontrola, kierowanie, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 1993
- [15] Wermut J., Rachunkowość zarządcza. Rachunek kosztów i wyników w podejmowaniu decyzji, Wydawnictwo ODDK, Gdańsk, 1994
- [16] Krupa T. (red), Wybrane zagadnienia w zarządzaniu przedsiębiorstwem, Wydawnictwo IOSP PW, Warszawa 1999

Zarządzanie zasobami w realizacji przedsięwzięć budowlanych typu „kompleks operacji”

Resource management in the implementation of „complex of operations” construction projects

mgr inż. Weronika Piotrowska (ORCID: 0009-0008-3282-3438), dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. uczelni (ORCID: 0000-0002-9455-5298), opiekun naukowy, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9363

Streszczenie: Przedmiotem artykułu są zagadnienia związane z zarządzaniem zasobami w przedsięwzięciach budowlanych typu „kompleks operacji”. Zawarto w nim systematykę procesu zarządzania zasobami o różnych strukturach, metodykę postępowania organizacyjnego w planowaniu pracy i kierowaniu realizacją prac przez zasoby czynne. Zasoby te są przedmiotem szczególnego zainteresowania planistów i wykonawców robót budowlanych, decydują o efektywności prowadzenia budów, są ograniczeniem potencjału przedsiębiorstwa budowlanego. W pracy przedstawiono również proces gospodarowania zasobami biernymi (materiałowymi).

Słowa kluczowe: zarządzanie zasobami, przedsięwzięcia typu „kompleks operacji”, metodyka planowania pracy zasobów.

Abstract: The topic of this article is resource management in „complex of operations” construction projects. It contains the systematics of the process of managing resources with different structures, the methodology of organizational procedures in planning work and managing the implementation of work by active resources. These resources are of particular interest to planners and contractors of construction works, they determine the effectiveness of construction, they limit the potential of a construction company. The process of passive resources management (material resources).

Keywords: resource management, construction projects of the „complex of operations”, resource planning methodology.

1. Wprowadzenie

W czasie realizacji przedsięwzięcia zarządzanie zasobami może mieć wymiar operacyjny, polegający na kierowaniu odpowiednich zespołów roboczych (pracowników i maszyn) do wykonania robót na kolejnych frontach roboczych i planistyczny związany z alokacją ograniczonych zasobów na fronty robót w skali czasu. W strukturach złożonych, jakimi są przedsięwzięcia typu „kompleks operacji” proces zarządzania zasobami ma wiele wymiarów problemowych. Należą do nich: dostępność środków pracy, równomierne rozdysponowanie posiadanej siły roboczej jednocześnie na kilku frontach roboczych, współpraca zasobów oraz dostępność frontów roboczych. W artykule zostanie przedstawiona metodyka zarządzania zasobami w przedsięwzięciach „kompleks operacji” z uwzględnieniem istotnych ograniczeń w procesie planowania.

2. Modele organizacyjne pracy zasobów i planowanie przedsięwzięć typu „kompleks operacji”

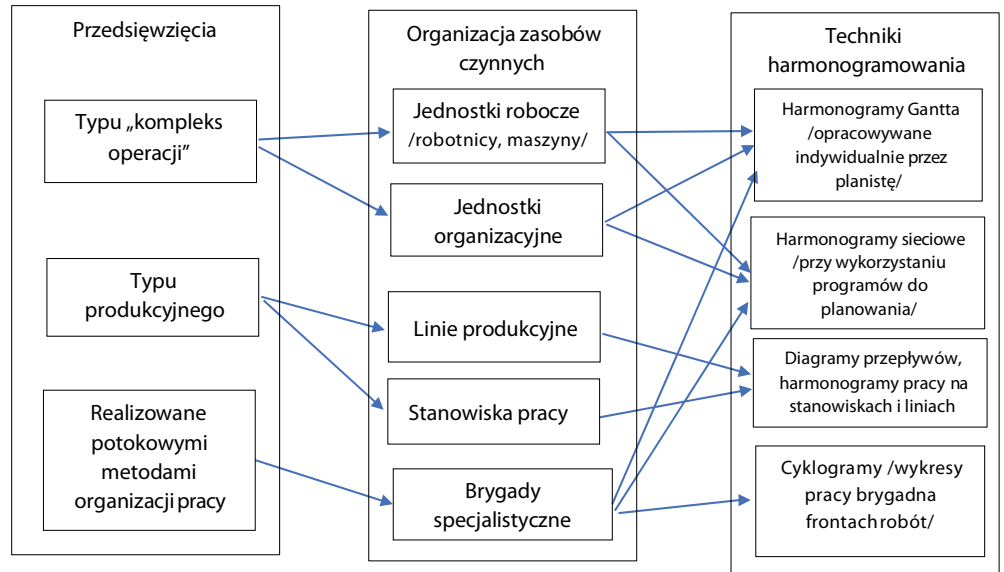
W planowaniu robót budowlanych stosowane są różne koncepcje organizacyjne pracy zasobów. Występują też różne

struktury planistyczne. Prowadzi to do stosowania w planowaniu odmiennych modeli organizacyjnych. Wyróżnia się w nich: przedsięwzięcia typu „kompleks operacji”, przedsięwzięcia realizowane metodą potokowej organizacji pracy oraz produkcyjne (rys. 1). Każde z nich charakteryzuje się odmiennym przydziałem zasobów czynnych oraz możliwością wyboru techniki harmonogramowania [2, 3].

Technologia w przedsięwzięciach typu „kompleks operacji” modelowana jest grafem zorientowanym, niecyklicznym, zazwyczaj o układzie krawędziowym. Graf ten określa kolejność realizacji określonych zadań, która wynika z technologicznego porządku robót i ograniczeń frontu robót, lecz nie uwzględnia kolejności wynikającej z ograniczonego dostępu do zasobów. Jej ustalenie odbywa się w procesie optymalizacji harmonogramu, a dokładniej – w rozwiązaniu problemu szeregowania zadań [4].

Zasobami w planowaniu mogą być określone jednostki robocze i organizacyjne, czy też całe przedsiębiorstwa. W planowaniu przedzielamy te zasoby tak, aby efektywnie wykonać zadania i aby można było zarządzać zasobami i procesem budowlanym. Realizuje się to za pomocą programów do planowania i kontroli realizacji przedsięwzięć budowlanych. Wykorzystanie narzędzi informatycznych pozwala na tworzenie różnych wariantów dopuszczalnych rozwiązań oraz na dostosowywanie

Rys. 1. Systematyka przedsięwzięć, organizacji zasobów czynnych i technik harmonogramowania (opracowanie własne)



zapotrzebowania zasobów do zdefiniowanych ograniczeń (rys. 2).

Zastosowanie techniki planistycznej w problemach planowania działalności jednostki organizacyjnej możliwe jest wówczas, gdy istnieje możliwość zdefiniowania dostępności zadań i dostępności środków pracy, a także charakterystyk pozwalających wartościować otrzymane rozwiązania. Związane jest ono z osiąganiem efektywności działalności jednostki organizacyjnej w realizacji przedsięwzięć budowlanych o różnych strukturach organizacyjnych.

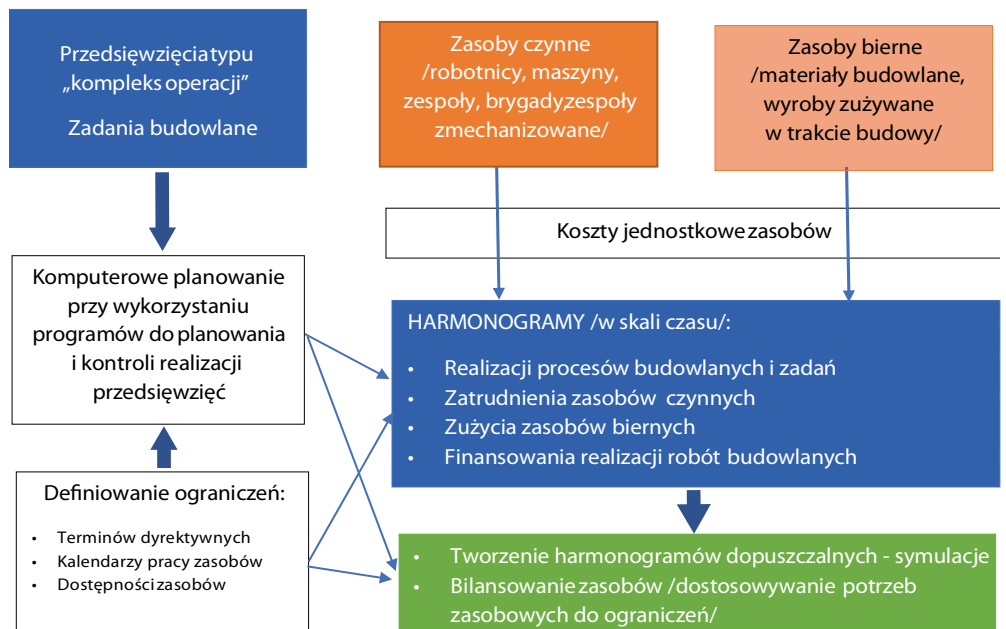
3. Istota zarządzania rozdziałem zasobów w metodzie „kompleks operacji”

Zarządzanie zasobami w realizacji przedsięwzięć budowlanych jest podporządkowane różnym ograniczeniom i sytuacji, w której odbywa się działalność budowlana. W tym zakresie można wyszczególnić:

- formy działalności (przedsięwzięcie/budowa, produkcja budowlana przedsiębiorstwa),
- szczebel zarządzania (zarządzanie środkami produkcji budowlanej, zarządzanie jednostkami organizacyjnymi zasobów),
- formy zarządzania (planowanie działań, wykonawstwo robót budowlanych)
- rodzaje zasobów (czynne, bierne).

Sposób zarządzania zasobami różni się w zależności od ich struktury i rodzaju. Na wysokich szczeblach zarządzania steruje się jednostkami organizacyjnymi, kierując je do wykonania określonych najczęściej

Rys. 2. Schemat procesu planowania przedsięwzięć typu „kompleks operacji” (opracowanie własne)



specjalistycznych procesów budowlanych na frontach robót. W kierowaniu robotami budowlanymi na budowie zarządza się środkami produkcji, które dzielą się na czynne i bierne. Mianem zasobów czynnych (inaczej: odnawialnych, niezubywalnych, niekonsumowanych, typu praca) określa się takie środki, które zdolne są działać w określony sposób, wykonywać pracę. Taką grupę stanowią przede wszystkim ludzie, brygady, różnego rodzaju organizacje o różnych możliwościach wykonywania pracy. Zasoby bierne (nieodnawialne, zużywalne, konsumowane, typu materiał) natomiast w procesie wykonywania zadań ulegają wyczerpaniu. Są to materiały, wyroby budowlane i konstrukcje [3, 4]. Ciągłość działalności jednostki organizacyjnej stanowi istotne ograniczenie związane z zarządzaniem zasobami. Konieczne jest, w tym kontekście, wnikliwe analizowanie problemu podziału zadań i przypisania zasobów w zmiennej sytuacji, z uwzględnieniem dostępności zasobów.

W planowaniu, zgodnie z prawem harmonii sformułowanym przez Karola Adameckiego w [1], dąży się do minimalizacji „kosztów strat” z tytułu przerw w pracy zasobów. Niewykorzystanie dostępnego zasobu do realizacji zamierzenia będzie skutkowało kosztami strat za przestój w wykonywaniu pracy. Wysokość kosztów jest uzależniona od rodzaju zasobu oraz czasu, przez jaki dany zasób nie jest wykorzystywany do świadczenia pracy (pozostaje w stanie bezczynności).

W metodzie harmonogramowania pracy zasobów dąży się do eliminacji zbędnych przerw w ich pracy. W realizacji przedsięwzięcia najczęściej pracuje kilka niezależnych jednostek. Jednostki te pracują zazwyczaj w kilku zamierzeniach budowlanych. Analiza harmonizacji powinna zatem obejmować przedsięwzięcia w celu określenia sprawności jego wykonania oraz jednostki organizacyjne ze względu na efektywność ich działalności. Warto wspomnieć, że wymienione cele nie są zbieżne, zatem sprawne wykonanie przedsięwzięć może wykluczyć efektywność wykorzystania potencjału jednostek organizacyjnych w działalności na wielu frontach (budowach).

Zagadnienie harmonizacji zadań jest skomplikowanym procesem, zaliczanym do klasy tzw. problemów NP-zupełnych. Programy komputerowe do planowania i kontroli realizacji przedsięwzięć nie zostały opracowane na potrzeby harmonizacji pracy zasobów. Należałoby przeprowadzić szereg zmian, zmodyfikować strukturę danych, modeli i formy prezentowania wyników. Oprogramowania pomagają jednak śledzić zajętość środków pracy oraz ich przydziały do zadań [5].

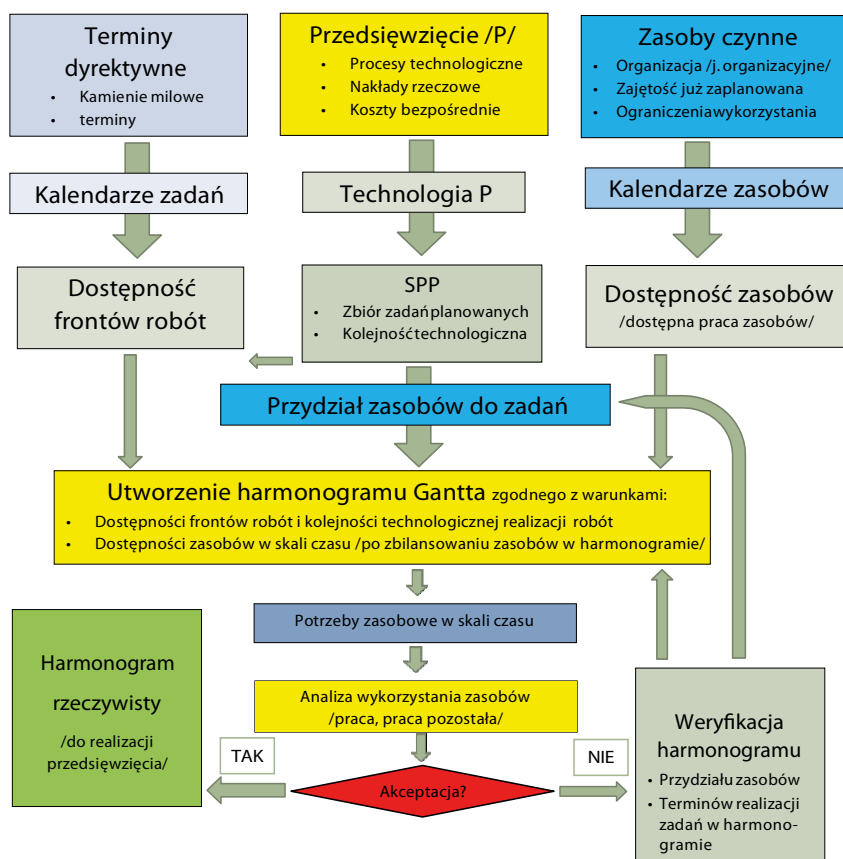
Nie bez znaczenia w zarządzaniu działalnością budowlaną jest też zarządzanie zasobami biernymi. Bez odpowiednich dostaw materiałów i wyrobów budowlanych nie można sobie wyobrazić efektywnej pracy zasobów czynnych. Zadania budowlane generują zapotrzebowanie na materiały przed ich rozpoczęciem lub w czasie ich realizacji (sukcesywnie). Dostarczenie zasobów przed rozpoczęciem ich wykorzystywania jest pod względem zarządczym trywialne. Jednak dostarczenie materiału w czasie jego sukcesywnego zużycia wymaga zsynchronizowania dostaw z tempem zużycia danego zasobu. W budownictwie synchronizację tę uzyskuje się, sporządzając harmonogramy zużycia dostaw i zapasu materiału budowlanego.

Rys. 3. Metodyka planowania wykorzystania zasobów czynnych w planowaniu przedsięwzięć budowlanych (opracowanie własne)

4. Metodyka zarządzania zasobami w przedsięwzięciach typu „kompleks operacji”

Prezentujemy metodykę planowania wykorzystania zasobów w planie realizacji przedsięwzięcia budowlanego w technologii „kompleks operacji” z wykorzystaniem programu komputerowego, jakim powszechnie stosowanym jest MS Project. Aplikacja ta pozwala na prowadzenie analiz potrzeb zasobowych, bilansowanie zasobów, na ustalanie stopnia ich wykorzystania oraz na prowadzenie wielu innych analiz związanych z zasobami i kosztami ich pracy czy zużycia.

Sporządzając plan wykonania przedsięwzięcia, należy na wstępie zgromadzić informacje o planowanym przedsięwzięciu, tj. jego zakresie (czy obejmuje niewielkie przedsięwzięcie, czy produkcję), technologii wykonania, nakłady rzeczowe czy koszty bezpośrednie. Dane te ustalić można na podstawie kosztorysu robót budowlanych. Zarządzający zasobami powinni przed rozpoczęciem inwestycji posiadać również wiedzę na temat dostępności i zajętości zasobów czynnych w skali czasu, organizacji oraz utworzyć kalendarze ich pracy. Ważnym etapem w tworzeniu harmonogramu jest analiza procesów pracy obejmująca: podział przedsięwzięcia na zadania (określenie struktury podziału pracy), który uzależniony jest z kolei od warunków technologicznych, możliwość określenia nakładów pracy na wykonanie zadań wraz z kosztami, możliwość ustalenia systemu pracy zasobów czynnych i potrzeb tworzenia jednostek organizacyjnych zasobów. Przez



cały czas trwania procesu analizowane jest niezbędne zapotrzebowanie zasobowe pozwalające na realizację harmonogramu oraz zachowanie terminów dyrektywnych.

Do wyróżnionych zadań budowlanych i ustalonych wcześniej warunków ograniczających przypisywane są środki pracy. W efekcie powstaje tzw. harmonogram Gantta, przedstawiający rozkład zadań w skali czasu. Plan ten jest weryfikowany przez planistę pod względem potrzeb zasobowych w skali czasu oraz stopnia ich wykorzystania (analiza „użycia zasobów”). Jeśli harmonogram nie zostanie zaakceptowany, należy ponownie rozpatrzyć przydziały zasobów do poszczególnych zadań budowlanych i ustalić terminy ich realizacji.

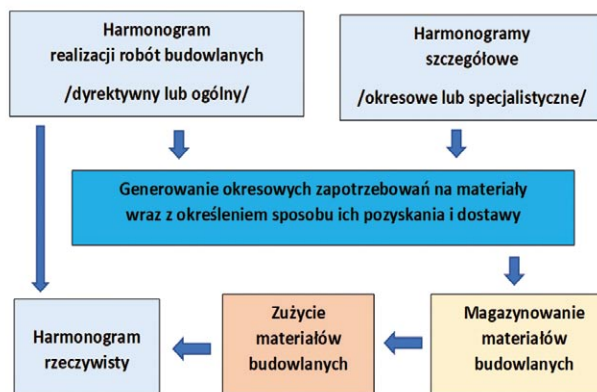
Opisany sposób planowania wykorzystania zasobów czynnych w opracowywaniu harmonogramu realizacji zamierzenia budowlanego można przedstawić schematycznie jak na rysunku 3.

W kontekście zarządzania zasobami biernymi na budowie prowadzi się swoistą gospodarkę materiałową. Jej zdaniem jest ciągłe zaopatrywanie produkcji budowlanej w niezbędną ilość zasobów materialnych. Dany materiał (podstawowy, materiał pomocniczy) musi być dostarczony w określonym czasie oraz mieć akceptowalną jakość. Ważne jest też, aby nie gromadzić nadmiernych ilości zasobów. Zakup materiału „na zapas” stanowi zbędny wydatek i generuje dodatkowe koszty jego magazynowania. Ogólny proces zarządzania zasobami typu materiał (biernymi) przedstawiono na rysunku 4. Podstawą do określenia zapotrzebowania materiałowego jest sporządzenie harmonogramu prac budowlanych. Harmonogramy rzeczywiste, odzwierciedlające realne terminy rozpoczęcia prac oraz ich zaawansowanie, również stanowią podstawę do definiowania potrzeb materiałowych. Ulegają one sukcesywnemu wyczerpaniu podczas realizacji robót budowlanych.

Prowadzenie stosownej gospodarki materiałowej opiera się na: właściwym doborze materiałów, wyprzedzających potrzeby dostawach, identyfikowaniu stanu magazynu (na budowie) oraz ewidencjonowaniu ich rozchodu – wykorzystania. Dąży się przy tym do ograniczenia ilości ich składowania, ze względu na zmniejszenie dodatkowych kosztów zakupu czy zapobieganiu marnotrawstwa.

5. Podsumowanie

Zamierzenia budowlane realizowane jako „kompleks operacji”, ze względu na złożoność, modelowane są z wykorzystaniem aplikacji komputerowych do planowania i kontroli realizacji przedsięwzięć (takimi jak m. in. program MS Project). Możliwe jest dzięki temu opracowanie w skali czasu harmonogramów: zatrudnienia zasobów czynnych, realizacji procesów budowlanych i zadań, zużycia zasobów typu materiał czy finansowania realizacji robót. Zastosowanie narzędzi informatycznych pozwala na tworzenie różnych wariantów dopuszczalnych rozwiązań oraz na dostosowywanie zapotrzebowania zasobów do zdefiniowanych ograniczeń.



Rys. 4. Schemat zarządzania zasobami biernymi w budownictwie (opracowanie własne)

Przedstawiona w artykule metodyka jest autorską propozycją podejścia do problemu zarządzania zasobami czynnymi w planowaniu realizacji przedsięwzięć typu „kompleks operacji”. Może być stosowana niezależnie od stopnia szczegółowości harmonogramu, szczebla zarządzania i formy zorganizowania zasobów (środki pracy, jednostki organizacyjne, firmy podwykonawców).

Niełatwą czynnością jest określenie wykonawcy zadań, bowiem zarówno technologia wykonania, jak i różnorodne fronty robót pozwalają na zatrudnienie brygad o odmiennym składzie. Wpływa to na czas realizacji określonych zadań, a to w konsekwencji na zajętość zespołu i generowanie zbędnych kosztów. Skład brygady powinien być dobrany tak, aby zachować w miarę możliwości ciągłość zatrudnienia zasobów odnawialnych. Ponadto trzeba brać pod uwagę to, że dążenie do tego celu wiąże się z wielokrotnym doskonaleniem pierwotnego projektu harmonogramu realizacji przedsięwzięcia budowlanego.

Zasoby czynne stanowią o efektywności działań, mają najczęściej strukturę złożoną, wymagają zorganizowania, są różnorodne pod względem specjalizacji w zorganizowanych zespołach. Programowanie ich wykorzystania jest więc jednym z ważniejszych i trudniejszych zadań w zarządzaniu. Warto wspomnieć, iż w każdym przypadku opracowanego scenariusza wykorzystania zasobów w działalności budowlanej potrzebne są inwencja, pomysłowość i wiedza planisty.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Adamiecki K., O nauce organizacji, Warszawa, PWE, Warszawa, 1985
- [2] Jaworski K. M., Metodologia projektowania realizacji budowy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1999
- [3] Kostrubiec A., Harmonogramowanie realizacji projektów – przegląd modeli, [w]: Inżynieria zarządzania przedsięwzięciami, red. Zawadzka L., Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2003
- [4] Marcinkowski R., Harmonogramowanie robót w budownictwie, Część 2. Systematyka procesu, [w]: Builder Polska 3/2016, str. 56–58
- [5] Marcinkowski R., Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżyniersko-budowlanej, WAT, Warszawa, 2002
- [6] Marcinkowski R., Planowanie produkcji budowlanej na podstawie nakładów pracy zasobów czynnych, Budownictwo i Architektura 12(1)2013, Politechnika Lubelska, Lublin 2013, str. 39–46

Inżynieria przedsięwzięć budowlanych na konferencjach krynickich 2022 i 2023: dokąd zmierzamy?

Engineering of construction projects at the Krynica Conferences 2022 and 2023: where are we heading?

prof. dr hab. inż. Oleg Kapliński (ORCID 0000-0003-0780-3968), Politechnika Poznańska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9364

Streszczenie: W artykule dokonano oceny referatów z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych prezentowanych podczas konferencji krynickich. Szczegółowo omówiono referaty nadesłane w ramach części ogólnej konferencji w latach 2022 i 2023. Ocenę dokonano według triady: (a) jaki jest problem naukowy, (b) jaką przyjęto metodę, instrument badawczy, (c) jaki jest problem inżynierski? Zwrócono uwagę na dylematy badań, w tym samonakręcającą się spiralę trudności na ścieżce: zjawisko, metoda, badania, technologia i mechanizacja, mierniki oceny publikacji.

Słowa kluczowe: inżynieria przedsięwzięć budowlanych, problem naukowy, metody badań, aplikacje inżynierskie, dylematy.

Abstract: The article evaluates papers in the area of engineering of construction projects, presented during the Krynica conferences. The papers submitted as part of the general field of the conferences in 2022 and 2023 were discussed in detail. The evaluation was made according to the triad: (a) what is the scientific problem, (b) what method, research instrument was used, (c) what is the engineering problem? Attention was paid to the research dilemmas, including the self-reinforcing spiral of difficulties on the path: phenomenon, method, research, technology and mechanisation, measures of evaluating publications.

Keywords: construction projects engineering, scientific problem, research methods, engineering applications, dilemmas.

1. Wprowadzenie

Konferencje KILiW PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, w tym tradycyjne konferencje krynickie, spełniają dodatkową funkcję, tj. stanowią przegląd najnowszych wydarzeń i postępów w poszczególnych Sekcjach KILiW PAN. Przez kilkadziesiąt lat odbywały się w Krynicy Zdroju. Ubiegłoroczna odbyła się w Krakowie (Politechnika Krakowska), tegoroczna, już 68. – odbywa się w Gliwicach (Politechnika Śląska). Następna odbędzie się dopiero za dwa lata, być może ponownie zawita do Krynicy Zdroju, a organizatorem będzie ponownie Politechnika Śląska.

Inżynieria przedsięwzięć budowlanych (IPB) jest obecnie w politechnikach (po reformach szkolnictwa wyższego) jedną ze specjalności na wydziałach, posiadających dyscyplinę inżynieria lądowa, geodezja i transport. Z naukowego punktu widzenia, i formalnie, IPB jest jedną z jedenastu sekcji Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN.

Przystępując do oceny problematyki inżynierii przedsięwzięć budowlanych należy zwrócić uwagę na jej wielowymiarowość, wynikającą ze specyfiki oraz dynamicznych zmian w otoczeniu IPB, zmian technicznych, konstrukcyjnych, organizacyjnych i legislacyjnych. To konglomerat podmiotów procesu inwestycyjnego. To synchronizacja zasobów w czasie.

Jeśli jeszcze kilka lat temu imperatywami innowacyjności stały się między innymi cykl życia budynku, koszty eksploatacji,

energooszczędne działania, zrównoważony rozwój, to szybko zagadnienia te zostały uzupełnione o zintegrowane projektowanie, zintegrowane zarządzanie, ślad węglowy, elementy sztucznej inteligencji i projektowanie regeneratywne. Troska o zasoby to dziś nie tylko recykling, ale również uzupełnianie. Szerzej na ten temat w specjalnym wydaniu [1].

Problematykę IPB można analizować w dwóch ujęciach. W ujęciu wertykalnym wielowymiarowość problemów inżynierii przedsięwzięć budowlanych można rozpatrywać na trzech poziomach: makro (gospodarka), mezo (przedsiębiorstwo, przedsięwzięcie), mikro (procesy budowlane). W ujęciu horyzontalnym to przede wszystkim czas, harmonogramowanie itp. Łącznikiem ujęcia wertykalnego i horyzontalnego są techniki podejmowania decyzji, planowanie robót, metody badań, bogate instrumentarium realizacji, i oczywiście cel: aplikacja inżynierska.

Ostatnio referaty nie są publikowane w specjalnym zbiorze (jako materiały konferencyjne), dlatego warto przytoczyć, podać charakterystykę referatów, tendencje, zjawiska, metody badawcze oraz aplikacje. Ponadto autor może sam wybrać czasopismo, do którego przygotowuje swój tekst, natomiast komitet naukowy konferencji, oprócz oceny merytorycznej i wskazań wymaganych uzupełnień, może zmienić miejsce opublikowania. Dotyczy to części ogólnej konferencji.

Referaty wpływające do komitetu naukowego są oceniane według triady: (a) jaki jest problem naukowy(teoria), (b) jaką

Rys. 1. Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych w 2022 roku, cz. I

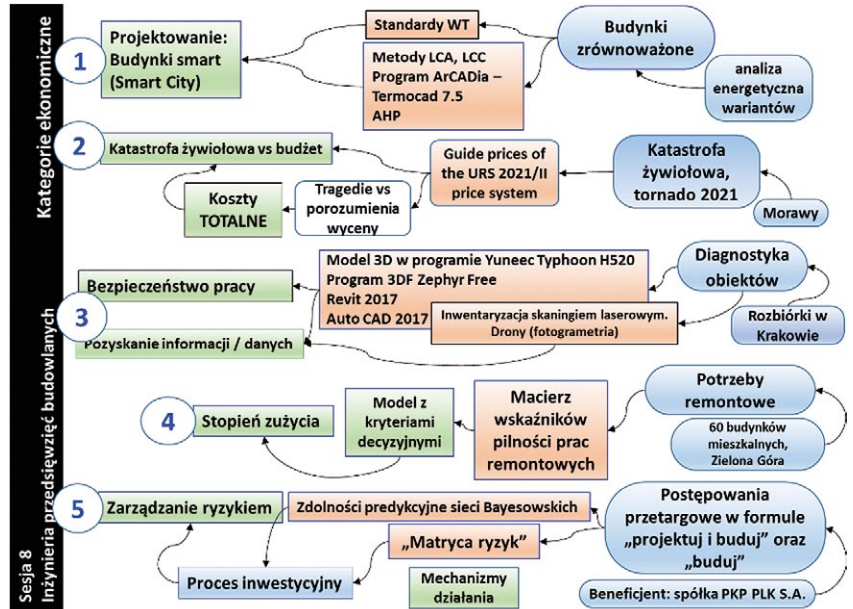
przyjęto metodę, instrument badawczy, (c) jaki jest problem inżynierski? Wzmacnia to krytyczne spojrzenie nie tylko recenzentów, lecz i samych autorów; podnosi dysertabilność (rangę badań/problemu); niekiedy wymusza „uatrakcyjnienie” aplikacyjności. Ma też wzbudzić samokrytycyzm autorów. Taki trójpodział kryteriów oceny wprowadzonych przez autora wyników z potrzeby oddzielenia rzemiosła od nauki – syndromu, który obciążał w przeszłości Sekcję IPB [2].

2. Referaty z 2022 roku

W roku 2022 problematyce IPB poświęcone były dwie sesje, wygłoszono 9 referatów. Ogólną syntezę obu sesji przedstawiono na rysunkach 1 oraz 2. Z lewej strony przedstawiono podstawy teoretyczne, które udało się wysublimować. W środkowej części rysunków przedstawiono metody i problemy badawcze, zaś z prawej strony problemy inżynierskie, aplikacje. Widoczna jest stopniowa zmiana profilu referatów. Jeśli referaty z poprzednich lat (zwłaszcza 2020) charakteryzowały się prezentacją wyników z ekspertyz, to w 2022 roku cechą charakterystyczną było przygotowywanie tekstów pod profil czasopisma.

Atrakcją każdej sesji konferencyjnej są dominanty, jakie są charakterystyczne dla problemów badawczych, co nowego jest w metodach badań. Na przykład przez wiele lat takimi dominantami było zarządzanie ryzykiem oraz harmonogramowanie. Pojawiała się często klasyczna teoria podejmowania decyzji (TPD), w tym wariantowanie, selekcja. Bardzo atrakcyjne pod względem metod i modelowania, były referaty w 2015 roku, operujące metodą Goldratta, stosujące BIPOLAR, DEMATEL, LCCA z NPV, EVM, CBR (metody wnioskowania). Dwa zagadnienia zdominowały referaty w 2022 roku: pozyskanie informacji oraz bezpieczeństwo pracy. Pozyskanie informacji przejawiało się w generowaniu informacji, poziomie nasycenia informacją, interakcji między uczestnikami. Dane do proponowanych modeli pozyskiwano z badań ankietowych, informacji przetargowych, z kontroli PIP, protokołów okresowej

Rys. 2. Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych w 2022 roku, cz. II



kontroli budynków. W ramach problematyki bezpieczeństwo pracy uwagę skupiono m.in. na wzorcach przyczynowo-skutkowych oraz na kontrolach PIP. Przedmiotem w tym zakresie były: katastrofa żywiołowa, diagnostyka obiektów, rozbiórki budynków. Mimo wystąpienia tych dwóch dominant, w referatach przedstawiono różnorodny wachlarz metod badawczych. Jednak widoczny jest brak badań in situ (choćby chronometraż).

3. Referaty w 2023 roku

W bieżącym roku pozyskano 10 referatów, rozdzielonych na dwie sesje. Tytuły referatów, ich autorzy oraz charakterystyczne, syntetyczne informacje według wspomnianej triady (problem naukowy – przyjęta metoda, instrument badawczy – problem inżynierski) przedstawione są w tabelach 1 i 2.

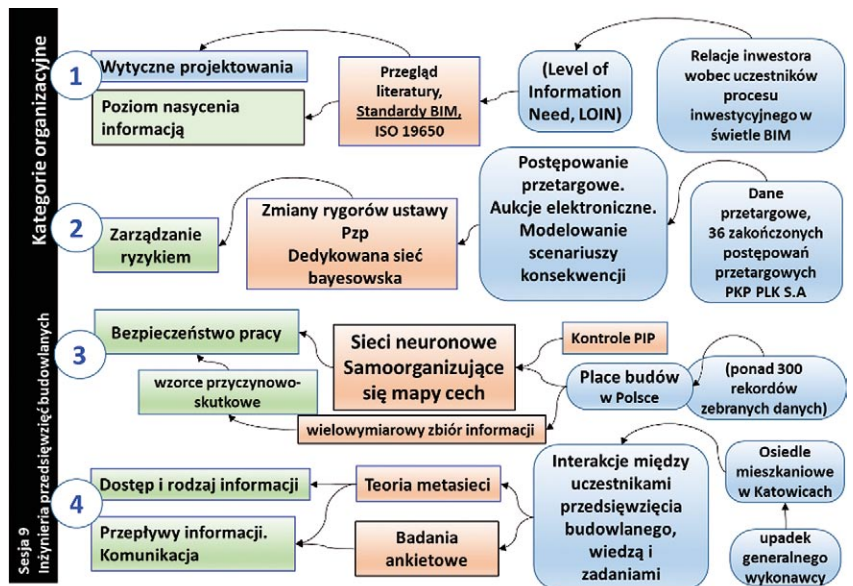


Tabela 1. Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych w 2023 – sesja I

	Autorzy	Afiliacja	Tytuł referatu	Problem naukowy	Metoda/instrument	Problem inżynierski	Uwagi
1	J. Kowalski G. Wrześciński A. Markiewicz	SGGW w Warszawie	Analiza standardów eksploatacji sprzętu budowlanego pod kątem minimalizacji emisji dwutlenku węgla (CO ₂)	Zrównoważony rozwój, emisja dwutlenku węgla	Badania terenowe	Budowa kanału sanitarnego. Wydażność koparek	Emisja z paliwa dieslowskiego. Planowanie robót budowlanych Wykorzystanie zasobów a emisja CO ₂
2	B. Nowogońska W. Podskalna	Uniwersytet Zielonogórski	Metoda zarządzania renowacją budynków zabytkowych oparta na konsekwencjach wcześniejszych zaniechań napraw	Zarządzanie renowacją. Zidentyfikowanie najpilniejszych potrzeb renowacyjnych	Stopień zużycia technicznego. Współczynnik skutków zaniechania prac renowacyjnych	Oficyna pałacowa w Bieczu	Case study
3	A. Leśniak K. Zima I. Skrzypczak M. Mrówczyńska G. Oleniacz	Politechnika Krakowska, Uniwersytet Zielonogórski	Inwentaryzacja obiektu budowlanego z wykorzystaniem technologii Scan-to-BIM	Inwentaryzacja obiektu budowlanego. Automatyzacja pozyskiwania danych	Skaning laserowy, Scan-to-BIM. Oprogramowania ReCap Pro 2019 i Autodesk Revit 2019	Oceny dokładności modelu 3D obiektu sportowego utworzonego na podstawie danych z naziemnego skaningu laserowego	Skanowanie laserowe 3D – metoda pomiaru polegająca na przenoszeniu rzeczywistego kształtu trójwymiarowego obiektu do postaci cyfrowej
4	R. Bucioń A. Czernigowska	Politechnika Lubelska	Zastosowanie modelu optymalizacyjnego do wyboru wariantu remontu na przykładzie wielorodzinnego budynku mieszkalnego	Zagadnienia kolejnościowe napraw. Długoterminowe planowanie. Wiedza ekspercka bazująca na określeniach lingwistycznych	Wielokryterialna ocena stanu budynku: metoda AHP (Analytic Hierarchy Process). Zbiór ograniczeń zapisanych zmiennymi binarnymi	Scenariusze wariantów remontu (wielorodzinnny budynek mieszkalny)	Case study
5	K. Kryzia A. Radziejowska A. Sobotka	AGH w Krakowie	Analiza czynników wpływających na redukcję śladu węglowego w przedsięwzięciach budowlanych	Redukcja śladu węglowego w produkcji budowlanej.	Zastosowanie metody DEMATEL. Analiza przyczynowo – skutkowa	Czynniki warunkujące minimalizację śladu węglowego. Źródła i czynniki emisji gazów cieplarnianych	Case study

Tabela 2. Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych w 2023 – sesja II

	Autorzy	Afiliacja	Tytuł referatu	Problem naukowy	Metoda/instrument	Problem inżynierski	Uwagi
1	G. Śladowski B. Szewczyk B. Sroka K. Barnaś	Politechnika Krakowska	Symulacja realizacji robót budowlanych w oparciu o model Dynamiki Systemów	Dynamiczne i nieliniowe relacje pomiędzy zasobami. Planowanie robót budowlanych	Dynamika Systemów (DS) wg J. Forrester'a	Case study: roboty remontowe na terenie obiektu zabytkowego	Reakcja modelu na wybrane czynniki ryzyka. Ekspozycja na ryzyko i czas
2	W. Drozd	Politechnika Krakowska	Relokacja obiektów budowlanych	Przenoszenie obiektów budowlanych	Wyzwania techniczne, logistyczne i ekonomiczne	Przegląd kilkunastu przypadków	Referat przeglądowy
3	T. Nowobilski B. Hoła	Politechnika Wrocławska	Prognozowanie skutków wypadków z udziałem rusztowań budowlanych, na podstawie przyczyn	Bezpieczeństwo pracy. Wypadkowość	Protokoły powypadkowe Państwowej Inspekcji Pracy Metoda przesiewania (w języku Python)	Praca na rusztowaniach budowlanych	Analiza Pareto-Lorenza
4	A. Czarnigowska R. Bucioń	Politechnika Lubelska	Niepewność kosztów przedsięwzięcia budowlanego: statystyka to za mało	Rozbieżności między zakładanymi i faktycznymi kosztami przedsięwzięć budowlanych	Przegląd literatury. Baza Scopus	Przyczyny niepowodzeń w planowaniu kosztów publicznych przedsięwzięć budowlanych	Rozwój teorii zarządzania i technik planistycznych. Polemika (do wygłoszenia)
5	A. Robak	Politechnika Lubelska	Analiza numeryczna wpływu uszkodzeń i imperfekcji geometrycznych na nośność rusztowań ramowych	Uszkodzenia eksploatacyjne rusztowań	Analiza numeryczna	Wpływ uszkodzeń eksploatacyjnych na nośność głównych elementów konstrukcyjnych w rusztowaniach budowlanych	Imperfekcje geometryczne. Imperfekcje rzeczywiste. Lokalizacje uszkodzeń

Nadesłane manuskrypty różnią się objętością, nawet układem, bowiem autorzy przygotowywali je pod profil czasopisma. W tym roku autorzy zadeklarowali skierowanie swoich tekstów do następujących czasopism: 2 do „Archives of Civil Engineering”, 2 do „Materiałów Budowlanych”, 3 do „Przeglądu Budowlanego”, 2 do „Inżynierii i Budownictwa”. Jeden referat zadeklarowany został wyłącznie do wygłoszenia, co zgodne jest z nową formą organizacyjną konferencji. Oznacza

to również, że część referatów w formie artykułów ukaże się po konferencji.

Dane syntetyczne obu sesji (prezentowane w obu tabelach) wskazują na różnorodność tematyki badawczej, różnorodną instrumentalność. Nie ma problemu z pozyskiwaniem informacji, jak to było w ubiegłym roku. Spójrzmy szerzej: bołączką poprzednich edycji konferencji krynickich było pozyskiwanie danych do opracowanych modeli matematycznych.

Był okres, kiedy dominowały badania ankietowe (w różnej formie), szczególnie widoczne to było w 2017 roku. Takim badaniom zawsze towarzyszyły wątpliwości, podważające wartość inżynierską referatów. W tym roku z zadowoleniem można stwierdzić, że ten sposób pozyskiwania danych nie wystąpił. Pojawiły się tym razem od dawna oczekiwane badania in situ, badania terenowe w referacie pt. „Analiza standardów eksploatacji sprzętu budowlanego pod kątem minimalizacji emisji dwutlenku węgla (CO₂)” – tabela 1.

Oprócz danych pozyskanych na podstawie badania in situ, widoczne są dane z bazy SCOPUS, z oddziału PIP oraz dane GUNB. Dominują dane pozyskane z case studies: bloków mieszkalnych i budowli zabytkowych.

Aż dwa referaty dotyczą redukcji śladu węglowego w produkcji budowlanej. Jeden dotyczy emisji z paliwa dieslowskiego (badania terenowe koparek), drugi identyfikuje czynniki warunkujące minimalizację śladu węglowego (zastosowanie metody DEMATEL). To przykłady zrównoważonego rozwoju w ujęciu inżynierskim.

Również dwa referaty obejmują problematykę rusztowań oraz wypadkowość. Jeden referat jest przeglądowy, inne dotyczą zidentyfikowania i inwentaryzacji problemów technicznych obiektów remontowanych.

W ramach instrumentalizacji badań wyróżnia się referat krakowsko-zielonogórski, który przedstawia podejście hybrydowe – dotyczy skaningu laserowego, wspomaganego oprogramowaniem ReCap Pro 2019 i Autodesk Revit 2019. Wieloletnie doświadczenia wskazują, że problematyka IPB ze względu na swoją wielowymiarowość jest szczególnie podatna na metody hybrydowe.

Dwa referaty stawiają pytania uczestnikom konferencji. Autorzy J. Kowalski, G. Wrzesiński, A. Markiewicz przedstawiają dylemat: spojrzenie globalne na zrównoważony rozwój (śląd węglowy, zmiany klimatyczne) czy spojrzenie mikro (planowanie robót budowlanych). Ogólnie: wykorzystanie zasobów, a emisja CO₂. Natomiast A. Czarnigowska i R. Bucóń w niepublikowanym referacie „Niepewność kosztów przedsięwzięcia budowlanego: statystyka to za mało” przedstawiają głośną polemikę o przyczynach niepowodzeń w planowaniu kosztów publicznych przedsięwzięcia budowlanych i sposobach skutecznego im zapobiegania. Dotyczy to metody stosowania zewnętrznego audytu planu kosztów i użycia Reference Class Forecasting (RCF), czyli planowania rezerwy budżetowej w oparciu o opisane statystycznie [3]. Nasi autorzy z Politechniki Lubelskiej zwracają uwagę na efekt skali, tj. moment ustalenia wartości odniesienia. Sesje 2023 zostały zdominowane przez autorów z Politechniki Krakowskiej oraz Politechniki Lubelskiej.

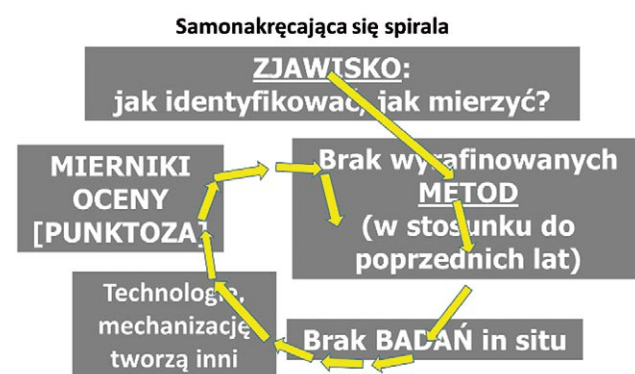
4. Nasze dylematy

Syndromem tej specjalności nie jest, co badać (aspekty inżynierskie), lecz określenie od strony naukowej zjawiska i odpowiedzenie na pytania, jak to zjawisko identyfikować oraz

jak je mierzyć? Biorąc pod uwagę zróżnicowany poziom badań, unikanie badań in situ, mierniki oceny naszych rezultatów, wpadamy w samonakręcającą się spiralę trudności.

Pogłębiając się problemy uwidocznione na rysunku 3 w postaci spirali zależności rzucają światło głównie na problematykę IPB. Tym syndromem jest obciążona, zwłaszcza IPB (ze względu na metody, badania (specyfikę, charakter) oraz pracochłonność, wymogi pracy zespołowej), długotrwałość oraz kosztochłonność badań, które od dawna zostały przejęte przez duże przedsiębiorstwa, koncerny. Ponadto tzw. lista ministerialna (punktuująca osiągnięcia naukowe) preferuje prace teoretyczne. Może powstać sytuacja patowa, która nawet może doprowadzić do stagnacji badań. Jeśli nasze środowisko tkwi od lat w przekonaniu o niedofinansowaniu polskiej nauki, to wyraźnie odrzuca nieproporcjonalną ocenę punktową, tzw. punktozę. To jest czynnik, który w istotny sposób hamuje nie tylko naukę, ale i wdrożenia. Negatywne skutki mogą być widoczne po niedługim czasie.

5. Mierniki oceny nauki



Rys. 3. Problemy bieżące IPB: trudności wykorzystania potencjału

Każda kolejna konferencja krynicka daje potwierdzenie: problematyka inżynierii przedsięwzięcia budowlanych jest wielowymiarową. Ponadto wyraźnie widać, że problematyka IPB wysublimowała się z inżynierii lądowej, zaczyna tętnić własnym życiem. Jak to się ma do „korzeni”?

Lata 90. ubiegłego wieku, przemiany polityczne i ekonomiczne dały istotny impuls rozwoju tej specjalności. Z dozwolonych dotychczas rozważań na poziomie placu budowy, czyli ze wspomnianego poziomu mikro (poziom procesów budowlanych) nastąpiło przyzwolenie zajęcia się zagadnieniami z poziomu makro. Rysunek 4 nawiązuje do ewolucji i trendów innowacyjności w IPB. Nowe, liczne obszary i techniki badawcze są wskazane w okręgu zaznaczonym linią przerywaną. Rozwój tych metod jest dziś dynamiczny. Niektóre zagadnienia makro (np. ekonomia, inżynieria zarządzania) wchodzące w zakres dziedziny nauk społecznych podano też na rysunku 4. Klasyczny obszar inżynierii lądowej jest tu przedstawiony w formie trójkąta, rozszerzającego się w lewą stronę. To zakres KILiW PAN, a problematyka IPB wyraźnie wykracza poza wskazany obszar. Z jednej strony należy podziwiać

rozwój i rozkwit problematyki IPB, z drugiej pojawia się ostrzeżenie, by nie odzegność się od naukowych korzeni. Należy pamiętać o rodowodzie tej specjalności i związkach z KILiW PAN. Zbyt dalekie odejście od wspomnianych korzeni, tj. klasycznej inżynierii, konstrukcji i technologii może wywołać zarzut, że bliżej nam jest do nauk społecznych, aniżeli do nauk inżynieryjno-technicznych i że w innej dyscyplinie powinna mieścić się specjalność IPB; tym bardziej, że można wykazać, że metody badań są te same. To oznacza, że baczniejszą uwagę należy zwrócić w naszych badaniach, na przedmiot badań, tj. na problematykę inżynierską. A może jednak zrewidować pojęcie interdyscyplinarności nauki, dotychczasowy sztywny podział na dyscypliny: na rzecz potrzeb naszej gospodarki?

6. Podsumowanie

Mimo zmiany paradygmatów projektowania, takich jak zrównoważony rozwój, projektowanie zintegrowane (IPD), przepisy Ustawy Pzp (koszty vs cena), cykl życia (LCC) – obciążenie problematyką eksploatacji bierze na siebie w większości przypadków Sekcja IPB. Jest to potencjalne zawężanie podmiotów badań.

Wysublimowanie się problematyki IPB wystąpiło w dużej mierze samoistnie, wynikając z potrzeb gospodarki. Nastąpiło znaczne rozszerzenie przedmiotu badań. Również tematyka części problemowych konferencji była wspomagana zagadnieniami IPB, co wynikało z ekonomizacji badań i postępu technicznego. Warto wymienić trzy tematy. W 2017 było to temat „Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej”, w którym środowisko IPB prezentowało cztery referaty [4]. W 2019 roku: „Cyfryzacja w budownictwie i architekturze” [5], w 2022: „BIM/BLCM – modelowanie cyklu życia obiektu budowlanego” (książka abstraktów [6]). W dużej mierze tematy te obejmują problematykę IPB, właśnie mieszczącą się w okręgu wysublimowanych zagadnień – rysunek 4. Niemniej rodzi się pytanie, czy traktować tę tematykę warsztatowo, problemowo, czy interdyscyplinarnie. W tej chwili traktuje się warsztatowo jako wspomaganie podstawowych badań we wszystkich sekcjach KILiW PAN.

Znamiennym dla IPB był 2018 rok: przyjęto 15 referatów, na co przewidziano aż trzy sesje, czego nie było wcześniej w historii tej konferencji. Według przeprowadzonego sondażu, nagłe zwiększenie zainteresowania tą konferencją spowodowane zostało zapowiedzią opublikowania tekstów w angielskojęzycznym

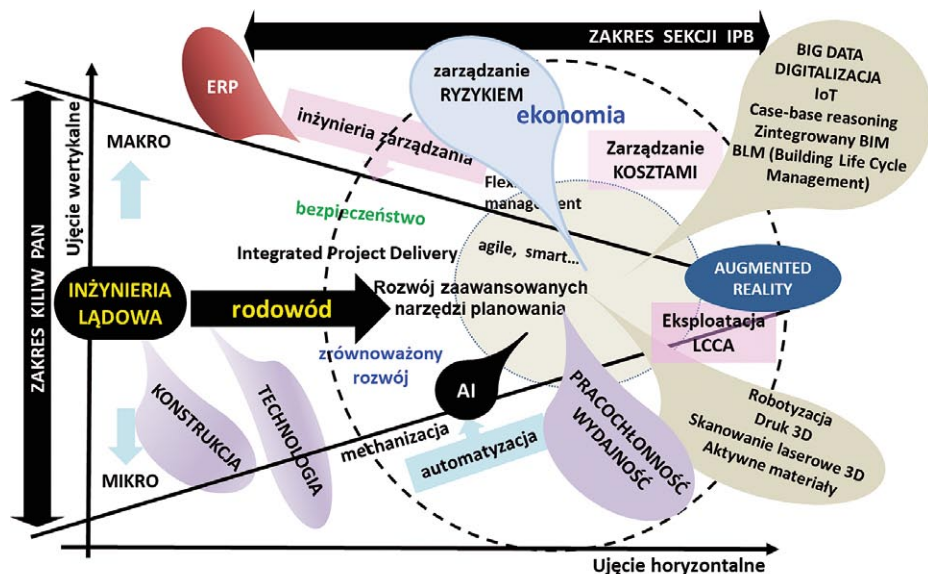
MATEC Web of Conferences, co dawało wówczas wiele punktów „ministerialnych”. Obecnie autorom proponuje się kilka czasopism. Siłą rzeczy dostęp dla czytelnika do wydrukowanych referatów jest ograniczony.

Wyraźny jest brak zwartego wydawnictwa, odpowiednika materiałów konferencyjnych. Pojawienie się takiego wydawnictwa, punktowanego, mogłoby stale konsolidować środowisko inżynierii lądowej. Jego brak podważa prestiż konferencji PAN. Konferencje krynickie odgrywają nadal istotną rolę w życiu naukowym w zakresie inżynierii lądowej. Warto je kontynuować. Nastąpiło zawężenie adresata konferencji. Brak jest autorów z „przemysłu”, wszyscy autorzy pochodzą z uczelni krajowych. Przytoczone w tym tekście dylematy dają asumpt do zmiany formuły konferencji. Dyskusje intensywne trwają. Rozpatrywane są różne rozwiązania, jedną z decyzji jest utrzymanie tej konferencji, ale organizowanej co dwa lata, przemiennie z konferencją „Awaryjne budowlane”, odbywającej się w Międzyzdrojach.

Niemniej młodym potencjalnym autorom zaleca się nie zapominać o konstrukcji, technologii i organizacji prac. Jest to jeden z podstawowych paradygmatów badań w inżynierii przedsięwzięć budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Regenerative Design in Architecture and Construction: The Challenges-Methods-Achievements. Special Issue. Architecture, Buildings, Designs, Energies, IJERPH, Land, Smart Cities, Sustainability, 2023: <https://www.mdpi.com/topics/M4ZRQINL51>
- [2] Kapliński O., Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych na konferencjach krynickich 2017 i 2018, Przegląd Budowlany 9/2018, str. 24–27
- [3] Flyvbjerg B., Holm M., Buhl S. Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? Journal of the American Planning Association 68, 3/2002, str. 279–295 <https://doi.org/10.1080/01944360208976273>
- [4] Czarnecki L. (red.), Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej, Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej, 2017
- [5] Drozd W., Kozioł P., Zima K. (red.), Cyfryzacja w budownictwie i architekturze, Warszawa, PWN, 2019
- [6] Drozd W., Kozioł P., Leśniak A., Zima K., Górka M., Biel S., Kowalik M. (red.), Krynica, 67. Krynicka Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, Kraków, 11–15.09.2022. Kraków, Politechnika Krakowska, 2022



Rys. 4. Kontekst problematyki badawczej Sekcji IPB

Nośność usztywniająca szkieletowych ścian drewnianych wykonanych w systemie WCH

Stiffening load capacity of frame walls wooden ones made in the WCH system

dr inż. Janusz Broł (ORCID: 0000-0001-7413-1191), Politechnika Śląska, Wood Core House Jaworzno, mgr inż. Rafał Hadera, Wood Core House Jaworzno

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9365

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki wybranych badań laboratoryjnych certyfikowanych modułów do wykonywania budynków w szkieletowej konstrukcji drewnianej. Przedmiotem badań było wyznaczenie nośności usztywniającej modułów, czyli ich nośności i sztywności na oddziaływanie poziome, np. od wiatru. Przedstawione wyniki badań dotyczą badań ścian w układzie liniowym zgodnie z wymogami normy EN 594 [1].

Słowa kluczowe: drewno, prefabrykacja, konstrukcje drewniane, lekkie konstrukcje szkieletowe, budownictwo mieszkaniowe.

Abstract: This paper presents the results of selected laboratory tests conducted on certified timber frame wall panels used for the construction of buildings. The research scope was to determine a racking stiffness of the panels, i.e. their carrying capacity and stiffness to resist a horizontal load in the plane of the panel, such as: wind load. The presented test results relate to tests of the linear arrangement of wall panels in accordance with the requirements of EN 594 [1].

Keywords: wood, prefabrication, wooden structures, light frame structures, residential construction.

1. Wprowadzenie

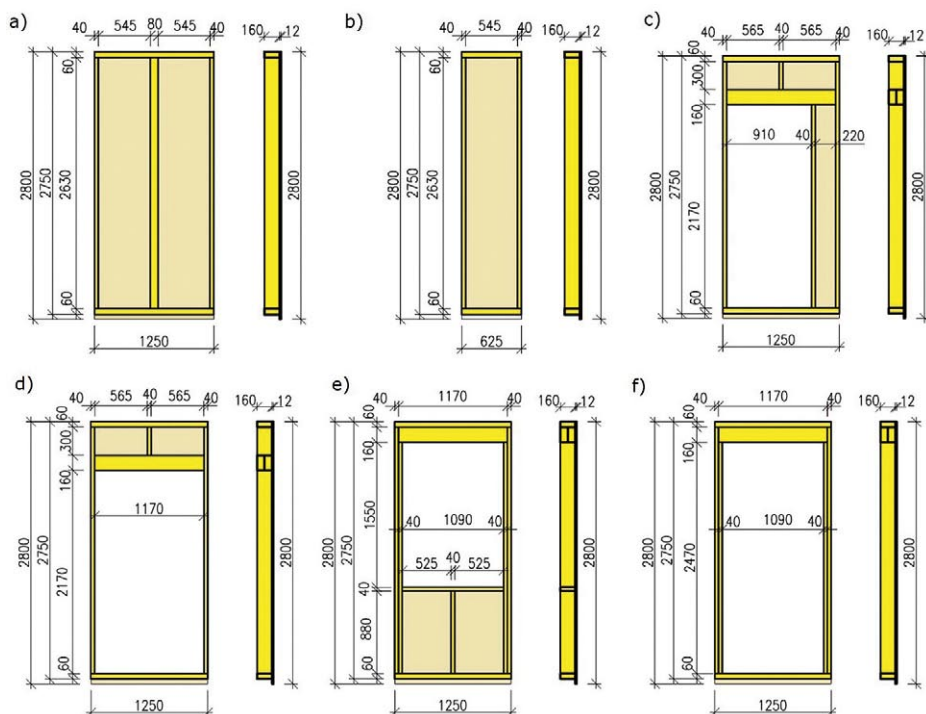
W celu zapewnienia bezpiecznego użytkowania budynków wykonanych w konstrukcji szkieletowej konieczne jest, oprócz zapewnienia ich nośności na obciążenia pionowe, zagwarantowanie ich niezmienności geometrycznej, którą można uwzględniać odpowiednio konstruując ściany oraz ich połączenia ze stropami. Geometryczną niezmienność ścian szkieletowych w ich płaszczyźnie należy zapewnić stosując tak zwane „przepony ściennie”. Zgodnie z wymaganiami Eurokodu 5 (w skrócie: EC5), PN-EN 1995-1-1:2010, p. 9.2.4.1 (3)P [2]: „przepony ściennie pełniące rolę tężników powinny być usztywnione w płaszczyźnie ściany za pomocą np.: materiałów płytowych, ukośnym stężeniem lub połączeniem montażowym”. W praktyce budowlanej posycia ścian najczęściej wykonane są z materiałów płytowych, takich jak: płyty OSB, płyty wiórowe lub płyty gipsowo-włóknowe. Rozwiązanie to w obliczeniach sztywności traktowane jest jako przepony ściennie, dla których należy określić tak zwaną „nośność usztywniającą ścian” (nośność na ścianie w płaszczyźnie ściany, dla przeniesienia siły poziomej działającej w górnym narożu ściany wspornikowej, zabezpieczonej przed obrotem i przesunięciem przez oddziaływanie pionowe i/lub zakotwienie). Zgodnie z wymaganiami EC5, p. 9.2.4.1 (4)P [2]: „nośność usztywniającą ściany można określić na podstawie badania wg EN 594 lub obliczeń, stosując odpowiednie metody analityczne lub modele obliczeniowe”. Przedstawione w artykule badania nośności usztywniającej drewnianych modułów systemu WCH wykonano na modelach w pełnej skali technicznej, w Laboratorium Wydziału

Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Wyniki badań zostały opracowane przez pracowników Katedry Inżynierii Budowlanej w ramach projektu POIR.01.01.01-00-1303/17 „Opracowanie innowacyjnej technologii systemu prefabrykacji drewnianych i drewnopochodnych elementów modułowych oraz innowacyjnego systemu budowy obiektów modułowych” realizowanego przez firmę Wood Core House z Jaworzna. Badania były wykonane w celu określenia takich parametrów, jak: nośność i sztywność na różne rodzaje obciążeń (pionowe, poziome), i sprawdzeniu czy gwarantują one bezpieczne użytkowanie obiektów mieszkalnych, co najmniej dwukondygnacyjnych o rozpiętości stropów do sześciu metrów.

Laboratoryjne badania nośności usztywniającej drewnianych modułów systemu WCH na oddziaływanie poziome zostały poprzedzone wyznaczeniem charakterystycznych wielkości nośności i sztywności pod obciążeniem pionowym. Wyniki tych badań przedstawiono w artykule [3], a dodatkowe spostrzeżenia przedstawiono w pracach [4, 5]. W celu poznania i określenia odporności konstrukcji budynku wykonanego z przedmiotowych modułów (pokazanych na rysunku 1a) na oddziaływanie poziome, zrealizowano trzy rodzaje badań obejmujące określenie takich parametrów, jak:

- sztywność i nośność liniowego układu modułów według EN 594 [1],
- nośność i sztywność połączenia modułów z elementami konstrukcji stropu (sztywność przestrzenna) – wykonane na modelach o wymiarach zewnętrznych 4,1x 6,6 x 3,2 m (rys. 2),
- sztywność i nośność narożnego łączenia modułów (rys. 3).

Rys. 1. Geometria podstawowych, standardowych modułów systemu WCH: a) moduł pełny MP, b) moduł połówkowy MPo, c) moduł drzwi wewnętrznych, d) moduł drzwi zewnętrznych, e) moduł MO dla okien o wysokości 1,5 m, f) moduł MD dla okien tarasowych



W niniejszym artykule skupiono się na wyznaczeniu nośności usztywniającej ścian, czyli przedstawiono wyniki badań tylko dla układów liniowych.

2. Syntetyczny opis systemu WCH

System prefabrykacji drewnianych modułów Wood Core House (WCH) jest modułową, uprzemysłowioną, certyfikowaną technologią do budowy szkieletowych domów drewnianych wykonywanych bezpośrednio na budowie. Szerzej technologia ta została opisana w [3]. Podstawowym modułem wykorzystywanym w tej technologii jest panel o wymiarach 1,25x2,75 m, obejmującym moduły pełne i z otworowaniem okiennym lub drzwiowym. Uzupełnieniem systemu WCH są typowe panele połówkowe oraz belki nadprożowe i elementy pomocnicze. Szczegółowe wymiary modułu pełnego i jego elementów składowych podano na rysunku 1. Panele w odmianie pełnej i połówkowej oraz pozostałe panele typowe przygotowane są na uprzemysłowionej linii montażowej umożliwiającej ich produkcję z dużą powtarzalnością i dokładnością. Przykładowe standardowe moduły systemu z poszyciem płytą OSB oraz ich wymiary pokazano na rysunku 1a, a schematycznie ideę budowy domów w oparciu o tę technologię przedstawiono na rysunku 4.

3. Badania laboratoryjne nośności usztywniającej

Nośność usztywniającą konstrukcji ściany w systemie WCH na oddziaływania poziome określono w badaniach laboratoryjnych zgodnie z normą PN-EN 594:2011 E [1], co jest zgodne z zapisami EC5 [2]. Badania laboratoryjne na oddziaływania poziome zostały wykonane w specjalnie przygotowanych do tego stanowiskach badawczych dla sześciu serii modeli badawczych w pełnej skali technicznej. Trzy serie dotyczyły modeli z poszyciem z płyty OSB i trzy analogiczne serie dotyczyły modeli z poszyciem z płyty gipsowo-włóknowej Fermacell. Schemat stanowiska do badań nośności usztywniającej pokazano na rysunku 5, natomiast widok wybranych modeli w trakcie badania pokazano na rysunku 6.

Rys. 2. Widok modelu „domku” z poszyciem z płyt gipsowo-włóknowych



Rys. 3. Badanie narożników ścian z poszyciem z płyt OSB

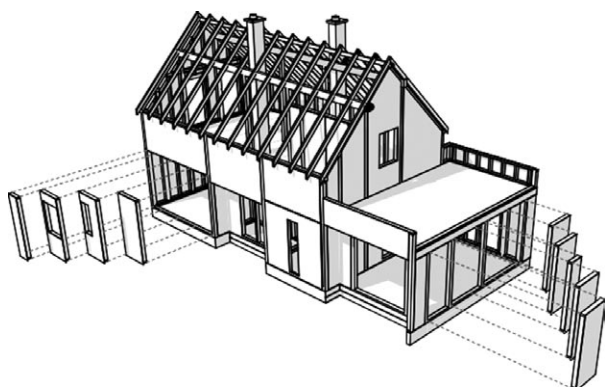


Wysokość modeli w badaniach była stała i wynosiła 2,89 m, co odpowiada pełnej wysokości ściany w świetle konstrukcji, przyjętej w systemie, a na którą składały się:

- wysokość podwaliny: 0,08 m,
- wysokość konstrukcyjna modułu: 2,75 m,
- wysokość oczepu górnego: 0,06 m.

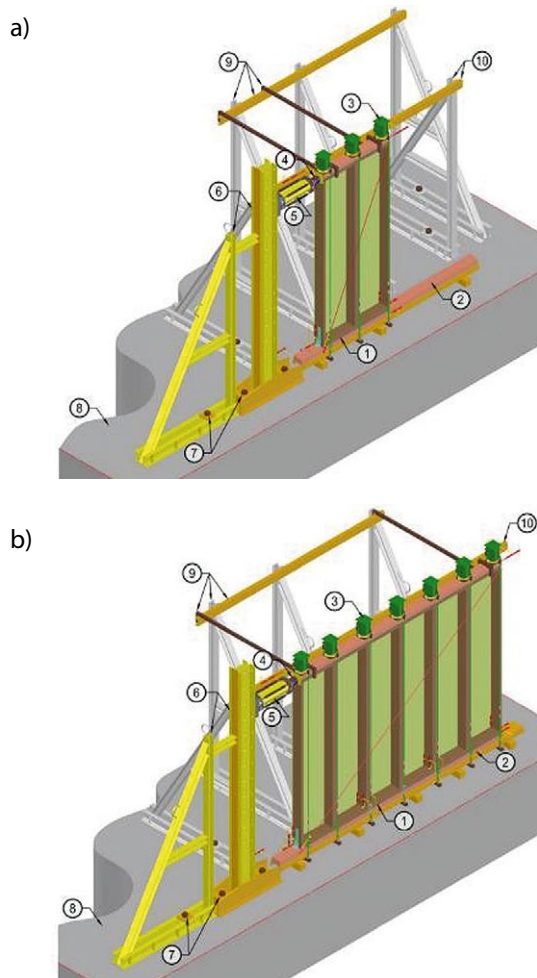
Długość modeli badawczych (ściany) w badaniach była zmienna i wynosiła:

- 1,25 m – z pojedynczym modułem; seria badań oznaczona jako 1MP (rys. 6a),
- 2,50 m – przy podwójnym układzie modułów; seria badań oznaczona jako 2MP (rys. 6b),
- 3,75 m – przy potrójnym układzie modułów; seria badań oznaczona jako 3MP (rys. 6c).



Rys. 4. Schemat idei budowy domów z wykorzystaniem modułów WCH

W każdej serii zbadano co najmniej 4 modele. Modele badawcze zostały wykonane jako układy drewnianych modułów prefabrykowanych tworzących sztywną tarczę ścienną, złożone z elementów szkieletu drewnianego: słupków i belek poziomych, połączonych wzajemnie ze sobą i jednostronnie z poszyciem w postaci płyty OSB/3 grubości 12 mm lub płyty gipsowo-włóknowej typu Fermacell o grubości 15 mm. Elementy drewniane wykonano z drewna konstrukcyjnego litego klasy C24 łączonego wzdłużnie na złącza klinowe (KVH). Płyty poszycia zostały połączone z ramą szkieletu drewnianego za pomocą zszywek o średnicy $d = 1,8$ mm, szerokości korony $W = 12,7$ mm i długości $L = 45$ mm, w rozstawie zszywek co 130 mm. Grzbiet zszywek był obrócony o kąt ok. 45° w stosunku do kierunku włókien. Połączenie każdego z prefabrykowanych paneli ściennych tworzących układ liniowy z belkami podwalinowymi o wymiarach przekroju poprzecznego 80×160 mm wykonano za pomocą 2 wkrętów samonawiercających z łbem stożkowym o wymiarach 8×100 mm, w odległości 150 mm od początku i końca pojedynczego modułu, zgodnie z wymogami EN 594. Wzajemne połączenie prefabrykowanych paneli ściennych ze sobą wykonano za pomocą 4 wkrętów samonawiercających z łbem podkładkowym o wymiarach 8×80 mm. Połączenie prefabrykowanych paneli ściennych tworzących układ liniowy z belkami oczepowymi o wymiarach przekroju poprzecznego 60×160 mm wykonano za pomocą 2 wkrętów samonawiercających z łbem stożkowym o wymiarach 8×140 mm. Podwalina do konstrukcji stanowiska była przykręcona śrubami M12 co max. 1,2 m. Dodatkowo ponad wymagania normy [2] wykonano jedną serię badań porównawczych obejmujących pojedynczy



Rys. 5. Stanowisko badawcze z ustawionym układem liniowym dla: a) pojedynczego modułu, b) trzech modułów ściennych, (oznaczenia na rysunku: 1 – model badawczy, 2 – podwalina mocowana do stanowiska, 3 – układ sprężynowo – ciężnowy, 4 – siłomierz, 5 – siłownik hydrauliczny, 6 – sztywna konstrukcja wsporcza siłownika hydraulicznego, 7 – śruby kotwiące, 8 – strop hali (płyta wielkich sił), 9 – konstrukcja zabezpieczająca element badawczy w płaszczyźnie prostopadłej do działania siły, 10 – niezależna konstrukcja wsporcza do montażu górnych czujników indukcyjnych)

moduł z poszyciem z płyty OSB, w którym pierwszy słupek był zakotwiony bezpośrednio do stanowiska badawczego z wykorzystaniem stalowego złącza kotwiącego (rys. 9b). Badanie to wykonano w celu poznania wpływu dodatkowego kotwienia na nośność usztywniającą modułów. Serię tę oznaczono jako 1MP.



Rys. 6. Widoki wybranych modeli na stanowisku badawczym: a) pojedynczego modułu pełnego z poszyciem z płyty gipsowo-włóknowej, b) układu liniowego dwóch modułów z poszyciem z płyty OSB, c) układu liniowego trzech modułów z poszyciem z płyty OSB

Tabela 1. Nośności modułów na obciążenia poziome dla poszczególnych serii

Lp.	Seria badań	Liczba modeli [szt.]	Nośność panelu na obciążenia poziome (racking strength) F [kN]			Wartość oblicz. nośności panelu na obciążenia poziome (racking strength) F_d [kN]		Nośność obliczeniowa wg EC5 F_v, R_d [kN]	
			F_{avg} (śred.)	F_{max}	F_{min}	$F_{d(avg)}$	$F_{d(min)}$	metoda A	metoda B
1	1MP-ok	4	11,35	14,13	8,66	7,86	6,00	5,82	6,91
2	1MP-o	4	10,40	11,58	9,56	7,20	6,62	5,82	6,91
3	1MP-w	4	11,18	13,58	7,93	7,74	5,49	-	-
4	2MP-o	4	23,13	25,02	22,38	16,01	15,49	11,64	13,82
5	2MP-w	4	24,93	28,14	23,78	17,26	16,46	-	-
6	3MP-o	4	36,37	39,24	33,29	25,28	23,05	17,46	20,73
7	3MP-w	4	42,32	46,54	32,60	29,30	22,57	-	-

(MP-o) oznacza poszycia z płyt OSB/3, (MP-w) oznacza poszycie z płyt g-w

Badania rozpoczynano od przyłożenia obciążenia pionowego o wielkości $5 \text{ kN} \pm 10\%$, do belki oczepowej, w osiach słupków modułów ściennych. Obciążenie to realizowano za pomocą układów sprężynowo-ciężnowych, wyposażonych w czujniki tensometryczne do kontroli siły naciągu, które umożliwiły monitorowanie i rejestrowanie sił w trakcie badania.

Po zrealizowaniu obciążenia pionowego, w poziomie belki górnej panelu przykładano obciążenie w postaci siły poziomej F (racking load). Badanie prowadzono aż do osiągnięcia przemieszczenia minimum 100 mm w poziomie na końcu belki górnej panelu. Czas badania modułów wynosił ok. 5 minut ± 120 sekund, a temperatura w trakcie badania wynosiła ok. 20–22 °C. Pomierzona wilgotność drewna zawierała się we wszystkich elementach badanych serii w przedziale od 10 do 12%, a wilgotność powietrza wynosiła około 40%.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można stwierdzić, że decydującym kryterium o nośności poziomej modułów jest nośność łączników zespalających poszycie ze szkieletem konstrukcji. We wszystkich badaniach konstrukcja drewniana nie uległa zniszczeniu, tylko się odkształciła wskutek utraty nośności łączników zespalających płyty poszycia z drewnianym szkieletem. Płyty poszycia z OSB także nie uległy zniszczeniu, jedynie się przemieściły względem konstrukcji szkieletu, z uwagi na uplastycznienie i wyciąganie zszywek zespalających (rys. 7). W przypadku płyty gipsowo-włóknowej Fermacell dodatkowo zaobserwowano wykruszenia płyty w narożach (rys. 8).

Wyniki badań wytrzymałościowych liniowego układu drewnianych modułów prefabrykowanych w aspekcie określenia nośności panelu na obciążenia poziome, przy przyjętym 130 milimetrowym rozstawie zszywek przedstawiono w tabeli 1, natomiast wartości nośności usztywniających paneli dla poszczególnych serii podano w tabeli 2. Wartości obliczeniowe nośności F_d paneli na obciążenia poziome podane w tabeli 1 wyznaczono przy założeniu współczynnika modyfikującego $k_{mod} = 0,9$ (czyli jak dla oddziaływania krótkotrwałego wiatrem) i częściowego współczynnika bezpieczeństwa właściwości materiału $\gamma_m = 1,3$. Dla porównania w tabeli 1 podano również obliczeniową nośność na ścinanie w płaszczyźnie ściany F_v, R_d dla poszycia z płyty OSB, wyznaczoną według dwóch

Rys. 7. Przesunięcie poszycia wskutek odkształcenia zszywek mocujących poszycie (widok po odciążeniu)



uproszczonych metod A i B zawartych w EC5 [2]. Jak można zaobserwować, w badaniach uzyskano nieco wyższe wartości nośności usztywniających od wyznaczonych analitycznie.

Analizując obserwacje z badań i wyniki badań modeli z pojedynczym panelem w seriach 1MPK (z dodatkowym kotwieniem) i 1MP (bez dodatkowego kotwienia) należy podkreślić, że dodatkowe kotwienie pierwszych słupków ścian do fundamentu wykonywane od strony działania sił istotnie wpływa na odkształcalność, nośność i podrywanie ściany. W badaniach laboratoryjnych stwierdzono, że wpływ zakotwienia paneli (zamocowania panelu do fundamentu za pomocą złącza kotwiącego) miał korzystny wpływ na wartości nośności paneli na obciążenia poziome (racking strength), jak również na wartość nośności usztywniającej paneli (w płaszczyźnie panelu – racking stiffness). Wartości te zwiększyły się o około 10% w odniesieniu do przypadku paneli niezakotwionych. W trakcie badań zaobserwowano również, że złącze kotwiące zabezpieczyło skutecznie moduł przed podrywaniem, które obserwowano w pozostałych badaniach pod obciążeniem poziomym bez stosowania złącza kotwiących (rys. 9).

4. Podsumowanie

Podsumowując zrealizowane badania laboratoryjne w odniesieniu do założeń wstępnych przyjętych w badaniach (podanych we wstępie), należy stwierdzić, że sztywność postaciowa budynku dwukondygnacyjnego ze stropami o rozpiętości do 6 m (czyli szerokości 12 m – w odniesieniu do kierunku wiatru) będzie zapewniona, jeżeli układ geometryczny ścian usztywniających będą tworzyć średnio trzy panele pełne przypadające na 1 ścianę usztywniającą, lecz w każdej ze ścian będą

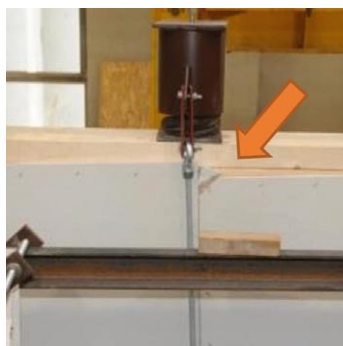
Tabela 2. Zestawienie wartości sztywności postaciowych modułów dla poszczególnych serii

Oznaczenie serii badawczej modułów ściennych	Liczba modeli w serii [szt.]	Wartości nośności usztywniającej paneli (racking stiffness) z badań R [N/mm]		
		Wartość średnia R_{avg}	Wartość maksymalna R_{max}	Wartość minimalna R_{min}
1MP	4	326* (355)	394* (450)	277* (280)
1MPk	4	373	412	319
2MP	4	1066* (1014)	1173* (1076)	921* (936)
3MP	4	1676* (2433)	1851* (3087)	1400* (1793)

* dla poszycia z płyt OSB/3 (w nawiasie podano wartości dla poszycia z płyt g-w)

występować nie mniej niż dwa panele pełne.

Z analizy wyników badań wynika, że układy prefabrykowanych, modułów ściennych systemu WCH zapewnią z nadatkiem przenoszenie obciążeń poziomych od oddziaływania wiatrem dla 1 strefy wiatrowej w budynkach dwukondygnacyjnych o wysokości kondygnacji do 3,3 m i rozpiętości ścian usztywniających do 6 m. Porównując wyznaczoną analitycznie nośność na ścinanie w płaszczyźnie ściany F_v , R_d dla poszycia z płyty OSB, wyznaczoną według dwóch uproszczonych metod A i B zawartych w Eurokodzie 5, można stwierdzić, że w badaniach uzyskano w większości wyższe wartości nośności od wartości teoretycznych wyznaczonych analitycznie, co potwierdza słuszność wykonywania badań, gdyż zawarte w normie algorytmy są metodami uproszczonymi. Ponadto w przypadku stosowania poszycia ścian z innych materiałów płytowych niż drewnopochodne, wyznaczenie nośności na ścinanie w płaszczyźnie ściany F_v , R_d jest bardzo utrudnione i nie ujęte w przepisach Eurokodu 5. Podsumowując wyniki badań należy także podkreślić, że nie bez znaczenia jest wykonywanie dodatkowego kotwienia słupków pionowych bezpośrednio do konstrukcji fundamentu (z pominięciem elementów poziomych ściany). Zakotwienie paneli (zamocowanie słupków do fundamentu za pomocą złącza kotwiącego) zwiększyło wartość nośności paneli na obciążenia poziome (*racking strength*), jak również



Rys. 8. Widok uszkodzenia płyty gipsowo-włóknowej w narożu

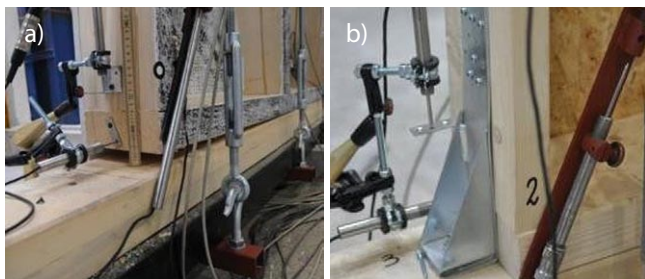
wartość nośności usztywniającej paneli (w płaszczyźnie panelu – *racking stiffness*) o ponad 10% w odniesieniu do paneli niezakotwionych. Zakotwienie paneli ograniczyło również podrywanie, które obserwowano w pozostałych badaniach pod obciążeniem poziomym, bez stosowania złącza kotwiącego. Stąd zakotwienia te zaleca się wykonywać w każdym narożu zewnętrznym budynku, jak i przy każdym dużym otworze. Opisane wyżej moduły konstrukcyjne do budowy ścian budynku modułowego oraz ściana budynku modułowego, które były wykorzystane w badaniach, są przedmiotem wynalazku zgłoszonego przez wnioskodawcę – Wood Core House Sp. z o.o. do Urzędu Patentowego RP, w dacie 05.12.2017r., pod numerem P.423751 w celu uzyskania ochrony patentowej.

Moduły uzyskały znak CE, czego potwierdzeniem jest Certyfikat stałości właściwości użytkowych nr 1020-CPR-070060028 [6]. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, I Osi priorytetowej: „Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa”, Działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa”. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju: Konkurs 5/1.1.1/2017 – „Szybka ścieżka” MŚP.



BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 594:2011E: Konstrukcje drewniane. Metody badań. Badania sztywności i nośności płyt ściennych o szkieletcie drewnianym (wersja angielska)
- [2] PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010: Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
- [3] Brol J., Hadera R., Prefabrykowane drewniane moduły WCH do wznoszenia remontów obiektów budowlanych, Przegląd Budowlany 11–12/2022, str. 137–142
- [4] Węglorz M., Brol J., Kubica J., Hadera R., Nośność na docisk w poprzek włókien w szkieletowych budynkach drewnianych, Materiały Budowlane 11/2020, str. 18–20
- [5] Brol J., Kubica J., Węglorz M., The problem of compressive strength in direction perpendicular to the grains on example of tests of the load-bearing capacity of the continuously supported timber-frame sill plate, Materials 11/2020, str. 18–20
- [6] Certyfikat stałości właściwości użytkowych nr 1020-CPR-070060028 [5] z dnia 21.09.2021 r. wydany przez Instytut Techniczno-Badawczy Budownictwa, Praga



Rys. 9. Porównanie podrywania w przypadku zamocowania panelu do fundamentu za pomocą złącza kotwiącego (b) i bez dodatkowego kotwienia (a)

Relokacja obiektów budowlanych

Relocation of buildings

dr hab. inż. Wojciech Drozd, prof. PK (ORCID: 0000-0001-7978-2268), mgr inż. Franciszek Bolech, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9366

Streszczenie: W inżynierii lądowej obserwujemy ciągłe zmiany, nowe technologie wznoszenia, remontów i modernizacji, ale także relokacje, czyli procesy podniesienia całych budynków i przeniesienia ich w inną lokalizację. W artykule poruszono ten innowacyjny temat, związany z przenoszeniem obiektów budowlanych. Podjęto próbę pokazania, jak bardzo złożona jest to problematyka, ale też odpowiedzi na pytanie dotyczące przyczyn relokacji. Na trudność przeniesienia obiektu budowlanego ma wpływ stan techniczny konstrukcji, jej waga oraz planowany czas trwania przeniesienia. Kwestie te przedstawiono kompleksowo z naciskiem na stronę techniczną i bezpieczeństwo relokacji.

Słowa kluczowe: obiekty budowlane, relokacja.

Abstract: In civil engineering, we observe constant changes, new technologies of construction and renovation and modernization, but also relocations, i.e. the processes of lifting entire buildings and moving them to another location. The article deals with this innovative topic related to the transfer of building objects. An attempt was made to show how complex this issue is, but also to answer the question about the reasons for relocation. The difficulty of moving a building object depends on the technical condition of the structure, its weight and the planned duration of the transfer. These issues were presented comprehensively with an emphasis on the technical side and security of relocation.

Keywords: construction facilities, relocation.

1. Wprowadzenie

Relokacja to proces podniesienia całego budynku i przeniesienie go w inną lokalizację. Relokacje stały się popularne zwłaszcza dla budynków o znaczeniu historycznym. Budynki są relokowane również po to, by umożliwić nowe inwestycje lub by przenieść budynki w bezpieczniejsze lokalizacje.

Decyzja o relokacji

Podjęcie decyzji o relokacji obiektu to skomplikowany proces, ponieważ ta decyzja wiąże się z dużymi nakładami finansowymi oraz jest dużym wyzwaniem inżynierskim. Przyczyn relokacji jest wiele. Najczęściej podejmowana decyzja o relokacji jest związana z historią obiektu. Jeżeli obiekt ma znaczenie historyczne podjęcie decyzji o relokacji jest łatwiejsze. Najczęściej historyczne obiekty są relokowane celem ocalenia przed niszczącymi siłami natury lub wyburzeniem, gdyż kolidują z planami rozwoju danej miejscowości. Zdarza się, że obiekty historyczne są relokowane do muzeum, gdzie pełnią rolę eksponatu. Drugą najczęstszą przyczyną relokacji są względy sentymentalne, gdzie relokowany obiekt jest ważny dla właściciela. Trzeci powód związany jest z wyczyszczeniem terenu, przygotowaniem go dla nowego właściciela. Ostatnio coraz bardziej popularne są oferty sprzedaży obiektów celem wyczyszczenia ziemi. Inwestorzy szukający oszczędności sprzedają obiekt za bardzo małe pieniądze, ale w zamian za zabranie obiektu z obecnej lokalizacji. Czasami relokacja obiektu jest wymuszona przez zagrożenia, jakie obiekt generuje dla

społeczności lokalnej. Niestety czasami konieczna jest relokacja całej społeczności – miejscowości. Przykładem jest działalność kopalni, która powoduje tak duże szkody górnicze i degradację środowiska naturalnego, że życie obecnej lokacji staje się zagrożone. Nowe trendy i postęp też mogą spowodować decyzję o relokacji obiektu, który architektonicznie nie pasuje do pozostałych [1].

Przed podjęciem decyzji o relokacji należy rozważyć wiele aspektów. Pierwszy z nich jest to koszt relokacji, który należy porównać do kosztu budowy nowego obiektu w interesującej nas lokalizacji. Czasami dobrą opcją jest „wymiana obiektami”, niestety wymaga to znalezienia osoby zainteresowanej naszym obiektem. Wielkość obiektu również wpływa na decyzję. Im większy obiekt, tym relokacja staje się bardziej skomplikowana, przez co bardziej kosztowna. Kolejny aspekt jest to dystans pomiędzy lokalizacjami. Im dalej znajduje się docelowa lokalizacja, tym większy koszt relokacji oraz jej trudność. Do kosztów relokacji należy doliczyć koszty wszelakich pozwoleń administracyjnych, ubezpieczenia, paliwa, transportu, asysty służb odpowiedzialnych za poszczególne media, głównie energii elektrycznej. Szacunkowy średni koszt relokacji domu w Stanach Zjednoczonych to około sto pięćdziesiąt dolarów za jeden metr kwadratowy obiektu [1].

Wybór drogi relokacji

Należy zaplanować drogę relokacji, wybrać najkrótszą i najszerszą drogę, z jak najmniejszą ilością przeszkód. W wyniku analizy kosztowej oraz możliwości technicznych może

okazać się, że relokacja będzie możliwa jeżeli kolidujące obiekty również poddane zostaną relokacji.

Fundamenty

Relokacja fundamentów jest ekonomicznie nieuzasadniona i nie jest brana pod uwagę. Jedynym wyjątkiem są obiekty o charakterze historycznym [2].

Koszt relokacji

Koszt relokacji to nie tylko wynajęta specjalistyczna firma, ale także szereg innych kosztów związanych z kolizjami na trasie. Bardzo często na trasie relokacji należy zdemontować fragment instalacji. W większości przypadków należy uzyskać pozwolenie administracyjne oraz ustalić koszty z odpowiednim zarządcą mediów.

Przyczyny relokacji

Bardzo często relokacje obiektów odbywają się, ponieważ miejsce, w którym znajdują się budynki ma w przyszłości spełniać inne funkcje i nie ma dla nich miejsca. W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej coraz częściej wykonywane są relokacje, których celem jest osiągnięcie wzrostu wartości obiektu w nowej lokalizacji [3].

Uszkodzenia i szkody

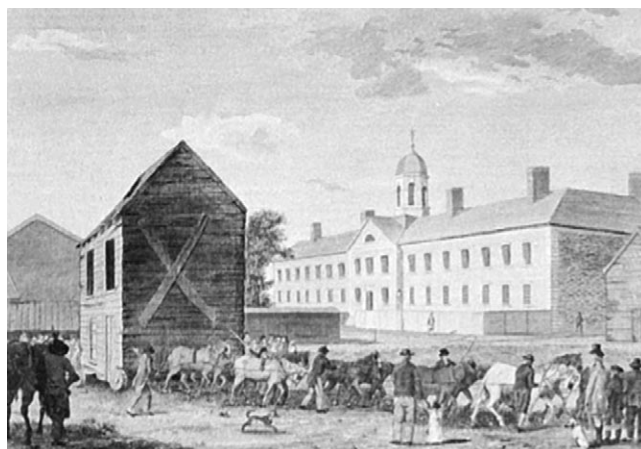
Relokacja może spowodować uszkodzenia obiektu relokowanego. Mogą pojawić się pęknięcia elewacji, a także inne zniszczenia związane z transportem. Każda relokacja musi być objęta ubezpieczeniem. W wyniku relokacji mogą zostać uszkodzone inne obiekty będące przy trasie relokowanego obiektu.

Dokumenty i pozwolenia

W większości przypadków nie jest wymagane pozwolenie na relokację obiektu, ale na wszystkie nowe instalacje i fundamenty w nowej lokalizacji inwestor musi uzyskać niezbędne pozwolenia.

2. Historia relokacji

Pierwszy zapis na temat relokacji pojawia się w opisie dotyczącym miasta Londyn z 1598 roku [4]. Natomiast pierwszy techniczny opis relokacji dotyczy Ameryki Północnej, roku 1799. Polegała ona na przesunięciu małej konstrukcji drewnianej pełniącej funkcję lokalnego więzienia (rys. 1). Wykonana została drewniana rama, do której doczepiono drewniane koła. Następnie przy pomocy dużej liczby koni i wołów została przeciągnięta w docelowe miejsce. Autorem tej relokacji był William Birch z synem [1].



Rys. 1. Transport lokalnego więzienia w Filadelfii (USA) w 1799 r. [1]

Hotel Pelham, USA

Wybudowany w 1857 roku hotel Pelham oferował niedrogie pokoje w dobrej lokalizacji, niedaleko dzielnicy biznesowej w Bostonie. Był to pierwszy apartamentowiec w USA, zaprojektowany aby odzwierciedlał akademicki styl. Część budynku była wykorzystywana komercyjnie, reszta pełniła funkcje mieszkalne. Przebudowa ulicy Tremont w 1869 roku skłoniła właściciela do przesunięcia budynku o niewiele ponad 4 m w kierunku zachodnim. Waga obiektu była oszacowana na pięć tysięcy ton. Relokacja odbyła się przy użyciu dziewięciu czterech rolek, z wykorzystaniem 72 śrub przesuwających obiekt wzdłuż szyn. Relokacja odbywała się z prędkością około 2,5 cm w czasie 5 minut. Cała relokacja trwała prawie trzy miesiące (rys. 2). W tym czasie obiekt pracował normalnie, wszystkie media (woda, kanalizacja, gaz i prąd) cały czas były dostępne. Pomimo zaangażowania właścicieli w roku 1916 hotel został wyburzony i na jego miejsce wybudowano nowy obiekt. Hotel Pelham z Bostonu uważany jest za pierwszy tak duży obiekt, który został poddany relokacji [1].



Rys. 2. Przeniesienie hotelu Pelham w Bostonie w 1857 r. [1]

Latarnia morska w Cape Cod

W wyniku działania sił natury, głównie erozji oraz silnych zimowych sztormów, latarnia morska w Cape Cod była zagrożona. Pozostawienie jej w tej lokacji skazywało ją na całkowite zawalenie. W 1994 roku zapadła decyzja o przesunięciu latarni morskiej celem uratowania jej przed zniszczeniem (rys. 3). W 1995 roku przesunięto latarnię o 137,16 m w głąb łądu [1].



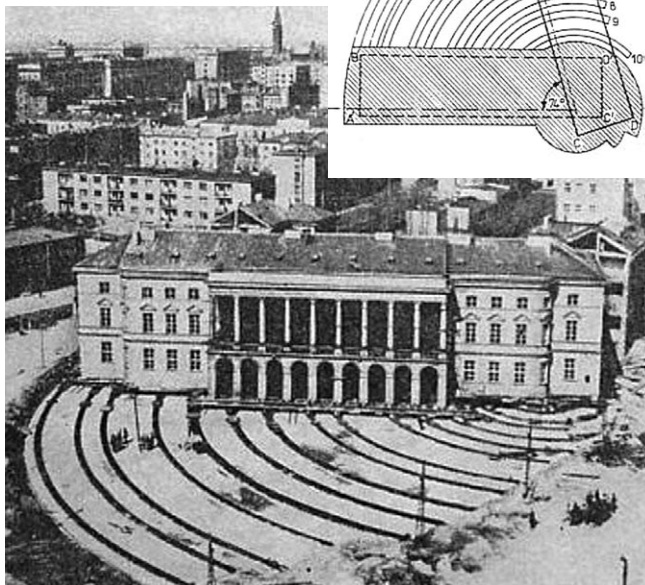
Rys. 3. Przesunięcie latarni morskiej w Cape Cod [1]

Duża część powierzchni Stanów Zjednoczonych Ameryki jest co roku zagrożona powodzią oraz zniszczeniami w wyniku działania erozji brzegu. Te działania natury spowodowały, że ludzie zaczęli przewozić swoje domy w inne, bezpieczniejsze lokalizacje [1].

Pałac Lubomirskich w Warszawie, Polska

W Polsce najbardziej znaną relokacją obiektu było przesunięcie Pałacu Lubomirskich w Warszawie (rys. 4).

W roku 1970 zdecydowano się na przesunięcie pałacu. Związane to było z budową



Rys. 4. Przeniesienie Pałacu Lubomirskich w Warszawie w 1970 r. [2]

nowego osiedla mieszkaniowego. Relokowany pałac miał masę około 8000 ton. Do relokacji użyto wałów stalowych, dwuteowników, wykonano ławy żelbetowe oraz zostały użyte dźwigniki hydrauliczne o nośności 500 kN każdy. Relokacja zakończyła się posadowieniem na nowych fundamentach. Całość operacji trwała 49 dni i w efekcie obrócono pałac o 74° [2].

Rogatki Grochowskie w Warszawie, Polska

Rogatki Grochowskie w Warszawie do roku 1889 roku wyznaczały granice miasta. W roku 1961 północny budynek, ważący 600 ton został przesunięty o 10,5 m. Powodem przesunięcia była konieczność poszerzenia ulicy. Aby uratować obiekt, wykonane zostały wykopy wokół obiektu i odcięto fundamenty. Następnie obiekt umieszczono na specjalnej ramie stalowej, pod którą podłożono rolki poruszające się po szynach. Do przesunięcia użyto 4 wind koźlowych.

W 2001 roku przesunięto rogałkę południową o 8,7 m. Rogatka południowa również waży około 600 ton i ma wymiary 8,5 m na 16,5 m. Budynek obecnie jest częściowo podpiwniczony. Relokacja tej rogałki odbyła się na ruszcie stalowym, wykonanym pod obiektem. Początkowo planowano podcięcie obiektu 15 cm poniżej poziomu gruntu, jednak zły stan obiektu wymusił podcięcie około 25 cm powyżej poziomu gruntu. Ruszt niezbędny do relokacji został wykonany z belek stalowych IPE240. Relokacja obiektu na nowe fundamenty trwała 3 godziny. Obiekt zabezpieczono i wzmocniono za pomocą HEA160. Całość poruszała się po specjalnie wykonanym torowisku. Do przesunięcia obiektu wykorzystano układ hydrauliczny składający się m.in. z czterech siłowników hydraulicznych, które były wprawiane w ruch przy użyciu pompy [5, 6, 7].

Kościół Najświętszej Maryi Panny w Warszawie, Polska

Relokacja Kościoła Najświętszej Maryi Panny w Warszawie odbyła się 1 grudnia 1962 roku. Poszerzana była Aleja Solidarności i kościół blokował inwestycję. Ze względów politycznych podjęto decyzję o przesunięciu kościoła tak, by uniknąć konieczności rozbiórki. Projekt relokacji powstawał dwa lata. Przygotowania do akcji trwały kilkanaście miesięcy. Pierwszym etapem było odcięcie kościoła od fundamentów. Pod kościół włożono żelbetowy ruszt oraz tory. Do relokacji użyto 420 rolek oraz pięć ręcznych wyciągarek. Cała relokacja trwała 226 minut i efektem końcowym było przesunięcie obiektu ważącego ponad 6 tysięcy ton o 21 m [8].

Abu Simbel w Egipcie

Budowa Tamy Asuańskiej i Jeziora Namera wymusiła przeniesienie Abu Simbel (kompleks dwóch świątyń), aby uchronić je przed zniszczeniem. Budowle zostały przeniesione około 65 m wyżej. Relokacja odbyła się w latach 1964–1968 i kosztowała ponad 36 mln dolarów. Przed wejściem do obiektu znajdują się cztery ponad 20 metrowe posągi. Aby przenieść Abu Simbel, zostały one pocięte na 1036 bloczków, ważących: każdy około 30 ton. Trudność relokacji polegała na zachowaniu zjawiska „cudu słońca”. Zjawisko to polegało na tym, iż dwa razy do roku promień słońca rozświetlał posągi. Po relokacji udało się zachować to zjawisko, jednak z różnicą jednego dnia. Dodatkowo zbudowano sztuczne wzgórze tak, aby zachować oryginalny wygląd. Prace związane z przeniesieniem nadzorował Polak, prof. Kazimierz Michałowski.

Relokacje w Rosji

W Rosji pierwsza relokacja odbyła się pod koniec XIX wieku. Relokowany został dom o wadze około dwóch tysięcy ton, który blokował rozbudowę kolei. Dom został przesunięty o ponad 100 m. W 1939 r. wykonano relokację budynku przy ulicy Twierskiej 6 w Moskwie. Budynek ustawiono na szynach i wraz z ludźmi w nim mieszkającymi przesunięto o 50 m. Był to pierwszy w historii przypadek, gdy relokacja odbyła się z ludźmi w obiekcie [9].

Szwedzkie miasto górnicze Kiruna

Kiruna to wysunięte najdalej na północ miasto w Szwecji. Jest to miasto, którego istnienie związane jest z największą na świecie kopalnią rud żelaza. Przez bardzo intensywną eksploatację rudy żelaza miasto zaczęło ulegać zniszczeniu. W mieście pękały ulice, tory kolejowe, rury, zapadały się najróżniejsze obiekty. W roku 2004 podjęto decyzję o relokacji całego miasta. Przenosiny rozpoczęto w 2007 roku, jednak w 2010 zmieniono docelową lokalizację. Według planów przeniesienie całego miasta ma być zakończone w 2033 roku.

Japońska wioska rybacka Yoshihama

W związku z niebezpieczeństwem wystąpienia trzęsienia ziemi i tsunami w regionach zurbanizowanych, usytuowanych na nisko położonych terenach, zaleca się przeniesienie osiedli mieszkalnych i innych obiektów użyteczności publicznej na tereny położone wyżej. Przykładem może być wioska rybacka Yoshihama, która uległa zniszczeniu przez tsunami w roku 1896. Przeniesienie wioski rozpoczęło się zaraz po jej zniszczeniu. Relokacja na wyższe tereny jest bardzo skuteczną metodą ograniczania ofiar śmiertelnych. Jednak ze względu na koszty jest bardzo często pomijana [7].

Relokacje armii amerykańskiej w Wietnamie

Wśród nietypowych relokacji obiektów można wyróżnić te przy użyciu helikoptera (rys. 5). Na zdjęciu widać helikopter Sikorsky CH-54 Tarhe, używany przez amerykańską armię. Ten helikopter transportowy mógł podnieść obiekty o maksymalnej wadze dwudziestu jeden ton. Pierwszy raz został użyty w 1962 roku w Wietnamie.



Rys. 5. Relokacja budynku armii amerykańskiej w 1962 roku w Wietnamie [11]

Rys historyczny światowych relokacji przedstawiono w tabeli nr 1.

3. Proces relokacji

3.1. Etapy relokacji

Relokacja polega na przeniesieniu obiektu z punktu A do wyznaczonego punktu B. Relokacja obiektu jest skomplikowanym przedsięwzięciem, który wymaga dużego zaplecza

Tabela 1. Historia relokacji obiektów budowlanych (opracowanie własne)

Lp.	Miasto	Obiekt	Przyczyna relokacji	Rok relokacji	Waga obiektu [t]
1.	Londyn/Anglia	Dom	Pierwsza opisana w historii relokacja domu	1598	Brak danych
2.	Filadelfia/USA	Lokalne więzienie	Reorganizacja, przeniesienie bliżej biura szeryfa	1799	Brak danych
3.	Boston/USA	Hotel Pelham	Przebudowa ulicy	1869	Brak danych
4.	Winifield, Kansas/USA	Budynek poczty	Zmiana lokalizacji biznesu	1870	Brak danych
5.	Okolice Moskwy/Rosja	Dom	Rozbudowa kolei	koniec XIX w	2000
6.	Yoshihama/Japonia	Wioska rybacka	Zniszczenie przez tsunami i groźba kolejnego	1896	Brak danych
7.	Lancashire do Richmond/Anglia do USA	Agecroft Hall	Sprzedaż z dostawą na inny kontynent	1925	180
8.	Calgary/Canada	Kościół	Przeniesienie w bardziej zamieszkały rejon	1926	Brak danych
9.	Moskwa/Rosja	Budynek mieszkalny ul. Twierska	Decyzja polityczna	1939	Brak danych
10.	Warszawa/Polska	Rogatki Grochowskie	Przebudowa ulicy	1961 i 2001	600
11.	Warszawa/Polska	Kościół NMP	Decyzja polityczna	1962	6000
12.	Abu Simbel/ Egipt	Antyczne świątynie	Budowa tamy	1964–1968	31000

Tabela 1. cd.

Lp.	Miasto	Obiekt	Przyczyna relokacji	Rok relokacji	Waga obiektu [t]
13.	Warszawa/Polska	Pałac Lubomirskich	Nowe inwestycje – budowa osiedla	1970	8000
14.	San Antonio/USA	Hotel Fairmount	Ocalenie zamiast rozbiórki	1985	1600
15.	Wybrzeże USA	Latarnia Cape Cod	Ocalenie przed siłami natury	1995	Brak danych
16.	Detroit/USA	TeatrThe Gem	Ocalenie historycznego obiektu	1997	2700
17.	Outher Banks, Północna Kalifornia/USA	Latarnia Cape hatteras	Ocalenie przed siłami natury	1999	4830
18.	East Sussex/Anglia	Latarnia Belle Tout	Ocalenie przed siłami natury	1999	850
19.	Minneapolis/USA	Teatr Szuberta	Miejsce pod nowe muzeum	1999	2908
20.	San Jose Kalifornia/USA	Hotel Montgomery	Miejsce dla nowego hotelu	2000	4816
21.	Newark/USA	Budynek portu lotniczego nr. 51	Modernizacja lotniska	2000–2001	7400
22.	Gunangxi/Chiny	Budynek Fu Gang	Nowe inwestycje	2004	15140
23.	Kiruna/Szwecja	Miasto górnicze	Zniszczenie eksploracją rudy żelaza, zapadanie	2007–2033	Brak danych
24.	Zurych/Szwajcaria	Budynek fabryki Oerlikon	Nowe inwestycje	2011–2012	6800

technicznego i odpowiedniej kadry. Pracę nad relokacją obiektu należy zacząć od stworzenia planu relokacji i jej harmonogramu. Proces relokacji obiektu wymaga specjalistycznego sprzętu oraz zatrudnienia firmy zajmującej się transportem specjalistycznym. Zatrudnienie firmy zajmującej się relokacjami jest kluczowym punktem. Wybór firmy z odpowiednim doświadczeniem i sprzętem zapewni profesjonalną relokację obiektu. Podniesienie, zabezpieczenie, transport i ustawienie obiektu to etapy kluczowe dla relokacji, następujące jednak po sobie. Każdy z etapów musi zostać wykonany bezbłędnie, by rozpocząć kolejny [1, 3].

Etap wyboru firmy do relokacji

Wybór firmy to najważniejszy etap, który zdefiniuje wszystkie pozostałe. Najlepszym miejscem do znalezienia odpowiedniej firmy są organizacje zrzeszające firmy zajmujące się relokacjami. Najpierw należy rozpocząć szukanie firmy wśród firm lokalnych, gdyż znają okolice i mają znajomości w niezbędnych urzędach, w których trzeba uzyskać niezbędne pozwolenia. Przy wyborze firmy należy też kierować się poniższymi kryteriami.

- Ubezpieczenie

Czy firma ma niezbędne ubezpieczenie. Firma powinna mieć ubezpieczenie na wypadek uszkodzenia lub zniszczenia relokowanego obiektu, jak i innych napotkanych. Wysokość polisy ubezpieczenia i znana marka ubezpieczyciela powinny być silnym punktem przy wyborze firmy.

- Doświadczenie

Należy sprawdzić, czy firma posiada odpowiednie doświadczenie przy relokacji. Przy relokacjach obiektów historycznych konieczne jest, aby firma posiadała osoby z nadzoru o odpowiednich uprawnieniach. W weryfikacji doświadczenia pomaga dokumentacja ze zdjęciami poprzednich relokacji firmy wraz z listami polecającymi.

- Opinie

Należy też zweryfikować opinie o firmie. Najlepszym sposobem jest znalezienie informacji w internecie i kontakt z osobami, które korzystały już z usług firmy.

- Cena

Przy wyborze firmy do relokacji nie należy się kierować wyborem oferty o najniższej kwocie. Bezpieczeństwo relokacji jest najważniejsze, dlatego porównując oferty cena nie powinna być decydującym czynnikiem.

Etap podpisania kontraktu na relokację

Kontrakt musi dokładnie opisać obowiązki i zakres odpowiedzialności firmy i właściciela obiektu. Należy ustalić harmonogram relokacji oraz jego możliwe opóźnienia. Jeśli w procesie relokacji uczestniczą jeszcze inne firmy, należy opisać ich obowiązki i zakres prac oraz wpływ na harmonogram.

Etap uzyskania pozwoleń

Relokacja obiektu wymaga uzyskania różnego rodzaju pozwoleń. Uzyskanie pozwoleń na przewóz jest kluczowe. Generalny wykonawca relokacji musi przedstawić plan relokacji i wystąpić o zgodę, lub pozwolenie na budowę obiektu w nowym miejscu. Relokację oraz jej trasę należy skonsultować i uzyskać niezbędne pozwolenia w jednostkach policji, straży pożarnej, zarządu dróg, wody i kanalizacji, gazu, prądu elektrycznego i sieci teleinformatycznej. Przy relokacji obiektów historycznych konieczna jest zgoda i nadzór konserwatorski. Przy relokacji obiektu w inne miejsce, potrzebna jest opinia geologa, który może wykazać, że fundamenty w nowym miejscu muszą mieć inny projekt lub może wykluczyć relokację starych fundamentów. Należy też zapewnić odpowiednie pozwolenie na przewóz ponadgabarytowy. Relokacja obiektu musi odbyć się zgodnie z zasadami ochrony przyrody i nie może mieć negatywnego wpływu na środowisko [1].

Etap przygotowania relokacji

Chociaż każda relokacja jest inna można stworzyć listę tematów, które należy sprawdzić przed każdą relokacją. Przed relokacją należy sprawdzić media oraz instalacje związane z obiektem: gaz, prąd, telefony, wodę, kanalizację, ppoż., alarm, wentylację, klimatyzację i inne.

W pierwszym etapie należy opróżnić pomieszczenia z delikatnych przedmiotów lub odpowiednio je zabezpieczyć. Wskazane jest opróżnienie zawartości obiektu. Po wyznaczeniu trasy relokacji należy ją oczyścić i zabezpieczyć. Należy usunąć wszystkie elementy infrastruktury, które kolidują. Kolejnym, jakże istotnym etapem, jest ustalenie, czy wymagane jest pozwolenie na budowę. Cała trasa relokacji musi być uzgodniona ze wszystkimi właścicielami dróg z naszej trasy. Zdobycie wszystkich danych pozwala zaplanować relokację i wykonać jej harmonogram. W dniu relokacji konieczne jest zweryfikowanie bezpieczeństwa relokacji. Czasami konieczne okazuje się wykonanie testów wytrzymałościowych podłoża na trasie naszej relokacji. Żeby uznać, że relokacja odbyła się w sposób prawidłowy, obiekt w nowej lokalizacji musi być podpięty do wszystkich wymaganych mediów i instalacji. Sukces relokacji to bezpieczny transport obiektu i zapewnienie bezpieczeństwa dla otoczenia relokacji [1].

3.2. Rodzaje relokacji

Relokację obiektu można wykonać na kilka sposobów. Wybór sposobu relokacji wpłynie na cały proces. Rodzaj relokacji kształtuje jej koszt, czas, trasę i wiele innych czynników. Przy wyborze rodzaju relokacji należy przeanalizować stan techniczny obiektu, możliwe drogi transportowe, czy też miejsce docelowe. Wiele czynników może wpłynąć na ograniczenie opcji wyboru [1].

Relokacja w całości

Relokacja w całości jest najciekawszą z opcji, ale też najtrudniejszą. W tym przypadku sama relokacja nie trwa długo, ale najwięcej czasu zajmuje jej zaprojektowanie i przygotowanie. Przed decyzją o wyborze należy przyjrzeć się wadom i zaletom tego rozwiązania [1].

Zalety:

- obiekt pozostaje niezmienny i zachowuje swój oryginalny wygląd,
- niskie koszty naprawy w miejscu docelowym,
- mniejsze prawdopodobieństwo zniszczenia w trakcie relokacji.

Wady:

- wymiary budynku ograniczają możliwe drogi relokacji, czasami wykluczając taką możliwość,
- czas relokacji może być większy ze względu na przebieg przygotowania obiektu, ale też sama relokacja może być bardzo czasochłonna,
- relokacja obiektu w całości może być bardziej kosztowna niż inne opcje,
- wykonalność tej opcji jest zależna od wielu czynników: różnice wysokości w terenie, spadek terenu, szerokość drogi.

Relokacja przez całkowity demontaż

Opcja ta polega na rozebraniu obiektu do jak najmniejszych części tak, aby jak najwięcej elementów udało się wykorzystać do odbudowy [1].

Zalety:

- łatwy transport, brak ograniczeń drogi transportowej,
- niskie koszty całej relokacji,
- łatwość odbudowania w docelowym miejscu.

Wady:

- w trakcie procesu demontażu niektóre elementy są bezpowrotnie zniszczone,
- duża ekspozycja na warunki pogodowe w trakcie zbiórki,
- bardzo duże koszty odbudowy,
- wysoki wpływ na materiały i na wygląd budynku,
- całkowita utrata integralności historycznej.

Relokacja przez częściowy demontaż

Opcja ta polega na podzieleniu obiektu na segmenty. Każdy z segmentów jest relokowany osobno i na docelowym miejscu relokacji jest łączony w całość. Ważne jest, aby podzielić obiekt na takie segmenty, które nie spowodują, że obiekt wciąż będzie przekraczał dopuszczalne do transportu wymiary. W niektórych przypadkach należy wykonać dodatkowe stężenia, aby zabezpieczyć konstrukcję. Ta opcja dodatkowo wymusza zabezpieczenie obiektu przed warunkami pogodowymi, głównie wilgocią. Najprostszym sposobem na zabezpieczenie segmentów jest zastosowanie folii lub plandeki tak, aby woda nie dostała się do transportowanych elementów. Dodatkowo opcja ta wymaga zabezpieczenia obiektu w trakcie demontażu. Po odcięciu pierwszych segmentów, niepodzielona część obiektu wymaga zabezpieczeń [1].

Zalety:

- większa elastyczność w transporcie,
- łatwiejszy transport,
- powinno być mniej kosztownie niż relokacja w całości,
- odbudowanie i ustawienie w docelowym miejscu relokacji jest o wiele łatwiejsze.

Wady:

- ryzyko uszkodzenia w procesie cięcia bardzo duże,
- duża ekspozycja na warunki atmosferyczne,
- duże koszty odbudowy w docelowym miejscu,
- duże koszty zabezpieczenia obiektu w trakcie całej relokacji,
- mniejsze segmenty są mniej podatne na uszkodzenia, ale ich wykonanie wymaga wzmocnień. Prawidłowe usztywnienie konstrukcji jest kluczowe w tej opcji.

3.3. Bezpieczeństwo relokacji

Ogólne zasady bezpieczeństwa

Aby w sposób bezpieczny wykonać relokację należy przestrzegać zasad:

- pochylenie powierzchni na trasie relokacji powinno być jak najmniejsze, przy relokacji na rolkach nie większe niż 2%;

- prędkość relokowanego obiektu powinna być optymalna, przy relokacji na rolkach nie powinna przekroczyć 5 m/min. Prędkość relokacji weryfikują warunki atmosferyczne;
- prace transportowe mogą być wykonywane tylko przez przeszkolonych pracowników;
- należy uważać na osoby postronne. Trasa relokacji musi być wygradzona i jeśli jest konieczność należy oddelegować osoby do pilnowania trasy, aby nikt postronny nie znalazł się w strefie relokacji. Szczególną uwagę należy zwrócić w trakcie opuszczania obiektu;
- ze względu na przeszklenie obiektów zabronione jest używanie pojazdów z napędem mechanicznym do przemieszczania zestawów transportowych z ładunkiem;
- w trakcie relokacji należy kontrolować, czy zestawy nie przemieszczają się, aby uniknąć zagrożenia związanego z przewróceniem ładunku;
- trasa relokacji musi być wyczyszczona. Na trasie nie mogą się znajdować żadne drobne elementy, które mogłyby zablokować rolki;
- każdy pracownik powinien posiadać i być zaopatrzony w środki ochrony osobistej. W tym przypadku będą to: buty z wzmocnionymi noskami, okulary, kaski do prac na wysokości, szelki, liny oraz każdy z pracowników musi posiadać odblaskową kamizelkę z nazwą firmy wykonującej relokację tak, aby każdy pracownik był widoczny.

Bezpieczne używanie podnośników hydraulicznych

Podnośnik hydrauliczny to urządzenie działające na zasadzie prasy hydraulicznej, umożliwiające podnoszenie ciężkich obiektów. Podnoszenie odbywa się przy udziale cieczy, która powoduje poniesienie się części podnośnika. Używając podnośników należy pamiętać, że:

- za pomocą podnośnika można podnosić jedynie przedmioty, obiekty o maksymalnej dopuszczalnej masie lub lżejsze;
- należy unikać gwałtownego zatrzymania lub szybkiego opuszczania;
- urządzenie jest przeznaczone do używania na płaskich, równych i gładkich powierzchniach;
- przed rozpoczęciem podnoszenia należy sprawdzić, czy podnośnik jest unieruchomiony;
- nie wolno przeciążać podnośnika.

Podnoszenie za pomocą podnośników: należy przekręcić rękojeść obrotową do oporu w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, następnie należy pompować dźwignią. Jeśli obiekt zostanie podniesiony na odpowiednią wysokość, należy zabezpieczyć go podporami lub podłożyć rolki transportowe.

Opuszczanie za pomocą podnośników: należy przekręcić rękojeść w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, należy kontrolować obrót rękojeści tak, aby ramię podnośnika nie opadało zbyt szybko. W przypadku pracy czterech podnośników muszą być one opuszczane równocześnie. Dodatkowo wskazane jest aby wszystkie cztery podnośniki były takie same i miały taki sam mechanizm podnoszenia i opuszczania.

Zagrożenia przy użyciu podnośników:

- awaria jednego lub więcej podnośników może spowodować nierównomierne podnoszenie i spowodować uszkodzenie konstrukcji lub, np. pęknięcie szyb;
- praca każdego podnośnika musi być identyczna. Pracownicy używający podnośników muszą wykonywać podnoszenie i opuszczanie w dół, w sposób synchroniczny;
- przed rozpoczęciem relokacji należy sprawdzić poziom oleju oraz odpowietrzyć podnośniki.

4. Podsumowanie

Relokacja obiektów jest zagadnieniem bardzo wymagającym. Jej zaprojektowanie i wykonanie wymaga wiedzy, doświadczenia i koordynacji przedstawicieli z wielu branż. W Europie znajduje się mało firm zajmujących się relokacjami obiektów, gdyż koszty relokacji są bardzo duże. Miejscem, w którym wykonuje się najwięcej relokacji na świecie, są Stany Zjednoczone. Najczęściej relokowane tam obiekty mają konstrukcję szkieletową – drewnianą, a zatem bardzo lekką. To duże ułatwienie sprawiło że relokacje stały się w Stanach codziennością.

Analiza literatury potwierdza fakt, iż w Polsce również mają miejsce tego typu działania. Ponadto artykuł umożliwia poznanie historii relokacji oraz dostępnych technologii wpływających na rozwój branży. Co roku relokowane są dziesiątki tysięcy małych i dużych obiektów na całym świecie. Należy jednak pamiętać, że relokacja to duże wyzwanie techniczno-logistyczno-ekonomiczne, które wymaga dużego doświadczenia i umiejętności z różnych dziedzin. Wydaje się że nie ma granic, których człowiek nie mógłby przesunąć. Zatem być może w przyszłości nie będzie też i ograniczeń co do wielkości relokowanych obiektów. W Polsce powinien nastąpić rozwój tej dziedziny i wtedy pojawią się nie tylko relokacje mające na celu uratowanie obiektu przed zniszczeniem, ale także w kategorii inwestycji mających zwiększyć wartość obiektu przez zmianę lokalizacji. Przyszłość branży budowlanej to rozwój tematów związanych z relokacjami. Możliwe, że już niedługo przyszłe projekty obiektów będą uwzględniały sposób ich relokacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Paravalos P, Moving a house with Preservation In Mind, AltaMira Press, 1967
- [2] Hera E., Posadowienie budowli. Fundamentowanie – Projektowanie i wykonawstwo, tom 2, rozdz. 12, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1988
- [3] Owen D., Facilities Planning & Relocation, R.S. Means Company, inc., 1993
- [4] <http://starozytny-egipt.eprace.edu.pl/1440,Piramidy.html> (24.02.2023)
- [5] http://warszawa.wikia.com/wiki/Rogatki_grochowskie (24.02.2023)
- [6] http://www.muratorplus.pl/technika/konstrukcje/przesuwanie-roгатki_57077.html (24.02.2023)
- [7] <http://www.twoja-praga.pl/info/informacje/3668.html> (24.02.2023)
- [8] <http://tvnwarszawa.tvn24.pl/informacje,news,przesuneli-kosciol-o-21-metrow,20058.html> (24.02.2023)
- [9] <http://a-dedushkin.livejournal.com/149596.html> (24.02.2023)
- [10] <http://www.japantimes.co.jp/life/2011/06/12/general/heights-of-survival/#.Vokvbf9lhD9> (24.02.2023)
- [11] <http://www.autoevolution.com/news/the-largest-transport-helicopter-in-the-world-24549.html> (24.02.2023)

Perspektywy zastosowania betonu hydraulicznego w budownictwie pozaziemskim ze względu na konsystencję mieszanki

Prospects for the use of hydraulic concrete in extraterrestrial construction due to the consistency of the mixture

dr inż. Magdalena Mrozek (ORCID: 0000-0002-2215-5703), dr inż. Dawid Mrozek (ORCID: 0000-0003-3412-3132), Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9368

Streszczenie: Jednym z istotnych problemów przy projektowaniu bazy pozaziemskiej jest dobór odpowiedniego materiału konstrukcyjnego. Autorzy niniejszego artykułu przygotowują się do serii badań materiałów, których podstawą byłby symulant regolitu. Są one jednak kosztowne i wymagają dobrego przygotowania. Pierwszym etapem jest przeprowadzenie badań materiału znanego i łatwo dostępnego, jakim jest beton, w warunkach obniżonego ciśnienia. Artykuł prezentuje wyniki testów odpowiadających na pytanie, w jaki sposób konsystencja mieszanki betonowej dojrzewającej w próżni wpływa na parametry stwardniałego betonu, takie jak gęstość oraz wytrzymałość na ścislenie.

Słowa kluczowe: budownictwo pozaziemskie, beton, próżnia, badania wytrzymałości.

Abstract: One of the significant problems in the design of an extraterrestrial habitat is the selection of a suitable structural material. The authors of this paper are preparing for a series of material tests based on a regolith simulant. However, these are expensive and require good preparation. The first step is to test a material that is known and readily available, such as concrete, under reduced pressure. This article presents the results of experiments answering the question: how does the consistency of a concrete mixture matured in a vacuum affect the parameters of the hardened concrete, such as density and compressive strength.

Keywords: extraterrestrial construction, concrete, vacuum, strength tests.

1. Wprowadzenie

Pomysł budowy ludzkich siedlisk na Księżycu lub Marsie wydaje się być wzięty wprost z literatury fantastycznonaukowej. Tymczasem w 50. rocznicę pierwszego lądowania człowieka na Księżycu NASA oraz ESA ogłosiły plany wznowienia misji eksploracyjnych oraz zapoczątkowanie stałej obecności człowieka w habitatach ulokowanych na Księżycu do roku 2040. Badania oraz projekty przyszłych baz księżycowych już trwają. Analizowanych jest wiele koncepcji, przede wszystkim skupiających się na możliwości stworzenia warunków przyjaznych do życia wewnątrz takiego obiektu. Niemniej ważnym problemem jest dobór materiału konstrukcyjnego. Powinien on zapewnić odpowiednią ochronę przed uderzeniami mikrometeoroidów czy nieprzyjaznego promieniowania. Przy tym kluczową kwestią pozostaje warunek ekonomiczny, aby zasadne było wykonanie go z dala od Ziemi (na miejscu).

2. Krótki przegląd literaturowy

Już w latach 80. ubiegłego wieku Lin [1] rozważał zastosowanie betonu jako materiału konstrukcyjnego bazy ulokowanej na Księżycu. Beton jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych materiałów konstrukcyjnych. Jego niewątpliwe zalety, takie jak łatwość przetwarzania, kształtowania i wytwarzania oraz stosowanie go jako materiału w konstrukcjach specjalnych, takich jak elektrownie jądrowe wskazują, że wybór betonu jako materiału, z którego zbudowane byłyby siedliska na Księżycu lub Marsie, jest słuszny. Dodatkowo badania składu chemicznego regolitu występującego na Księżycu i Marsie wykazały, że można z niego uzyskać spoiwo, czyli zamiennik cementu oraz kruszywo i otrzymać beton bez transportu części składników z Ziemi. Tematyka „kosmicznego” betonu jest szeroko opisywana m.in. w pracach [2-8]. W literaturze dostępne są badania różnego rodzaju betonów ze względu na warunki pozaziemskie. Badano m.in. zwykły beton hydrauliczny, który był poddany

działaniu próżni, dopiero po stwardnieniu [9, 10] zauważono, że próżnia znacząco nie wpłynęła na spadek gęstości i wytrzymałości. Sprawdzano również czy mieszanka betonowa może dojrzewać w próżni, [13] niestety uzyskano negatywne wyniki, ale zauważono, że dojrzewanie próbki betonowej przez 24 godziny w ciśnieniu atmosferycznym, a dopiero potem umieszczenie jej w próżni spowodowało, że beton zachował ok. 90% swojej wytrzymałości na ściskanie. Poza zwykłym betonem hydraulicznym badano również próbki betonowe, które stworzone były z symulantów ziemi księżycowej [14, 15]. Okazało się, że próbki zawierające symulant regolitu osiągały lepsze parametry niż zwykły beton. Musimy mieć jednak na uwadze to, że symulant nie jest regolitem pochodzącym z Księżyca czy Marsa. Jest jedynie odpowiednikiem stworzonym z ziemskich składników na podstawie znanego składu chemicznego próbek księżycowych przywiezionych z misji Apollo oraz pobranych przez łaziki na Marsie, przez co do takich wyników należy podchodzić z dystansem.

Rozpoczynając własne prace nad badaniem betonu dojrzewającego w obniżonym ciśnieniu, autorzy niniejszego artykułu, wraz z grupą studentów w ramach studenckiego koła naukowego „Budownictwo Pozaziemskie”, zdecydowali się na najprostsze eksperymenty, podobne do tych, których wyniki można odnaleźć w literaturze. Rezultaty tych badań [16, 17], nie odbiegały zasadniczo od już wcześniej prezentowanych. W trakcie tych początkowych eksperymentów pojawiło się pytanie, co się stanie, gdy zamiast standardowego składu mieszanki betonowej użyje się mniej lub więcej wody, która jest składnikiem znacząco wpływającym na parametry stwardniałego betonu, takie jak gęstość oraz wytrzymałość na ściskanie. Ze względu na to, że nie odnaleziono odpowiedzi w literaturze, przygotowano kolejne serie badań – próbek o różnej konsystencji mieszanki.

3. Przygotowanie próbek i przebieg badania

Próbki zostały przygotowane z gotowych paczkowanych betonowych mieszanek posadzkowych. Próbki początkowo przygotowano przy użyciu zalecanej przez producenta ilości wody: 1,8 l na 25 kg suchej mieszanki. Wykonano również wariantowe próbki o rzadszej i gęstszej konsystencji. W sumie powstało 21 próbek, po 3 dla każdej konsystencji. Konsystencje zbadano na stoliku rozplýwowym przeznaczonym dla zapraw. Poszczególne typy próbek oznaczono kolejnymi numerami od K1 do K7 kierując się zasadą od najgęstszej do najrzadszej konsystencji: K1 – konsystencja sypka, K2 – rozplýw o średnicy 10,5 cm, K3 – rozplýw 18 cm – zalecana przez producenta ilość wody, K4 – rozplýw 18,5 cm, K5 – rozplýw 20 cm, K6 – rozplýw 21,5 cm, K7 – rozplýw 24 cm. Mieszanki zostały ułożone w cylindrycznych formach o wysokości 200 mm i średnicy 100 mm. Próbki betonowe o różnej konsystencji, ułożone w formach przedstawia rysunek 1. Po dwie próbki z każdej konsystencji dojrzewały w komorach próżniowych, a pozostałe, po wstępnej dekompresji, zostały



Rys. 1. Próbki o różnych konsystencjach (od K1 – skrajnie na lewo po K7 – skrajnie na prawo)

przeznaczone do dojrzewania w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Zabieg ten miał na celu wyrównanie stanu początkowego we wszystkich analizowanych próbkach. Fizycznie nie jest możliwe uzyskanie pełnej próżni, natomiast wewnątrz komór zdołano obniżyć ciśnienie do ok. 7 hPa, co jest wartością zbliżoną do ciśnienia panującego na Marsie. W dalszej części artykułu autorzy posługują się określeniem „próżnia” (głównie na rysunkach), co ma na celu wprowadzenie skrótowego do pojęcia „obniżonego ciśnienia”.

Dekompresja komory próżniowej powoduje wznios (pęcznienie) mieszanki betonowej, związane jest to z szybkim tempem odgazowania wilgoci i pęcherzyków powietrza. W przypadku próbek o najgęstszych konsystencjach nie zaobserwowano zjawiska pęcznienia. Z kolei w najrzadszych mieszankach (rys. 2) dochodziło do gwałtownego wrzenia wody, co powodowało, poza wcześniej zauważonym pęcznieniem, również wyrzuty mieszanki poza formę.



Rys. 2. Efekt dekompresji na próbkach o najrzadszych konsystencjach K5-K7

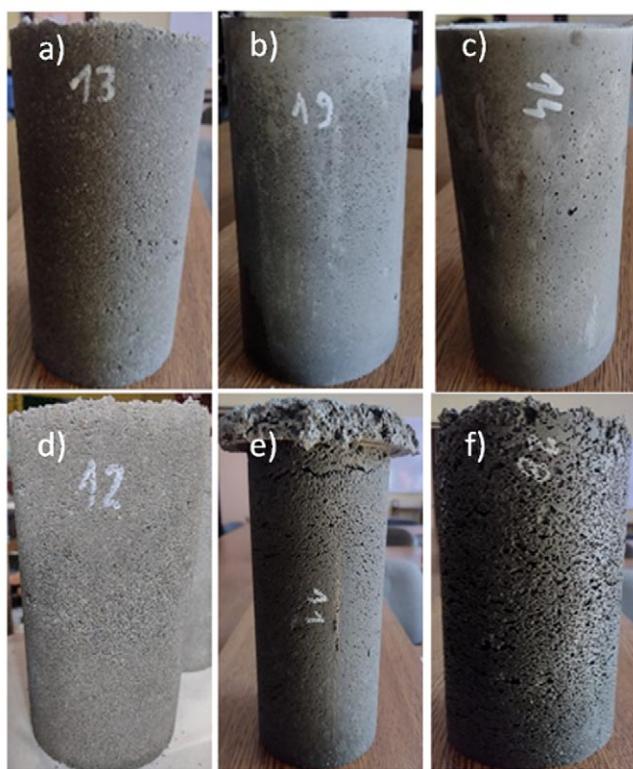
4. Wyniki przeprowadzonych badań

Badania próbek betonowych dojrzewających w obniżonym ciśnieniu zrealizowane zostały na ograniczonej liczbie, która wynikała z ilości miejsca w komorach próżniowych. Należy także pamiętać, że celem tych badań jest zrozumienie wpływu dekompresji na mieszankę betonową i odpowiednie zarządzanie przebiegiem badań. Nie wyklucza to jednak

możliwości przeprowadzenia analizy mającej na celu określenie wpływu dojrzewania mieszanki betonowej w obniżonym ciśnieniu na parametry stwardniałego betonu po 28 dniach po zarobieniu.

4.1. Wygląd zewnętrzny

Po rozformowaniu zaobserwowano duże różnice w wyglądzie poszczególnych próbek. Wybrane próbki, na górnych zdjęciach (a–c) widoczne są produkty mieszanek betonowych dojrzewających na zewnątrz, w ciśnieniu atmosferycznym przedstawia rysunek 3. Te próbki nie różnią się znacząco od siebie, na zdjęciu a) widać próbkę o konsystencji K1 (najgęstsza), natomiast zdjęcie c) przedstawia konsystencję najrzadszą – K7 i właśnie te dwie próbki najbardziej się różniły ze wszystkich dojrzewających na zewnątrz, przy czym łatwiej było to wyczuć dotykiem niż wzrokiem, gdyż pierwsza próbka była bardziej chropowata, a ta ostatnia miała bardzo gładką strukturę. Dużo większe różnice widoczne były dla próbek dojrzewających w komorach próżniowych. Próbki o konsystencji najgęstszej (zdjęcie d, rysunek 3) miały najmniej porów, do tego nie pęczniały podczas dekompresji. Próbki o pośredniej konsystencji (zdjęcie e) miały więcej porów, w efekcie czego wytworzyła się na wierzchu struktura w kształcie „grzyba”. Najrzadsza konsystencja (zdjęcie f) spowodowała, że stwardniały beton posiadał najwięcej porów, natomiast podczas dekompresji wrzenie wody wyrzuciło poza formę część mieszczanki. W tym przypadku nie

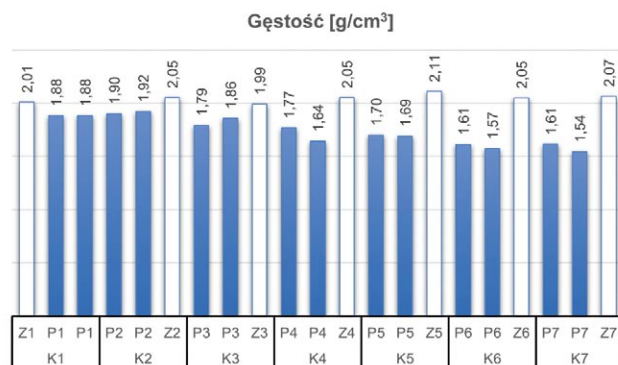


Rys. 3. Próbki po rozformowaniu o konsystencji i lokalizacji: a) K1 na zewnątrz, b) K5 na zewnątrz, c) K7 na zewnątrz, d) K1 w próżni, e) K5 w próżni, f) K7 w próżni

powstał charakterystyczny „grzyb”, jak to miało miejsce przy pośrednich konsystencjach. Jeżeli porównamy próbki o tej samej konsystencji dojrzewające w komorach i na zewnątrz, można zauważyć, że próbki K1 nie różnią się w wyglądzie zewnętrznym. Największą różnicę widać w próbkach K7 – o ile próbki dojrzewające w warunkach ciśnienia atmosferycznego mają gładką powierzchnię z niewielkimi porami, odpowiadające im próbki dojrzewające w obniżonym ciśnieniu mają mocno widoczne, gęsto rozmieszczone pory.

4.2. Gęstość objętościowa

Po rozformowaniu nierówności zostały ścięte, próbki zostały wyrównane, zmierzone oraz zważone, a następnie na tej podstawie obliczono ich gęstość objętościową. Wykres słupkowy zawierający wartości gęstości wyrażone w $[g/cm^3]$ wszystkich badanych próbek przedstawia rysunek 4. Słupki bez wypełnienia prezentują wartości gęstości próbek dojrzewających na zewnątrz, pomimo lekkich wahań można stwierdzić, że gęstość w tych przypadkach była stała i średnio wynosiła $2,05 g/cm^3$. Natomiast próbki, które dojrzewały w próżni, wykazały się niższą wartością gęstości przy wzroście współczynnika w/c. Największy spadek wartości gęstości tych próbek wyniósł 20%. Dwie najrzadsze konsystencje, o pełnym rozplywie, doznawały najbardziej gwałtownego wrzenia i mocnego powiększania się porów, a co za tym idzie zmniejszenia gęstości objętościowej.

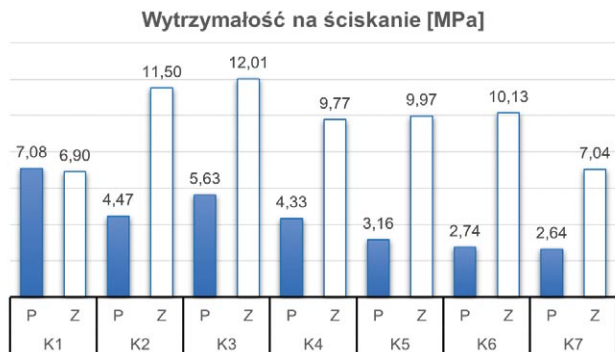


Rys. 4. Gęstość próbek betonowych obliczona po rozformowaniu, w g/cm^3

4.3. Wytrzymałość betonu na ściskanie po 28 dniach

Wcześniej przygotowane próbki umieszczono w maszynie wytrzymałościowej. Przyrost siły ściskającej wynosił $5 kN/s$. Wyniki badań w postaci wykresu słupkowego wytrzymałości na ściskanie poszczególnych próbek prezentuje rysunek 5. Słupki bez wypełnienia odpowiadają wynikom próbek dojrzewających w ciśnieniu atmosferycznym (zewnętrznym). Najwyższą wytrzymałość na ściskanie osiągnęły próbki z zalecaną przez producenta ilością wody. Próbka o najgęstszej konsystencji mieszanki betonowej, praktycznie sypkiej, osiągnęła wytrzymałość o 42% niższą w porównaniu do maksymalnej wartości próbki dojrzewającej na zewnątrz. Była to (K1) jednocześnie najniższa wartość próbek dojrzewających

na zewnątrz. Zastosowanie konsystencji mieszanek betonowych K4, K5 i K6, skutkowało uzyskaniem podobnych wartości wytrzymałości, która była o ok. 17% mniejsza od wartości maksymalnej. Ostatnia próbka o największej wartości w/c, charakteryzowała się podobnie niską wartością wytrzymałości na ściskanie jak K1.



Rys. 5. Wytrzymałość na ściskanie w MPa próbek o różnych konsystencjach mieszanki

Wyniki badań wytrzymałościowych próbek dojrzewających w obniżonym ciśnieniu widoczne są w postaci słupków o zaciemnionym polu. W celu zwiększenia przejrzystości wyników rezultaty z próbek każdej konsystencji zostały arytmetycznie uśrednione. W przeciwieństwie do próbek dojrzewających na zewnątrz, w tym przypadku najmocniejsze okazały się próbki o najgęstszej konsystencji mieszanki betonowej, ich średnia wytrzymałość na ściskanie przewyższyła nawet odpowiadającą im próbkę dojrzewającą na zewnątrz, jednak wciąż jej wartość była znacznie mniejsza od tej maksymalnej (K3 na zewnątrz). Oznacza to, że w przypadku zbyt małej ilości wody w mieszance betonowej, nie ma znaczenia, czy dojrzewa ona w obniżonym ciśnieniu. W przypadku próbek, w których ilość wody dostosowana była do zaleceń producenta, to tak jak we wcześniejszych badaniach autorów [11, 12], dojrzewanie w komorze spowodowało uzyskanie wartości wytrzymałości na ściskanie o ok. połowę mniejszą niż przy dojrzewaniu w ciśnieniu atmosferycznym. Kolejne próbki, o wyższej wartości w/c, osiągały coraz mniejsze wartości wytrzymałości na ściskanie. Jednocześnie różnica pomiędzy wytrzymałościami z próbek dojrzewających na zewnątrz i w komorach próżniowych powiększała się.

5. Podsumowanie

Ilość wody w mieszance betonowej dojrzewającej w obniżonym ciśnieniu ma ogromne znaczenie. Przeprowadzone badania wykazały, że im mniej wody tym wyższe wartości wytrzymałości na ściskanie. Niestety ograniczenia wody w betonie hydraulicznym łączy się z gorszym wiązaniem mieszanki, a co za tym idzie brakiem uzyskania oczekiwanych parametrów wytrzymałościowych. W perspektywie budownictwa pozaziemskiego beton hydrauliczny można byłoby stosować jedynie w przypadku możliwości

przygotowania mieszanki i dojrzewania jej w zamkniętych szczelnych pomieszczeniach, w których zapewniono by ciśnienie jak najbardziej zbliżone do tego panującego na Ziemi. Taka sytuacja jest możliwa przy zastosowaniu kopuł monolitycznych, których technologia w pierwszej kolejności wymaga nadmuchania powłoki (deskowanie tracone), a całą konstrukcję wykonuje się od wewnątrz. Jeżeli chcielibyśmy uzyskać bardziej uniwersalny materiał, który można stosować również w warunkach obniżonego ciśnienia, to należałoby unikać stosowania zwiększonej ilości wody. Kolejnym wyzwaniem jest taki dobór składników przyszłego „betonu kosmicznego”, by z jak najmniejszą ilością wody (lub jej zamiennika) uzyskać jak największą wytrzymałość oraz szczelność samej konstrukcji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lin T., Concrete for lunar base construction, Concrete international Design & construction 1987, str. 48–53
- [2] Naser M. Z., Extraterrestrial construction materials, Progress in Materials Science, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100577>
- [3] Khatib A., Anwar W., Mehmood I., i in., Lunar concrete: Prospects and challenges. Astronomy Reports. 60, 2016, str. 306–312, doi:10.1134/S1063772916020050
- [4] Boles W., Kirby K., Baird S., Concrete for lunar and Mars soils in situ resource utilization, SP 2002 Robot 2002, str. 143–147
- [5] Koh S.W., Yoo J., Bernold L. E., Lee T. S., Experimental study of waterless concrete for lunar construction, Earth and Space (12th) 2010:7, doi:10.1061/41096(366)102
- [6] Ishikawa N., Kanamori H., Okada T., The possibility of concrete production on the Moon, Lunar Bases SP Act 21st Century, 1992, str. 489
- [7] Zarzycki P. K., Kutzer J., A proposition for a lunar aggregate and its simulant. Advances in Space Research 65, 2020 2894–2901, doi:10.1016/j.asr.2020.03.032
- [8] McKay D. S., Allen C. C., Concrete – A Practical Construction Material for Mars, Engineering, Construction, and Operations in Space V, 1996, str. 566–570
- [9] Cullingford H. S., Keller M. D., Lunar concrete for construction, The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century, 1992, str. 497–499
- [10] Kanamori H., Matsumoto S., Ishikawa N., Long-term properties of mortar exposed to a vacuum, ACI Special Publication 125, 1991, str. 57–69
- [11] Powers-Couche L., Lin T., Behavior of fresh mortar in a vacuum and microstructure of mortar harden. Engineering, Construction, and Operations in Space V, doi:10.1061/40177(207)84
- [12] Swint D., Schmidt S., Swint D., Schmidt S., Optimizing lunar concrete ACI Special Publication 125, 1991, str. 41–56
- [13] Namba H., Ishikawa N., Kanamori H., Concrete production method for construction of lunar bases. Engineering, Construction, and Operations in Space 1988, str. 169–177
- [14] Horiguchi T., Saeki N., Yoneda T., Hoshi T., Lin T. D., Behavior of simulated lunar cement mortar in vacuum environment, Space 98, 1998, str. 571–576, doi:10.1061/40339(206)65
- [15] Seitl S., Rozsypalová I., Pokorná K., Keršner Z., Kutzer J., Zarzycki P. K., Mechanical fracture properties of concrete with lunar aggregate simulant, MATEC Web of Conferences, 323, 2020, str. 1014, doi:10.1051/mateconf/202032301014
- [16] Mrozek M., Kula J., Błażon B., Co się dzieje z mieszanką betonową w próżni? II Studencka Konferencja Kosmiczna, publikacje konferencyjne/Cholewiński Maciej [i in.] (red.), 2022, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, str. 45–46, <https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/publication/156913/edition/118545/content>
- [17] Mrozek D., Gryczyńska Z., Matłoz M., Jak próżnia wpływa na wytrzymałość stwardniałego betonu? II Studencka Konferencja Kosmiczna, publikacje konferencyjne/Cholewiński Maciej [i in.] (red.), 2022, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, str. 43–44, <https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/publication/156913/edition/118545/content>

Druga Konferencja Naukowo-Techniczna „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w budownictwie”

Szanowni Państwo,
z wielką przyjemnością przekazujemy na Państwa ręce specjalny numer „Przeglądu Budowlanego”, zawierający publikacje, które będą zaprezentowane podczas drugiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w budownictwie”. Wydarzenie to, będące wspólną inicjatywą Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, Ośrodka Szkolenia Państwowej Inspekcji Pracy im. prof. Jana Rosnera we Wrocławiu, Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej i Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, będzie już kolejnym takim przedsięwzięciem oczekiwanym zarówno przez branżę budowlaną, jak i sektor naukowy. Poprzednia konferencja odbyła się w Warszawie w 2022 roku.

Organizowane obecnie wydarzenie uzyskało bardzo szerokie wsparcie patronackie. Honorowym Patronatem wydarzenia objęli: Główna Inspektor Pracy – minister Katarzyna Łażewska-Hrycko, Rektor Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Arkadiusz Wójs, Stowarzyszenie dla Bezpieczeństwa w Budownictwie, oraz Okręgowy Inspektorat Pracy we Wrocławiu.

Patronem naukowym jest Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk. Z kolei patronat branżowy zapewniły: Dolnośląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa i Polski Związek Pracodawców Budownictwa. Patronem medialnym zostało czasopismo „Przegląd Budowlany”. Konferencja została dofinansowana ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Doskonała Nauka II”. Ponadto

wydarzenie wsparło wielu sponsorów związanych z budownictwem. Informacje o sponsorach zamieszczono wewnątrz niniejszego numeru.

Podstawowym celem konferencji jest promocja bezpiecznej pracy na placach budowy oraz przybliżenie jej uczestnikom najnowszych osiągnięć w obszarach naukowym i technicznym zachodzących w tej tak ważnej dziedzinie życia. Ochrona życia i zdrowia pracowników powinna być nadrzędnym celem każdego pracodawcy. Poprzez informowanie o prowadzonych w tym zakresie badaniach naukowych, a także organizowanie regularnych szkoleń i informowanie o najnowszych rozwiązaniach technicznych organizatorzy konferencji starają się przybliżyć osiągnięcie tego celu. Podczas konferencji wystąpią przedstawiciele instytucji państwowych, stowarzyszeń naukowych i specjalistycznych przedsiębiorstw. Mamy nadzieję, że konferencja ta, podobnie jak poprzednia, stanie się polem do dyskusji oraz wymiany poglądów dotyczących tej tak ważnej dziedziny wiedzy i życia.

Zapraszam wszystkich zainteresowanych do udziału w konferencji 26–27 października 2023 r. we Wrocławiu, w Ośrodku Szkolenia Państwowej Inspekcji Pracy im. prof. Jana Rosnera lub w formie on-line:

www.konferencjabhp2023.pwr.edu.pl

**Za Organizatorów
Przewodnicząca Komitetu Naukowego
Prof. dr hab. inż. Bożena Hoła**



**Ministerstwo
Edukacji i Nauki**

Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa,
przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu
„Doskonała nauka II”

Organizatorzy
Konferencji



Politechnika Wroclawska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego



OŚRODEK SZKOLENIA
PAŃSTWOWEJ INSPEKCJI PRACY



Wydział
Inżynierii Lądowej
POLITECHNIKA WARSZAWSKA



Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej

Patronat
Honorowy



PAŃSTWOWA INSPEKCJA PRACY
GŁÓWNY INSPEKTOR PRACY



PAŃSTWOWA INSPEKCJA PRACY
OKRĘGOWY INSPEKTORAT PRACY WE WROCŁAWIU



Porozumienie
dla Bezpieczeństwa
w Budownictwie



Politechnika Wroclawska
REKTOR POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ

Patronat Naukowy



Patronat Branżowy



POLSKI ZWIĄZEK
PRACODAWCÓW BUDOWNICTWA

Patronat Medialny

PRZEGLĄD
budowlany



PROTEKT



Sponsorzy



KGHM METRACO

Numer wrześniowo-październikowy „Przeglądu Budowlanego” prezentuje artykuły

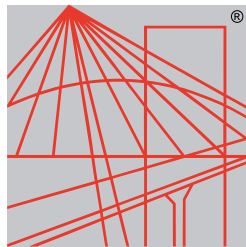
na Konferencję Naukowo-Techniczną „Zarządzanie Bezpieczeństwem Pracy w Budownictwie” – Wrocław 2023 r.

Artykuły zostały przygotowane przez pracowników naukowych oraz specjalistów z instytucji zajmujących się bezpieczeństwem pracy w budownictwie.

Dziękujemy szczególnie:

- prof. dr hab. inż. Bożenie Hole – przewodniczącej Komitetu Naukowego,
- dr. inż. Tomaszowi Nowobilskiemu – przewodniczącemu Komitetu Organizacyjnego,
- dr inż. arch. Annie Hole – sekretarz naukowej.

Dziękujemy bardzo za wspaniałą współpracę – redakcja



DOLNOŚLĄSKA
OKRĘGOWA
I Z B A
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Dolnośląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

50-114 Wrocław, ul. Odrzańska 22, tel. 71 337 62 30,

www.dos.piib.org.pl, dos@dos.piib.org.pl

DOLNOŚLĄSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA – samorząd zawodowy

Zjazd założycielski – 22.05.2002 r.

DOIIB zrzesza ponad 10 tys. członków – inżynierów budownictwa różnych specjalności:

- konstrukcyjno – budowlanej,
- inżynierskiej mostowej,
- inżynierskiej drogowej,
- inżynierskiej kolejowej w zakresie kolejowych obiektów budowlanych,
- inżynierskiej kolejowej w zakresie sterowania ruchem kolejowym,
- inżynierskiej hydrotechnicznej,
- inżynierskiej wyburzeniowej,
- instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń telekomunikacyjnych,
- instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych,
- instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych.

Organizuje:

- **Szkolenia**, w tym wycieczki techniczne oraz szkolenia on-line
- **Forum inżynierskie** – spotkanie i dyskusje z przedstawicielami GUNB, Ministerstwa, lokalnych władz i urzędników nadzoru budowlanego oraz administracji architektoniczno-budowlanej
- **Galę inżynierską** – podsumowanie roku, nagrody i odznaczenia
- **Konkurs „Inżynier roku”**
- **Konkurs na najlepsze prace dyplomowe** z zakresu budownictwa
- Bezpłatne konsultacje ze specjalistami z branży budowlanej pod hasłem „**Porozmawiaj z inżynierem budownictwa**”
- **Spotkania sportowo-rekreacyjne** dla członków i ich rodzin

W większości powiatów działają **obwodowe zespoły członkowskie**



Poprzez telewizję **TV DOIIB** prowadzone są ogólnodostępne szkolenia oraz przekazywane relacje z najważniejszych izbowych wydarzeń. Współpracując z Radiem Wrocław w cyklicznej audycji „na żywo” pomagamy słuchaczom rozwiązywać problemy związane z budowaniem. Szukając inżyniera budownictwa lub rzeczoznawcy warto zajrzeć do działu **WIZYTÓWKI**, gdzie znajdują dane kontaktowe do specjalistów różnych branż.

Zachęcamy do kontaktu i współpracy



**BEZPIECZNI
RAZEM**

WEJDŹ NA WYŻSZY POZIOM BEZPIECZEŃSTWA

FARAONE®

PRACUJ BEZPIECZNIE NA WYSOKOŚCI

F
Safety
Tour
Poland



**PROGRAM DLA FIRM, UCZELNI, INSTYTUCJI, WSZYSTKICH ORGANIZACJI,
KTÓRYCH DZIAŁALNOŚĆ ZWIĄZANA JEST Z PRACĄ NA WYSOKOŚCI.**

- Bezpieczne i komfortowe rozwiązania do pracy na wysokości z instruktażem obsługi.
- Wizja lokalna i pomoc w doborze bezpiecznego sprzętu.



Dział Szkoleń Faraone oferuje szkolenia i warsztaty z zakresu:

- Prac na wysokości
- Analizy wypadków metodą RCA i działań powypadkowych.
- Pierwszej pomocy psychologicznej po wypadku
- Budowania kultury bezpieczeństwa.



Szkolenia dedykowane dla:

- kadry zarządzającej pracownikami pracującymi na wysokości,
- służb BHP,
- kierowników utrzymania ruchu,
- kierowników linii produkcyjnych.

Prowadź prace na wysokości **bezpiecznie.**

ZOBACZ WIĘCEJ PRODUKTÓW FARAONE. SKONTAKTUJ SIĘ Z DORADCĄ TECHNICZNO-HANDLOWYM:



Faraone Poland sp. z o.o.

www.faraone.pl

www.elevah.com/pl





System AGS

WYPRZEDZAJĄCA OCHRONA BOCZNA
DLA RUSZTOWAŃ FASADOWYCH

- ▶ Szybki montaż i demontaż bez użycia narzędzi
- ▶ Lekkie elementy o niewielkiej kubaturze transportowej
- ▶ Możliwa jest późniejsza przebudowa poszczególnych poręczy, niezależnie od kolejności montażu
- ▶ Zgodny z filozofią Zintegrowanych Systemów: może być łączony z innymi elementami Allround



Dalsze informacje w filmie:
yt-ags-en.layher.com

Layher® 

Więcej możliwości. Ten system rusztowań.



MULTISERWIS
A BILFINGER COMPANY

“Budujemy, izolujemy,
montujemy rusztowania
nawet w najtrudniejszych
warunkach”.



Izolacje przemysłowe
i montaż mechaniczny



Budownictwo



Rusztowania

Multiserwis Sp. z o.o.
ul. Prudnicka 40, 47-300 Krapkowice
sekretariat.multiserwis@bilfinger.com

Oddział Rusztowania
ul. Jana Pawła II 23
63-500 Ostrzeszów

www.multiserwis.com.pl



**Bezpiecznie
Komfortowo
Wydajnie**

**Deskowania
Rusztowania
Doradztwo techniczne**

www.peri.com.pl



Szkolimy, doradzamy, audytujemy i nadzorujemy budowy w zakresie:

- bhp (stała obsługa i szkolenia);
- wypadków przy pracy (w swoim zespole posiadamy osoby będące biegłymi sędziami w zakresie bhp);
- wymagań prawnych oraz standardów bezpieczeństwa;
- odpowiedzialności za bezpieczeństwo dla osób kierujących pracownikami;
- prac na wysokości;
- prac w przestrzeniach zamkniętych;
- zagrożeń chemicznych;
- ratownictwa wysokościowego;
- ratownictwa chemicznego;
- prac energetycznych;
- procedury loto;
- prac szczególnie niebezpiecznych;

Nasi trenerzy są akredytowanymi trenerami przez Porozumienie dla Bezpieczeństwa w Budownictwie.

Blog prowadzony
przez Artura Lipowicza
PrzygodyBeHaPowca.pl



PRZYGODY
BEHAPOWCA

T: 883 663 557, 507 792 671

E: info@platformabezpieczenstwa.pl

PlatformaBezpieczenstwa.pl

ul. Koksowa 11 lok.221,
42-202 Częstochowa

PROTEKT®



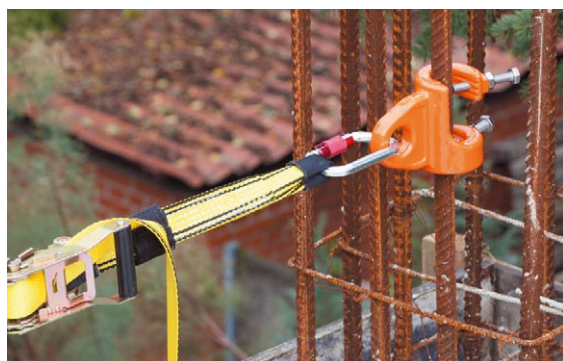
Made
in Poland



AT 187

Punkt kotwienia

EN795: 2012 typ B
CEN/TS 16415:2013



AT 187 01

pręty
żebrowane
Ø 18-32 mm



AT 187 02

pręty
żebrowane
Ø 12-20 mm

ZABEZPIECZENIE
DLA 3 OSÓB

WYTRZYMAŁOŚĆ
STATYCZNA



30 kN

PROTEKT®

ADRES REJESTROWY - PROTEKT Grzegorz Łaskiewicz Spółka z o.o. ul. Starorudzka 9, 93-403 Łódź

BIURO / DZIAŁ HANDLOWY - ul. Skromna 6, 93-405 Łódź, tel. +48 42 29-29-500, handlowy@protekt.com.pl, Fax +48 42 680-20-93

MAGAZYN - ul. Gombrowicza 6, 93-405 Łódź

WWW.PROTEKT.PL

**Budowa
bezpieczeństwa
– najważniejszy
projekt.**



PORR
porr.pl

Połącz biuro z terenem



**Bezpieczeństwo
i Higiena Pracy**



**Zapewnienie
jakości**



**Dokumentacja
fotograficzna**



**Inspekcje i
listy kontrolne**



**Zarządzanie
usterkami**

**Połącz dane, przepływ pracy oraz zespoły
na wszystkich etapach budowy**

RIB Connex to oprogramowanie do zarządzania budową
we wszystkich Twoich projektach, od planowania aż do zamknięcia.

Dzięki naszemu doświadczeniu możesz być spokojny.

Sprawiamy, że plac budowy staje się bezpieczny i funkcjonalny. Wynajmujemy niezbędny sprzęt – od ogrodzeń i zabezpieczeń krawędzi przez schody i podesty rozładunkowe, aż po toalety i umywalki.

Dziesięć naszych oddziałów rozmieszczonych jest po całej Polsce, dlatego łatwo docieramy na miejsce i szybko realizujemy zamówienia.

[TLCRENTAL.PL](https://www.tlcrental.pl)



Przyczyny wypadków i nieprawidłowości w doborze i stosowaniu środków BHP przy pracach na wysokości

Causes of accidents and irregularities in the selection and use of occupational health and safety measures during working at heights

dr inż. Robert Bucoń (ORCID: 0000-0002-9397-639X), Politechnika Lubelska, mgr inż. Wojciech Dziedzic, Okręgowy Inspektorat Pracy w Lublinie

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9369

Streszczenie: Prace budowlane wykonywane na wysokości są obarczone dużym ryzykiem wystąpienia okoliczności zagrażających życiu pracownika. Konieczna jest zatem identyfikacja przyczyn wypadków oraz dobór i stosowanie odpowiednich środków BHP. Błędy organizacyjne, niedostateczna wiedza i oszczędności na kosztach budowy są bardzo często powodem do stosowania przez pracodawców nieodpowiednich środków zabezpieczających. Nie mniejszy udział w występujących wypadkach odgrywa również nieodpowiednie przeszkolenie pracowników przekładające się na późniejsze ryzykowne zachowania i zaniedbania w należyтым stosowaniu sprzętu BHP. W artykule, na podstawie analizy literatury i dokumentacji z przeprowadzonych kontroli, wskazane zostaną przyczyny wypadków i nieprawidłowości w doborze i stosowaniu środków ochrony BHP.

Słowa kluczowe: praca na wysokości, przyczyny wypadków, nieprawidłowości w środkach ochrony BHP.

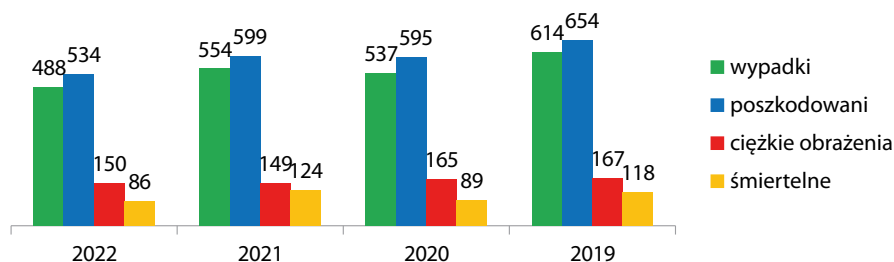
Abstract: Construction work carried out at height carries a high risk of life-threatening circumstances for the worker. Therefore, it is necessary to identify the causes of accidents and to select and apply appropriate health and safety measures. Organizational errors, insufficient knowledge and construction cost savings are very often a reason for employers to use inadequate safety measures. Inadequate training of workers resulting in subsequent risky behaviour and negligence in the proper use of health and safety equipment also plays no minor role in accidents that occur. The article will point out the causes of accidents and irregularities in the selection and use of OSH protection measures, based on an analysis of the literature and documentation of inspections carried out.

Keywords: work at height, causes of accidents, irregularities in OSH protection measures.

1. Wprowadzenie

Budownictwo należy do najbardziej niebezpiecznych sektorów pod względem wypadków przy pracy. Praca na budowie niesie za sobą wysokie ryzyko ofiar śmiertelnych i ciężkich uszkodzeń ciała. W Polsce praktycznie co trzecia osoba, która zginęła w wyniku wykonywania pracy, poniosła ją na terenie budowy, zaś udział liczby poszkodowanych ze skutkiem ciężkim – to co piąta osoba. Wypadki na placach budów mają wiele przyczyn, a jedną z istotniejszych są nieprawidłowości w doborze i stosowaniu środków ochrony indywidualnej i zbiorowej. Odpowiedzialność za te nieprawidłowości ponoszą zarówno pracodawcy, kadra zarządzająca, ale przede wszystkim pracownicy. Skutki, jakie niosą za sobą wypadki, są dotkliwe zarówno społecznie [1], ale również powodują wiele niepożądanych

Rys. 1. Liczba wypadków i poszkodowanych podczas wykonywanych prac na terenie budowy w latach 2019–2022 [6]



następstw, np. ekonomicznych, powodując zmniejszoną produktywność budowy i opóźnienia w jej realizacji [2, 3].

2. Statystyka wypadków w Polsce i na świecie

Upadki z różnych wysokości, takich jak dachy, platformy, drabiny, rusztowania, otwory/świetliki i krawędzie są najczęstszymi rodzajami wypadków związanych z upadkiem z wysokości na placach budowy [4]. Stanowią one około 50% wszystkich wypadków zgłaszanych rocznie w Korei Południowej i Chinach, z czego te ze skutkiem śmiertelnym stanowią aż 52,8% w Korei Południowej i 55% w Chinach, zaś w USA, UK oraz Australii zawierały się w przedziale 30-40% [5].

Rys. 2. Liczba poszkodowanych w wypadkach na terenie budowy w latach 2019–2022 według rodzaju zdarzenia [6]



W Polsce liczbę wszystkich odnotowanych wypadków na budowach w latach 2019–2022 – z podziałem na poszkodowanych i skutki wypadków (ciężkie obrażenia, śmiertelne) przedstawiono na rysunku 1.

Z przeprowadzonych kontroli wynika, że w Polsce również najczęściej wypadków przy pracy na budowach ma miejsce podczas wykonywania prac na wysokości. Najczęstszym zdarzeniem, na skutek którego dochodziło do wypadku, jest upadek z wysokości, zaś kolejnym jest załamanie się czynnika materialnego (najczęściej rusztowania) oraz uderzenie przez przedmiot spadający z góry – rusztowania lub jego elementy podczas jego montażu lub demontażu.

3. Przyczyny wypadków na budowie – analiza literatury

Potrzeba zapobiegania wypadkom wymaga identyfikacji czynników przyczyniających się do ich wystąpienia, określenia ich wpływu oraz ryzyka stwarzanego przez te czynniki [7]. Dążenie do zdobycia tej wiedzy zaowocowało licznymi badaniami, które pokazują ogólną złożoność i wieloprzyczynową naturę wypadków. Wypadki na budowie wynikają z różnego rodzaju działań materialnych oraz niematerialnych, które oddziałują w sposób bezpośredni lub pośredni [8], przyczyniając się do wypadków śmiertelnych lub innych niż śmiertelne [9].

Pan i in. [10] badając wpływ związku między przyczyną wypadku a skutkami obrażeń, zaproponowali ramy klasyfikacji wypadków budowlanych umożliwiające menedżerom uzyskanie wiedzy na temat przyczyn wypadków i skutków urazów, co pozwala na formułowanie odpowiednich strategii zarządzania bezpieczeństwem na budowie. Winge i in. [11], na podstawie ram przyczynowości wypadków budowlanych, zidentyfikowali i zbadali związki pomiędzy siedmioma najczęstszymi czynnikami wypadkowości, tj. działaniami pracowników, zarządzaniem ryzykiem, bezpośrednim nadzorem, sprawnością sprzętu, lokalnymi zagrożeniami, zdolnościami pracowników i zarządzaniem projektem.

Williams i in. [12], na podstawie przeprowadzonego obszernego przeglądu literatury, wykazali, że czynnikami powodującymi wypadki są zarówno uczestnicy budowy (inwestor, konsultant, wykonawca, pracownicy budowlani), jak również czynniki środowiskowe placu budowy. Podobne wnioski po przeprowadzeniu analizy wypadków śmiertelnych przedstawiono w pracy [13]. Badacze posługując się techniką eksploracji reguł asocjacyjnych wypadków budowlanych, odkryli, że wiele śmiertelnych wypadków budowlanych było spowodowanych czynnikami związanymi z zarządzaniem, niebezpiecznymi warunkami na placu

budowy i ryzykownymi zachowaniami pracowników. Z kolei Manu i in. [14] opisali przyczynowy wpływ na wypadki atrybutów organizacyjnych, fizycznych i operacyjnych projektów budowlanych, które odnoszą się do takich czynników jak: charakter projektu, metoda budowy, ograniczenia terenu, czas trwania projektu, system zamówień, złożoność projektu, poziom budowy i podwykonawstwo.

W szczególności wypadki upadkowe są dominującym i częstym rodzajem wypadków śmiertelnych. W rzeczywistości obrażenia spowodowane upadkami częściej zagrażają życiu niż większość innych rodzajów [15]. Mohandes i in. [16] przyczyn wypadków związanych z pracami na wysokości upatrują głównie w przyczynach organizacyjnych oraz związanych z miejscem pracy i środowiskiem. Natomiast jako przyczyny cząstkowe wskazują system zarządzania bezpieczeństwem, kulturę bezpieczeństwa, wiedzę zespołu zarządzającego w zakresie bezpieczeństwa, nieodpowiednie wytyczne bezpieczeństwa i niestabilność finansową pracodawcy. Z kolei Nowobilski i Hoła [22] jako przyczyny wypadków wskazują czynniki techniczne, organizacyjne, ludzkie, a także warunki klimatyczne. Dodatkowo w swoich badaniach zwracają uwagę na wiele zaniedbań, zarówno ze strony pracodawców, jak i pracowników wykonujących takie prace.

Kang [17] po przeanalizowaniu wypadków związanych z upadkiem z wysokości stwierdził, że główną przyczyną wypadków związanych z upadkiem z wysokości jest brak odpowiednich zabezpieczeń. W badaniach [19, 20] wskazuje się jako główną przyczynę wypadków z wysokości niebezpieczne zachowanie pracowników. Również Rafindadi i in. [18] po zbadaniu wypadków śmiertelnych związanych z upadkiem z wysokości w malezyjskim przemyśle budowlanym w latach 2010–2018 stwierdzili, że główną przyczyną wypadków były niebezpieczne działania pracowników. Wyniki ich badań pokazują również, inne krytyczne czynniki, jak: ograniczenia finansowe, złożoność pracy na dużych wysokościach, niebezpieczne procedury robocze, niezabezpieczone krawędzie/otwory na większych wysokościach oraz pośpiech w wykonywaniu pracy. Z kolei Khan i in. [5] wskazują jako najczęstsze zagrożenie związane z pracami na wysokości czynnik ludzki, złe zarządzanie placem budowy, brak wiedzy i szkoleń, niebezpieczne zachowania, naruszenie zasad bezpieczeństwa oraz brak poręczy i środków ochrony indywidualnej. Zwrócono również uwagę na potrzebę zintegrowania systemów różnych technologii w celu poprawy zapobiegania upadkom na placach budowy. Interesujące badania przedstawiono w pracach [19, 20, 21], w których na podstawie przeprowadzonych analiz czasowych dotyczących częstotliwości wypadków zauważono,

że wypadki związane z użyciem sprzętu budowlanego zdarzają się najczęściej w pewnych przedziałach godzinowych oraz dotyczą określonej grupy wiekowej. Zauważono również, że trzy czynniki sprawcze najczęściej występujące w wypadkach to: proces organizacyjny, niewłaściwe zarządzanie zasobami pracowniczymi oraz zły klimat organizacyjny.

4. Nieprawidłowości w doborze i stosowaniu środków BHP

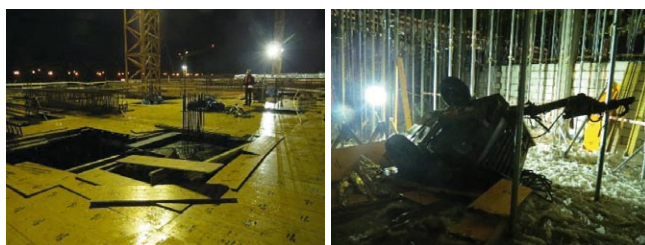
Wypadki odnotowane w Polsce związane z pracami na wysokości są zaliczane do jednej z trzech przyczyn (technicznych, organizacyjnych, ludzkich). Udział czynnika technicznego w wypadkach jest coraz bardziej malejący, za co odpowiada coraz lepszy stan techniczny stosowanego sprzętu i urządzeń budowlanych. Dominujące znaczenie odgrywają jednak przyczyny organizacyjne i ludzkie, za które odpowiadają zarówno pracodawcy, jak i pracownicy. Przyczyny wypadków występują w obszarze przygotowania i organizacji robót budowlanych, jak również przygotowania pracowników do pracy, co przejawia się brakiem nadzoru nad pracownikami, tolerowaniem odstępstw od przepisów i zasad bezpiecznej pracy, niewłaściwą koordynacją prac zbiorowych, dopuszczaniem do pracy pracowników bez odpowiednich badań, przygotowania zawodowego i wiedzy z przepisów BHP [6].

Inną grupę przyczyn wypadków, wynikającą również z przyczyn organizacyjnych, ludzkich i technicznych, stanowią nieprawidłowości w doborze i stosowaniu środków ochrony indywidualnej i zbiorowej. Wśród wielu nieprawidłowości na szczególną uwagę zasługują poniżej przedstawione, z których każdą krótko opisano i poparto odpowiednią dokumentacją fotograficzną wykonaną na placach budów.

- Niewłaściwy dobór sprzętu zapewniającego ochronę zbiorową oraz jego niewłaściwe użytkowanie. Na rysunkach 3, 4 – przykłady nieodpowiedzialnego zachowania pracowników oraz braki w rusztowaniach systemowych, np. niekompletna bariera ochronna, bez poręczy pośredniej, podestów, krawężników.
- Nieodpowiednia stateczność, posadowienie, wytrzymałość i wykorzystanie sprzętu. Na rysunkach 5, 6 – przykład nieprawidłowego wykonania tymczasowej konstrukcji budowlanej, obciążonej agregatem czyszczącym, w której na skutek nieprawidłowego oparcia podpór deskowania dochodzi do utraty jej stateczności i częściowego zawalenia.
- Nieprawidłowy montaż rusztowań oraz nieprawidłowe zakotwienia – niezgodnie z dokumentacją producenta. Na rysunkach 7, 8 – przykłady zawalenia się konstrukcji rusztowań wskutek niekompletnego i niewłaściwego zakotwienia do stałych elementów konstrukcji budynku.
- Brak lub nieprawidłowo zabezpieczone otwory w stropach, szybach windowych i ścianach zewnętrznych. Na rysunkach 9, 10 zamieszczono przykład otworu technologicznego w stropie, który prowizorycznie zabezpieczony stwarza dużo większe zagrożenie niż w przypadku jego braku.



Rys. 3, 4. Ryzykowne zachowania i braki elementów zapewniających bezpieczeństwo pracy (opracowanie własne)



Rys. 5, 6. Utrata stateczności konstrukcji deskowań stropowych (opracowanie własne)



Rys. 7, 8. Zawalenie i deformacje rusztowań wskutek nieprawidłowości w ich zakotwieniu (opracowanie własne)



Rys. 9, 10. Nieprawidłowe zabezpieczenie otworu technologicznego stropu (opracowanie własne)

- Niezapewnienie bezpiecznych przejść i dojazdów do stanowisk pracy. Na rysunkach 11, 12 – przykłady prowizorycznych i niezabezpieczonych przejść do stanowiska pracy oraz rusztowań z brakującymi elementami komunikacji pionowej, gdzie wchodzenie i schodzenie odbywa się po elementach konstrukcyjnych.
- Niezapewnienie lub niestosowanie przez pracowników środków ochrony indywidualnej, np. szelek i hełmów ochronnych głowy. Na rysunkach 13, 14 – przykłady prac związanych z montażem rusztowań i prac dachowych wykonywanych przez pracowników bez odpowiednich zabezpieczeń chroniących przed urazem i upadkiem.
- Niewłaściwy dobór i wykorzystanie sprzętu do podnoszenia ludzi na wyższy poziom. Na rysunkach 15, 16 – przykłady



Rys. 11, 12. Prowizoryczne przejścia oraz brak drabinek w rusztowaniach (opracowanie własne)



Rys. 13, 14. Niestosowanie środków ochrony indywidualnej (opracowanie własne)



Rys. 15, 16. Wadliwe zabezpieczenia i nieprawidłowy montaż sprzętu do podnoszenia (opracowanie własne)

nieprawidłowości wynikających ze złego zabezpieczenia pomostu roboczego podnośnika oraz utrata stabilności podnośnika koszowego (nożycowego) do prac wysokościowych.

5. Podsumowanie

W artykule dokonano przeglądu literatury, na podstawie którego wskazano główne czynniki przyczyniające się do wypadków na budowie. Omówiono znaczenie i udział trzech głównych przyczyn wypadków (technicznych, organizacyjnych, ludzkich) zwracając uwagę na malejący udział czynnika technicznego w wypadkach. Szczególną uwagę poświęcono jednak nieprawidłowościom w doborze i stosowaniu sprzętu BHP przy pracach na wysokości. Na przykładzie zgromadzonej dokumentacji z przeprowadzonych kontroli placów budów przedstawiono i opisano główne zagrożenia występujących nieprawidłowości. Z jednej strony te, za które odpowiada pracodawca i wynikają z nieprawidłowego doboru środków ochrony zbiorowej i indywidualnej, oraz te, za które odpowiedzialność ponoszą pracownicy, którzy nie stosują lub nieprawidłowo używają przydzielonych środków BHP.

Poprawa bezpieczeństwa na budowie poza poruszonymi w artykule zagadnieniami wymaga działań w znacznie szerszym zakresie m.in. poprzez opracowanie zaawansowanych

planów i wytycznych ich zapobieganiu, podniesienia świadomości pracowników na temat zagrożeń związanych z upadkiem z wysokości, dostarczenia cennych wskazówek użytkownika sprzętu budowlanego, opracowania skutecznych procedur kontroli w zakresie bezpieczeństwa pracy oraz zastosowania nowych technologii bezpieczeństwa w celu wyeliminowania zagrożeń i poprawy bezpieczeństwa na placach budowy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Forteza F. J., Carretero-Gomez J. M., Sese A., Occupational risks, accidents on sites, and economic performance of construction firms, *Safety Science* 94, 2017
- [2] Irfan M., Sathvik S., Krishnaraj L., Li H., Awuzie B., Ma J., Prioritizing causal factors of sleep deprivation among construction workers: An interpretive structural modeling approach, *International Journal of Industrial Ergonomics* 92, 2022
- [3] Hu K., Rahmandad H., Smith-Jackson T., Winchester W., Factors influencing the risk of falls in the construction industry: a review of the evidence, *Construction Management and Economics* 29(4)2011
- [4] Olcay Z. F., Sakalli A. E., Temur S., Yazici A., A study of the shift in fatal construction work-related accidents during 2012–2019 in Turkey, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(3)2021
- [5] Khan M., Nnaji Ch., Khan M. S., Ibrahim A., Lee D., Park Ch., Risk factors and emerging technologies for preventing falls from heights at construction sites, *Automation in Construction* 153, 2023
- [6] Raport wypadków na terenie budowy zbadanych przez PIP w latach 2018–2022 – stan na 15.03.2023 r. Materiały niepublikowane
- [7] Hughes P., Ferrett E., *Introduction to Health and Safety in Construction*, 3rd, Elsevier Ltd., 2008, Oxford
- [8] Hola B., Nowobilski T., Szer I., Szer J., Identification of factors affecting the accident rate in the construction industry, *Procedia Engineering* 208, 2017
- [9] Waehrer G. M., Dong X. S., Miller T., Haile E., Men Y., Costs of occupational injuries in construction in the United States, *Accident Analysis & Prevention*, 39(6)2007
- [10] Pan X., Zhong B., Wang Y., Shen L., Identification of accident-injury type and bodypart factors from construction accident reports: A graph-based deep learning framework, *Advanced Engineering Informatics* 54, 2022
- [11] Winge S., Albrechtsen E., Mostue B. A., Causal factors and connections in construction accidents, *Safety Science* 112, 2019
- [12] Williams O. S., Adul Hamid R., Misnan M. S., Accident Causal Factors on the Building Construction Sites: A Review. *IJBES*, 5(1)2018
- [13] Rafindadi A. D., Shafiq N., Othman I., Ibrahim A., Aliyu M. M., Mikić M., Alarifi H., Data mining of the essential causes of different types of fatal construction accidents, *Heliyon* 9(2)2023
- [14] Manu P. A., Ankrah N. A., Proverbs D. G., Suresh S., Investigating the multi-causal and complex nature of the accident causal influence of construction project features, *Accident Analysis & Prevention*, 48, 2012
- [15] Zhong B., Pan X., Love P. E.D., Ding L., Fang W., Deep learning and network analysis: classifying and visualizing accident narratives in construction, *Automation in Construction* 113, 2020
- [16] Mohandes S. R., Sadeghi H., Fazeli A., Mahdiyar A., Hosseini M. R., Arashpour M., Zayed T., Causal analysis of accidents on construction sites: A hybrid fuzzy Delphi and DEMATEL approach, *Safety Science* 151, 2022
- [17] Kang Y., Use of fall protection in the US construction industry, *Journal of Management in Engineering* 34, 2018
- [18] Rafindadi A. D., Napiah M., Othman I., Mikic M., Haruna A., Alarifi H., Al-Ashmori Y. Y., Analysis of the causes and preventive measures of fatal fall-related accidents in the construction industry, *Ain Shams Engineering Journal* 13(4)2022
- [19] Halabi Y., Xu H., Long D., Chen Y., Yu Z., Alhaek F., Alhaddad W., Causal factors and risk assessment of fall accidents in the U.S. construction industry: A comprehensive data analysis (2000–2020), *Safety Science* 146, 2022
- [20] Santiago Oliveira S., de Albuquerque Soares W., Vasconcelos B.M., Fatal fall-from-height accidents: Statistical treatment using the Human Factors Analysis and Classification System – HFACS, *J. Saf. Res.*, in press, 2023
- [21] Jung H., Choi B., Kang S., Kang Y., Temporal analysis of the frequency of accidents associated with construction equipment, *Safety Science* 153, 2022
- [22] Nowobilski T., Hola B., Methodology based on causes of accidents for forecasting the effects of falls from scaffoldings using the construction industry in Poland as an example, *Safety Science* 157, 2023

Wykorzystanie technologii sztucznej inteligencji ChatGPT v4.0 do sporządzania planu BIOZ dla wybranych robót budowlanych

Use of ChatGPT v4.0 artificial intelligence technology to prepare a BIOZ plan for selected construction works

dr hab. inż. Wojciech Drozd, prof. PK (ORCID: 0000-0001-7978-2268), dr inż. Marcin Kowalik (ORCID: 0000-0001-9679-8835), Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9370

Streszczenie: W 2018 roku firma OpenAI opublikowała swój pierwszy model GPT w celu umożliwienia badaczom i inżynierom uczenia maszynowego lepszemu zrozumieniu możliwości tego rodzaju sztucznej inteligencji. Obecnie dostępna jest publicznie wersja 4.0. Zaawansowanie dostępnego oprogramowania pozwoliło podjąć próbę wykorzystania tego narzędzia jako pomocy w sporządzaniu planu BIOZ dla wybranych robót budowlanych. W artykule porównano istniejące, sporządzane przez kierowników budów, opracowania planów BIOZ oraz działania sztucznej inteligencji.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja AI, plan BIOZ, roboty budowlane, BHP.

Abstract: In 2018, OpenAI published its first GPT model with the goal of enabling machine learning researchers and engineers to better understand the capabilities of this type of artificial intelligence. Version 4.0 is currently publicly available. The advancement of the available software allowed an attempt to use this tool as an aid in preparing a BIOZ plan for selected construction works. The article compares existing BIOZ plans prepared by construction managers and the activities of artificial intelligence.

Keywords: AI artificial intelligence, BIOZ plan, construction works, occupational health and safety.

1. Wprowadzenie

Jako podstawę przyjęto zamieszczony w internecie przykładowy, wzorcowy plan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, opracowany na zlecenie Lubelskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa [1]. Opracowanie obejmuje swoim zakresem wybudowanie 4-kondygnacyjnego budynku mieszkalnego, wielorodzinnego z garażami. Przedstawiono w nim badania dotyczące możliwości oprogramowania i algorytmów generujących sztuczną inteligencję w zakresie możliwości i wiarygodności przedstawiania informacji dotyczącej sporządzania planu BIOZ.

2. Chat GPT

Chat GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) to zaawansowany model językowy oparty na sztucznej inteligencji, który potrafi generować tekst w sposób naturalny i spójny. Został stworzony przez OpenAI i wykorzystuje potężną architekturę GPT-4 do analizy danych tekstowych, tworzenia odpowiedzi na pytania i prowadzenia płynnych, interaktywnych

rozmów z użytkownikami [2]. Chat GPT działa na zasadzie analizowania i przetwarzania ogromnej liczby danych tekstowych. Model uczony jest na podstawie różnych tekstów, takich jak: artykuły, książki czy strony internetowe, dzięki czemu zyskuje wiedzę na różne tematy. Głównym mechanizmem działania jest tzw. transformer, który umożliwia efektywną analizę kontekstu i generowanie spójnych odpowiedzi, nawet na złożone pytania.

3. Zastosowanie sztucznej inteligencji do generowania planu BIOZ

Przeeglądana literatura [3] podaje następującą, usystematyzowaną kolejność sporządzania planu BIOZ, która obejmuje spis treści oraz część teoretyczną, a w niej: zakres robót dla całego zamierzenia budowlanego; kolejność realizacji poszczególnych obiektów; wykaz istniejących obiektów budowlanych; elementy zagospodarowania działki lub terenu, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi; przewidywane zagrożenia występujące podczas realizacji robót budowlanych, określające skalę i rodzaje zagrożeń

oraz miejsce ich występowania; wydzielenie i oznakowanie miejsca prowadzenia robót budowlanych; informacje o sposobie prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych; określenie sposobu przechowywania i przemieszczania materiałów, wyrobów, substancji oraz preparatów niebezpiecznych na terenie budowy; wskazanie środków technicznych i organizacyjnych zapobiegających niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie, w tym zapewniających bezpieczną i sprawną komunikację, umożliwiającą szybką ewakuację na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń; wskazanie miejsca przechowywania dokumentacji budowy oraz dokumentów niezbędnych do prawidłowej eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych oraz część rysunkową – plan zagospodarowania placu budowy.

3.1 Chat GPT – część teoretyczna podejście ogólne

Podchodząc do przetestowania możliwości Chat GPT, w pierwszej kolejności autorzy postanowili zadać bardzo ogólne pytanie dotyczące zakresu robót: „Napisz plan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dla czterokondygnacyjnego budynku mieszkalnego wielorodzinnego z garażami.”

GPT: Plan Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia (BIOZ) dla czterokondygnacyjnego budynku mieszkalnego wielorodzinnego z garażami jest dokumentem o znacznym zakresie i wymaga szczegółowej analizy zagrożeń oraz procedur. Poniżej przedstawiono uproszczony plan BIOZ dla takiego obiektu.

Plan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

1. Wprowadzenie: opis inwestycji: czterokondygnacyjny budynek mieszkalny wielorodzinny z garażami; lokalizacja (adres budowy).
2. Podmioty uczestniczące w inwestycji: inwestor: (nazwa i dane kontaktowe); wykonawca główny: (nazwa i dane kontaktowe); koordynator ds. BHP (nazwa i dane kontaktowe).
3. Opis robót budowlanych: wykopy pod fundamenty i garaże; wykonanie konstrukcji budynku; budowa garaży; roboty instalacyjne; roboty wykończeniowe.
4. Analiza zagrożeń i ryzyka: ryzyko upadku z wysokości podczas prac na rusztowaniach; ryzyko zawalenia się wykopów; ryzyko porażenia prądem podczas prac instalacyjnych; ryzyko związane z ruchem maszyn budowlanych; inne specyficzne zagrożenia.
5. Środki zapobiegawcze: zastosowanie odpowiednich rusztowań z barierami ochronnymi; stabilizacja ścian wykopów; izolacja źródeł zasilania i uziemienie narzędzi; wyznaczenie tras przejazdu dla maszyn i pojazdów; regularne szkolenia BHP dla pracowników.
6. Środki ochrony indywidualnej: kaski, rękawice robocze, buty zabezpieczające; ubrania robocze odblaskowe; ochraniacze słuchu w miejscach o podwyższonym hałasie; maseczki i okulary ochronne tam, gdzie istnieje ryzyko wdychania pyłów lub ryzyko mechaniczne dla oczu.
7. Postępowanie w sytuacjach awaryjnych: procedury ewakuacji w razie pożaru; lokalizacja zestawów pierwszej pomocy; sposób postępowania w przypadku wypadku; kontakt do służb ratunkowych.
8. Kontrola i nadzór nad realizacją planu BIOZ: regularne kontrole stanu technicznego sprzętu i maszyn; kontrole przestrzegania procedur BHP przez pracowników; spotkania z koordynatorem ds. BHP.

9. Szkolenia i instruktaże: szkolenie wstępne dla nowych pracowników; szkolenia okresowe dla całej załogi; instruktaże specjalistyczne dla konkretnych rodzajów prac.

10. Zakończenie: podpisy osób odpowiedzialnych za realizację planu BIOZ.

Ten plan BIOZ to jedynie ogólny zarys i wymaga doprecyzowania oraz dostosowania do konkretnych warunków danego miejsca budowy. W praktyce powinien być opracowany przez specjalistę z zakresu BHP z uwzględnieniem specyfiki danej inwestycji.

Jak można zauważyć w powyższym tekście, ogólnikowość zadanego pytania spowodowała wygenerowanie bardzo niedokładnego zarysu planu BIOZ. Brak doprecyzowania technologii wznoszenia budynku, jego usytuowania oraz informacji o położeniu inwestycji spowodował wygenerowanie tylko podstawowych informacji. Jest to widoczne w zakończeniu wygenerowanego tekstu w postaci uwagi: ... „to jedynie ogólny zarys i wymaga doprecyzowania oraz dostosowania do konkretnych warunków danego miejsca budowy”. Należy jednak podkreślić, porównując wzorzec literaturowy z uzyskaną informacją, że znalazły się w niej kluczowe z punktu widzenia BHP informacje dotyczące: analizy ryzyka, szkoleń i instruktaży, kontroli, a także środków ochrony indywidualnej.

3.2. Chat GPT – część teoretyczna podejście szczegółowe

Wynik analizy uzyskany w poprzedniej części stał się podstawą zbadania zasobów oprogramowania Chat GPT i sformułowania szczegółowych pytań, które odzwierciedlają treści znajdujące się w referencyjnym dokumencie. W podejściu szczegółowym przeanalizowano 6 wybranych aspektów planu BIOZ. Aspekty te to: zagospodarowanie terenu budowy, roboty ziemne, wykonywanie robót budowlanych przy użyciu maszyn i urządzeń technicznych, roboty budowlano-montażowe, aspekty prawne, środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom oraz część rysunkowa opracowania.

Zagospodarowanie terenu budowy

Z materiałów referencyjnych uzyskujemy wytyczne, jakie informacje powinny znaleźć się w prawidłowo wykonanym planie BIOZ w zakresie zagospodarowania terenu budowy, które wykonuje się przed rozpoczęciem robót budowlanych. Są to: ogrodzenie terenu i wyznaczenia stref niebezpiecznych; wykonanie dróg, wyjść i przejść dla pieszych; doprowadzenie energii elektrycznej oraz wody; odprowadzenie ścieków lub ich utylizacja; urządzenie pomieszczeń higieniczno-sanitarnych i socjalnych; zapewnienie oświetlenia naturalnego i sztucznego; zapewnienie właściwej wentylacji; zapewnienie łączności telefonicznej; urządzenie składowisk materiałów i wyrobów.

Sformułowano następujące pytanie szczegółowe dotyczące zagospodarowania terenu budowy. „Jak zagospodarować teren podczas budowy dla budynków mieszkaniowych”

GPT: Zagospodarowanie terenu podczas budowy dla budynków mieszkaniowych to kluczowy aspekt każdego projektu deweloperskiego. Oto kilka kroków, jak to zrobić skutecznie.

1. Ocena i badanie gruntu: przeprowadź dokładne badania gruntu, aby dowiedzieć się, czy teren jest odpowiedni do budowy i czy nie ma ukrytych przeszkód podziemnych.

2. Zaplanuj komunikację na placu budowy: twórz odpowiednie drogi dojazdowe, ścieżki dla pieszych oraz strefy załadunku i wyładunku, aby zapewnić sprawną logistykę na placu budowy.

3. Zabezpiecz teren: ustaw ogrodzenia wokół placu budowy, aby chronić mieszkańców, przechodniów i pracowników przed potencjalnymi zagrożeniami. Możesz również rozważyć zastosowanie kamer monitoringu.

4. Zapewnij odpowiednie warunki dla pracowników: buduj prowizoryczne biura, magazyny, miejsca na przerwy i sanitariaty.

5. Gospodarka wodno-ściekowa: zainstaluj odpowiednie systemy odwadniania, aby zapobiec gromadzeniu się wody na placu budowy. Pamiętaj też o odpowiednim składowaniu i odprowadzaniu ścieków.

6. Zapewnij miejsce na magazynowanie materiałów: wydziel specjalne strefy na placu budowy do przechowywania materiałów i sprzętu.

7. Zadbaj o zieleni: jeśli teren na to pozwala, zachowaj istniejące drzewa i roślinność. Mogą one pełnić funkcję estetyczną oraz zwiększać atrakcyjność inwestycji.

8. Zaplanuj infrastrukturę: pamiętaj o dostępie do sieci wodociągowej, kanalizacyjnej, energetycznej oraz telekomunikacyjnej.

9. Minimalizuj zakłócenia dla sąsiedztwa: dąż do minimalizacji hałasu, kurzu i innych niedogodności dla sąsiadów. Można to osiągnąć poprzez odpowiednie planowanie prac i korzystanie z nowoczesnych technologii.

10. Planuj recykling i gospodarowanie odpadami: współpracuj z lokalnymi firmami zajmującymi się recyklingiem i usuwaniem odpadów, aby zminimalizować ilość odpadów trafiających na składowiska.

11. Zadbaj o bezpieczeństwo: opracuj plany bezpieczeństwa dla wszystkich pracowników oraz regularnie przeprowadzaj szkolenia w tym zakresie.

Zagospodarowanie terenu podczas budowy jest kluczowe dla sukcesu projektu. Dobre planowanie i organizacja mogą przyspieszyć postępy w budowie, zmniejszyć koszty oraz zwiększyć bezpieczeństwo na placu budowy.

Analiza wygenerowanego dokumentu wskazuje na wypunktowanie i opisanie istotnych kwestii związanych z zagospodarowaniem terenu budowy, takich jak: ogrodzenie terenu, wyznaczenie dróg komunikacyjnych i miejsc składowania i magazynowania materiałów, czy zapewnienie sanitariatów dla pracowników. Brakuje natomiast szczegółowych danych ujętych w przepisach [4, 5, 6], dotyczących, np. odległości i wymiarów projektowanej infrastruktury. Znalazły się natomiast informacje, które są często pomijane w opracowaniach planów BIOZ, a dotyczące recyklingu i gospodarowania odpadami, dbałości o istniejącą zieleni czy minimalizację uciążliwości wykonywanych procesów budowlanych na otoczenie.

Roboty ziemne – zagrożenia

Materiały referencyjne definiują następujące zagrożenia, jakie występują przy wykonywaniu robót ziemnych:

- upadek pracownika lub osoby postronnej do wykopu (brak wygradzenia wykopu balustradami, brak przykrycia wykopu);
- zasypanie pracownika w wykopie wąskoprzestrzennym (brak zabezpieczenia ścian wykopu przed obsunięciem się, obciążenie klina naturalnego odłamu gruntu urobkiem pochodzącym z wykopu);
- potrącenie pracownika lub osoby postronnej łyżką koparki przy wykonywaniu robot na placu budowy lub w miejscu dostępnym dla osób postronnych (brak wygradzenia strefy niebezpiecznej).

Pytanie dotyczące robót ziemnych i mogących wystąpić przy ich wykonywaniu zagrożeniach brzmiało „Zagrożenia występujące przy wykonywaniu robót ziemnych w budownictwie”.

GPT: Wykonywanie robót ziemnych w budownictwie wiąże się z wieloma potencjalnymi zagrożeniami. Bez odpowiednich środków ostrożności i przygotowania prace ziemne mogą prowadzić do poważnych problemów oraz ryzyka dla pracowników i otoczenia. Oto niektóre z głównych zagrożeń związanych z wykonywaniem robót ziemnych.

1. Zawalenie się wykopu: to jedno z najbardziej poważnych zagrożeń. Brak odpowiedniego zabezpieczenia ścian wykopu może prowadzić do ich osunięcia się, co może zasycać pracowników.

2. Uszkodzenie podziemnych instalacji: podczas kopania mogą zostać uszkodzone podziemne linie elektryczne, gazowe, wodociągowe, kanalizacyjne itp., co może prowadzić do eksplozji, pożarów, porażeń elektrycznych lub innych niebezpiecznych sytuacji.

3. Zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych: w przypadku napotkania zanieczyszczonej gleby lub przypadkowego wycieku płynów (np. oleju z maszyn) może dojść do zanieczyszczenia wód gruntowych.

4. Ryzyko upadku: brak odpowiedniego zabezpieczenia krawędzi wykopu może prowadzić do upadków pracowników lub sprzętu do wykopu.

5. Ekspozycja na szkodliwe substancje: pracownicy mogą być narażeni na szkodliwe substancje, takie jak gazy czy substancje chemiczne występujące w glebie.

6. Kumulacja gazów: w wykopach, zwłaszcza głębokich, może dojść do gromadzenia się szkodliwych gazów, co może prowadzić do uduszenia pracowników.

7. Problemy z wodą: wodociągi mogą zostać uszkodzone, co prowadzi do zalewania wykopu wodą. Ponadto może być konieczne osuszanie wykopu w przypadku napotkania wód gruntowych.

8. Wibracje: używanie ciężkiego sprzętu może powodować wibracje, które zakłócają strukturę gruntów i mogą prowadzić do osunięcia.

9. Hałas i pył: prace ziemne mogą generować dużo hałasu i pyłu, co stanowi zagrożenie dla zdrowia i komfortu pracowników oraz otaczającej społeczności.

10. Zmienne warunki atmosferyczne: intensywne deszcze mogą wpłynąć na stabilność wykopu, a ekstremalne temperatury mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i komfort pracowników.

Aby zminimalizować ryzyko związane z tymi zagrożeniami, konieczne jest przestrzeganie odpowiednich procedur bezpieczeństwa, planowanie, szkolenie pracowników oraz korzystanie z odpowiedniego sprzętu.

Analiza powyższego dokumentu, podobnie jak poprzednio, wskazuje, że pomimo wygenerowania rozbudowanej

informacji opisującej możliwe zagrożenia, występujące przy wykonywaniu robót ziemnych, występuje brak odniesień do ustawodawstwa obowiązującego w Polsce. Taki sam rezultat uzyskano przy analizie nieprezentowanych badań, dotyczących takich aspektów planu BIOZ, jak np. zagrożenia występujące przy wykonywaniu robót budowlanych przy użyciu maszyn i urządzeń technicznych czy robót budowlano-montażowych. W każdym opracowaniu planu BIOZ znajduje się z reguły podstawa prawna takiego opracowania. Brak takich informacji występuje pomimo „świadomości” oprogramowania ChatGPT istnienia takich uregulowań. Odzwierciedla to zadane pytanie: „Jaka jest podstawa prawna sporządzania planu BIOZ w Polsce”?

GPT: W Polsce plan BIOZ, czyli bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, jest wymagany w przypadku realizacji robót budowlanych. Jego głównym celem jest zapewnienie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracownikom oraz innych osób znajdujących się na terenie budowy. Podstawa prawna sporządzania planu BIOZ wynika z kilku poniższych aktów prawnych.

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane: wskazuje ona ogólne obowiązki inwestora i wykonawcy w zakresie zapewnienia bezpiecznych warunków pracy na placu budowy.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 lipca 2003 r. w sprawie informacji dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia: W tym rozporządzeniu szczegółowo opisane są wymagania dotyczące sporządzania, zakresu oraz treści planu BIOZ w zależności od rodzaju i skali robót budowlanych.
3. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy: zawiera ogólne przepisy dotyczące zapewnienia bezpiecznych warunków pracy, które są również stosowane w budownictwie.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 28 kwietnia 2015 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych: Zawiera szczegółowe zasady dotyczące zapewnienia bezpiecznych warunków pracy na placu budowy, w tym kwestie związane z planem BIOZ. Plan BIOZ powinien być sporządzony przed rozpoczęciem robót budowlanych i powinien być dostępny na miejscu budowy. Zakres planu BIOZ zależy od rodzaju i skali robót budowlanych oraz potencjalnych zagrożeń dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników.

Jak można zauważyć w wygenerowanym tekście, algorytmy nie tylko przedstawiły listę obowiązujących przepisów, które są podstawą do sporządzania planu BIOZ, ale także została dołączona informacja czego dotyczą przedstawione ustawy i rozporządzenia.

Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom

Kolejną zauważoną cechą zastosowanych algorytmów sztucznej inteligencji [7] jest powielanie informacji w złożonych zdaniach pytających. Fakt ten został zaprezentowany przy okazji generowania opisu z zakresu zapobiegania niebezpieczeństwom na terenie budowy. Przykładem takiego zachowania jest sformułowane złożone pytanie: „Opisz środki

techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w budownictwie mieszkaniowym. Opisz przyczyny organizacyjne powstawania wypadków oraz przyczyny techniczne powstawania wypadków”.

GPT: Realizacja inwestycji budowlanych, w tym budownictwo mieszkaniowe, wiąże się z różnorodnymi zagrożeniami dla pracowników oraz osób trzecich. Aby je zminimalizować, stosuje się odpowiednie środki techniczne i organizacyjne.

Środki techniczne zapobiegające niebezpieczeństwom

1. Maszyny i sprzęt: używanie nowoczesnych maszyn spełniających normy bezpieczeństwa, z regularnie kontrolowanymi zabezpieczeniami.
2. Oznakowanie: używanie odpowiednich znaków ostrzegawczych i informacyjnych, które wskazują na obecność niebezpieczeństwa.
3. Bariery ochronne: stosowanie osłon, siatek, płotów czy barier przy otworach, wykopach czy na krawędziach dachów.
4. Systemy wentylacyjne: używanie odpowiednich systemów wentylacyjnych w miejscach, gdzie istnieje ryzyko zatrucia lub duszenia.
5. Oświetlenie: zapewnienie odpowiedniego oświetlenia w miejscu pracy, zarówno stałego, jak i tymczasowego.

Środki organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom

1. Szkolenia i instruktaże: regularne szkolenia pracowników z zakresu BHP.
2. Planowanie i koordynacja: dokładne planowanie prac oraz koordynacja działań między różnymi ekipami.
3. Nadzór: stały nadzór nad pracami, w tym obecność kierownika budowy czy inspektora BHP.
4. Procedury awaryjne: wprowadzenie i regularne ćwiczenie procedur postępowania w sytuacjach awaryjnych.
5. Dostęp do miejsca pracy: ograniczenie dostępu do placu budowy tylko dla upoważnionych osób.

Przyczyny techniczne powstawania wypadków

1. Awaria sprzętu: uszkodzenie maszyn, narzędzi czy innych urządzeń.
2. Niewłaściwe zabezpieczenie: brak osłon, barier czy innych środków zabezpieczających.
3. Niewłaściwa konstrukcja: błędy w projektowaniu lub w realizacji mogą prowadzić do wad konstrukcyjnych, które zagrażają bezpieczeństwu.
4. Brak regularnej konserwacji: niewłaściwa konserwacja sprzętu i maszyn zwiększa ryzyko ich awarii.
5. Używanie nieodpowiednich materiałów: stosowanie materiałów niskiej jakości lub niewłaściwych do danego zastosowania może prowadzić do wypadków.

Przyczyny organizacyjne powstawania wypadków

1. Brak odpowiedniego szkolenia: pracownicy nie są świadomi zagrożeń i nie wiedzą, jak postępować w niebezpiecznych sytuacjach.
2. Niewłaściwe planowanie: brak koordynacji między różnymi ekipami może prowadzić do kolizji i wypadków.
3. Niejasne komunikaty: brak jasnych instrukcji i komunikacji między pracownikami.
4. Presja czasu: pośpiech i prace pod presją czasu mogą prowadzić do pominięcia niektórych procedur bezpieczeństwa. Kluczem do zapobiegania wypadkom w budownictwie mieszkaniowym jest systematyczne podejście do bezpieczeństwa, które uwzględnia zarówno aspekty techniczne, jak i organizacyjne.

W przypadku zadania rozbudowanego szczegółowego pytania rezultatem działania oprogramowania Chat GPT jest

uzyskanie prawidłowej odpowiedzi w zakresie środków technicznych mających wpływ na bezpieczeństwo pracy. Dotyczy to zarówno stwierdzeń dotyczących maszyn i urządzeń, środków ochrony zbiorowej, np. osłon i siatek, jak i prawidłowego oświetlenia. Właściwie zostały też zdefiniowane przyczyny techniczne powstawania wypadków. Niemniej brakuje, w porównaniu do analizowanego wzorca, odniesień do obowiązujących przepisów oraz działań, jakie należy podjąć przy zaistnieniu zdarzenia niepożądanego w postaci wypadku oraz oceny ekspozycji na ryzyko przy wykonywaniu przedmiotowych prac za pomocą wymienionych środków technicznych. Podobnie w przypadku opisu środków organizacyjnych, zapobiegających wypadkom oraz analizie przyczyn organizacyjnych wypadkowości. Tutaj zabrakło choćby informacji dotyczącej prowadzenia stosownej dokumentacji, IBWR, DTR itp. Choć w przypadku szkoleń pracowników takie wskazania, dotyczące obszaru dokumentacji, miały miejsce.

Część rysunkowa – plan zagospodarowania placu budowy

Na zakończenie zbadano, czy oprogramowanie ChatGPT oferuje możliwości graficzne. Zrealizowano to przez pytanie dotyczące organizacji zagospodarowania placu budowy. Sformułowano pytanie: „Narysuj plan zagospodarowania placu budowy dla czterokondygnacyjnego budynku mieszkaniowego z garażami”.

GPT: Niestety jako tekstowy model językowy nie jestem w stanie bezpośrednio narysować planów czy rysunków. Mogę jednak dostarczyć wskazówki, które można uwzględnić podczas tworzenia planu zagospodarowania placu budowy dla czterokondygnacyjnego budynku mieszkaniowego z garażami:

1. Strefa dostaw: miejsce dla samochodów dostawczych oraz dla maszyn budowlanych; powinna być przewidziana odpowiednia droga dojazdowa oraz miejsce na rozładunek materiałów.
2. Strefa magazynowania: miejsce, gdzie będą przechowywane materiały budowlane; ochrona przed warunkami atmosferycznymi, jeśli to konieczne.
3. Strefa budowy: bezpośrednie otoczenie budynku; miejsce na rusztowania, miejsce do mieszania betonu itp.
4. Strefa garaży: w zależności od projektu, garaże mogą być podziemne lub na poziomie gruntu; potrzebne jest miejsce na prace ziemne, koparki itp.
5. Strefa bezpieczeństwa: pasy bezpieczeństwa wokół całego placu budowy; miejsce na barierki, siatki, oznakowanie itp.
6. Strefa biur i pomieszczeń socjalnych dla pracowników: kontenery biurowe, toalety, miejsce na przerwy.
7. Drogi ewakuacyjne: muszą być jasno oznaczone i wolne od przeszkód.
8. Strefa parkowania: miejsce dla samochodów pracowników oraz odwiedzających plac budowy.
9. Strefa segregacji odpadów: kontenery na różne rodzaje odpadów: metal, drewno, tworzywa sztuczne itp.
10. Ochrona i monitoring: miejsce dla budki ochrony, kamery monitorujące teren.

Podczas tworzenia planu warto również skonsultować się z ekspertem ds. bezpieczeństwa oraz specjalistą ds. logistyki budowlanej, aby upewnić się, że wszystkie wymagania są spełnione.

Wynikiem działania algorytmu [7] jest, według autorów, bardzo trafna odpowiedź ukierunkowana na rozwiązanie postawionego problemu. Algorytm nie ograniczył się jedynie do prostego stwierdzenia, że w tej chwili nie potrafi tego zrobić, ale podał bardzo sugestywne opracowanie tekstowe, które może być pomocne przy wykonaniu planu zagospodarowania placu budowy. Oprogramowanie uwzględniło również i wprowadziło wariantowość w pkt. 4, dotyczącym usytuowania garaży.

4. Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań i analiz sztucznej inteligencji Chat GPT w zakresie funkcjonalności algorytmów generujących treści związane z bardzo wąskim i specjalistycznym zakresem wiedzy, jakim jest tworzenie planu BIOZ można stwierdzić: rozbudowany zakres słotowórczy generowanych odpowiedzi; elokwencję w prezentowanych odpowiedziach; szeroki zakres danych źródłowych na podstawie których powstają odpowiedzi; trafność formułowanych kwestii. Podobnie, jak w przypadku korzystania z powszechnie znanych wyszukiwarek internetowych, takich jak Google, czy Bing, kluczem do uzyskania satysfakcjonującej odpowiedzi jest trafność i precyzyjność sformułowania pytania. Taka zależność została wielokrotnie pokazana w prezentowanym artykule. Sensowne wydaje się zatem wykorzystanie technologii OpenAI jako uzupełnienie i rozszerzenie dostępnych opracowań, dotyczących danego zagadnienia. Np. w omawianym tutaj przypadku istniejącego, wzorcowego planu BIOZ, można się pokusić na rozszerzenie opracowania o sugerowane w odpowiedziach ChatGPT aspekty związane z ochroną środowiska, czy wpływem przeprowadzanych procesów budowlanych na sąsiedztwo. Natomiast w przypadku innych rodzajów inwestycji, np. robót liniowych, czy zastosowania specjalistycznych technologii, należy prześledzić ogólne założenia dotyczące planu BIOZ, a następnie wygenerować do każdego zawartego w nim wskazania odpowiednie precyzyjne pytanie, uwzględniające dane projektowe, technologię wykonania oraz ujętą, np. w harmonogramie specyfikę i kolejność robót budowlanych. Na tej podstawie dużo łatwiej będzie można sporządzić wiarygodny, zgodny z przepisami oraz oryginalny plan BIOZ.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wzorcowa informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na placu budowy <http://lub.piib.org.pl/pliki/szkolenia/wzinfbioz.pdf>
- [2] Chat GPT – definicja pojęcia, <https://obtk.pl/sloownik/chat-gpt-co-to-jest/>
- [3] Wzór planu BIOZ, <https://bioz.pl/wzor-planu-bioz/>
- [4] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy (t.j. Dz.U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94 z późn. zm.)
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 sierpnia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz szczegółowego zakresu rodzajów robót budowlanych, stwarzających zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia ludzi (Dz.U. Nr 151, poz.1256)
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie szczególnych zasad szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. Nr 62, poz. 285)
- [7] Hurbans R., Algorytmy sztucznej inteligencji, Ilustrowany przewodnik, Helion, Warszawa, 2022

Wypadek przy pracy a eksperyment rzeczoznawczy w opinii biegłego sądowego

Accident at work and expert experiment in the opinion of a forensic expert

dr n. o zdr. Andrzej Dziejcz (ORCID: 0000-0001-7043-7353), ekspert ds. BHP certyfikowany przez CIOP-PIB wpisany na listę biegłych sądowych prezesa Sądu Okręgowego w Tarnowie

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9371

Streszczenie: Zawiłość spraw związanych z wypadkami przy pracy powoduje konieczność powołania przez organy procesowe biegłego z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy po to, by dotrzeć do przyczyn zaistniałego wypadku i przypisać odpowiedzialność konkretnej osobie. Biegli sądowi z zakresu BHP są pomijani przy czynnościach procesowych na miejscu zdarzenia, jakimi są oględziny oraz eksperyment procesowy. Aby dotrzeć do przyczyn wypadku, biegli muszą niejednokrotnie we własnym zakresie wykonać eksperyment rzeczoznawczy, na którym opierać się będzie późniejsza sporządzona przez nich opinia pisemna. W artykule omówiono rolę biegłego sądowego z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy oraz jego rolę w postępowaniu karnym podczas tworzenia opinii na potrzeby organu procesowego.

Słowa kluczowe: wypadek przy pracy, biegły sądowy, oględziny procesowe, eksperyment rzeczoznawczy.

Abstract: The complexity of cases related to accidents at work makes it necessary for the procedural authorities to appoint an expert in the field of occupational health and safety in order to reach the causes of the accident and assign responsibility to a specific person. Forensic experts in the field of occupational health and safety are omitted from procedural activities at the scene, such as inspection and trial experiment. In order to reach the causes of the accident, the experts often have to carry out an appraisal experiment on their own, on which the written opinion they will later draw up will be based. The article discusses the institution of a forensic expert in the field of occupational health and safety and his role in criminal proceedings when creating an opinion for the needs of a procedural authority.

Keywords: accident at work, forensic expert, trial inspection, appraisal experiment

1. Wprowadzenie

Institucja biegłego sądowego została ustanowiona w celu zapewnienia należytego funkcjonowania organów szeroko rozumianego wymiaru sprawiedliwości i zabezpieczenia warunków prawidłowego wypełniania przez nie ich ustawowych zadań [1]. Na podstawie art. 157 ustawy z 27 lipca 2001 r. Prawo o ustroju sądów powszechnych [2] prezes sądu prowadzi m.in. listy biegłych sądowych – według poszczególnych gałęzi nauki, techniki, sztuki, rzemiosła, a także innych umiejętności. Szczegółowe kwestie dotyczące biegłych sądowych reguluje rozporządzenie Ministra Sprawiedliwości z 24 stycznia 2005 r. w sprawie biegłych sądowych [3]. Zgodnie z art. 193 § 1 ustawy z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks postępowania karnego [4] potrzeba zasięgnięcia opinii biegłego zachodzi, gdy stwierdzenie okoliczności mających istotne znaczenie dla rozstrzygnięcia sprawy wymaga posiadania wiadomości specjalnych [5].

2. Biegły sądowy i jego opinia

Istotnym środkiem dowodowym jest dowód z opinii biegłego. Może on zostać przeprowadzony na wniosek stron

lub z urzędu. W postanowieniu o dopuszczeniu dowodu sąd wyznacza osobę biegłego bądź wskazuje na jego specjalizację, ustala termin na sporządzenie opinii oraz formę, w jakiej ma być sporządzona. Opinia biegłego ma zatem za zadanie uzupełnić zasób wiadomości niezbędnych do rozstrzygnięcia sprawy [6]. W piśmiennictwie wskazuje się, że bez biegłego nie byłoby możliwe poznanie pewnych wycinków rzeczywistości, wymagających posiadania wiadomości specjalnych, a organ procesowy jako podmiot poznający powinien uzyskać opinię biegłego lub odpowiedniej placówki opiniującej [7].

Kodeks postępowania karnego nie precyzuje terminu „wiadomości specjalne”. Mogą to być informacje specjalistyczne z różnych dziedzin nauki, sztuki, techniki lub rzemiosła, wykraczające poza dostępną wiedzę ogólną lub prawniczą [8], a także pozwalające, w ramach ekspertyzy, na przeprowadzenie określonych wymaganiami naukowymi i prawnymi specjalistycznych badań, krytycznej oceny ich wyników i dokonania ich interpretacji dla toczącego się postępowania [9]. Biegły powinien spełniać odpowiednio wysokie wymagania oraz wykazać się kompetencjami, na które składają się: zdobyta wiedza specjalna połączona z umiejętnościami praktycznymi, znajomość odpowiednich zasad postępowania,

potrzeba kontroli własnej biegłości z określonej dziedziny opiniowania oraz dążenie do rozwoju zawodowego [10]. Opinia musi być wydana z największą starannością oraz obiektywizmem, gdyż niejednokrotnie organ prowadzący postępowanie procesowe opiera swój osąd właśnie na wydanej przez biegłego opinii [11].

3. Wypadek przy pracy

Definicję wypadku przy pracy określa art. 3 ust. 1 ustawy z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych. W myśl tego przepisu za wypadek przy pracy uważa się zdarzenie nagłe, wywołane przyczyną zewnętrzną, powodujące uraz lub śmierć, które nastąpiło w związku z pracą:

„1) podczas lub w związku z wykonywaniem przez pracownika zwykłych czynności lub poleceń przełożonych,
2) podczas lub w związku z wykonywaniem przez pracownika czynności na rzecz pracodawcy, nawet bez polecenia,
3) w czasie pozostawania pracownika w dyspozycji pracodawcy w drodze między siedzibą pracodawcy a miejscem wykonywania obowiązku wynikającego ze stosunku pracy.

2. Na równi z wypadkiem przy pracy traktuje się wypadek, któremu pracownik uległ:

1) w czasie podróży służbowej w okolicznościach innych niż określone w ust. 1, chyba że wypadek spowodowany został postępowaniem pracownika, które nie pozostaje w związku z wykonywaniem powierzonych mu zadań;
2) podczas szkolenia w zakresie powszechnej samoobrony;
3) przy wykonywaniu zadań zleconych przez działające u pracodawcy organizacje związkowe.” [12].

Z powyższej definicji wynika, że „wypadek przy pracy” jest pojęciem normatywnym, wyznaczonym przez cztery czynniki:

- nagłość zdarzenia odnosi się do czasu działania czynnika zewnętrznego na organizm człowieka, ujmowanego jako działanie niespodziewane, nieprzekraczające dniówki roboczej [13];
- przyczyna zewnętrzna zdarzenia oznacza, że nie może pochodzić z organizmu pracownika dotkniętego zdarzeniem. Przyczyna ta skutkuje jednocześnie urazem lub śmiercią pracownika. Przyczyną zewnętrzną wypadku może być każdy czynnik zewnętrzny, który jest zdolny wywołać w istniejących warunkach szkodliwe skutki, w tym także pogorszyć stan zdrowia pracownika dotkniętego schorzeniem samoistnym [14];
- uraz (uszkodzenie tkanek ciała lub narządów człowieka wskutek działania czynnika zewnętrznego) lub śmierć (za śmiertelny uważa się wypadek, w wyniku którego nastąpiła śmierć w okresie nie przekraczającym 6 miesięcy od dnia wypadku. Przez pojęcie śmierci należy rozumieć śmierć biologiczną, polegającą na nieodwracalnym ustaniu funkcji pnia mózgowego [15]);
- związek z pracą, który zachodzi, gdy istotną przyczyną wypadku przy pracy jest wykonywanie przez pracownika

obowiązków wynikających ze stosunku pracy lub powinności z nim związanych. Zakres zwykłych czynności pracownika może być określony w akcie kreującym stosunek pracy, np. w umowie o pracę, jak również w zakresie obowiązków przekazywanych pracownikowi przez pracodawcę na podstawie art. 94 pkt 1 Kodeksie pracy. Będą to czynności, które pracownik wykonuje na bieżąco w toku wykonywania swojej pracy [16]. Pojęcie „zwykłe czynności” powinno być rozumiane szeroko, tj. jako wszystkie czynności, które podejmuje pracownik czy to w zakładzie pracy, czy też po za nim, jeżeli podjęte zostały w celu realizacji obowiązku świadczenia pracy w sposób sumienny i staranny, przygotowania do tego świadczenia lub stały się konieczne dla kontynuacji tego świadczenia [17].

4. Czynności procesowe

4.1. Oględziny

Art. 207. § 1. k.p.k mówi, że: „W razie potrzeby dokonuje się oględzin miejsca, osoby lub rzeczy”. Oględziny to czynność procesowa polegająca na szczegółowej obserwacji, wykrywaniu i zabezpieczaniu śladów kryminalistycznych miejsca, osoby, rzeczy lub zwłok, przeprowadzana przez człowieka za pomocą zmysłów i z wykorzystaniem środków technicznych, w celu wyjaśnienia charakteru i okoliczności powstałego zdarzenia oraz ustalenia jego sprawcy [18]. Oględziny są sposobem uzyskania wiedzy o wypadku. Polegają na przeprowadzeniu swoistego badania fragmentu rzeczywistości, a następnie utrwaleniu wyników tego badania. Oględziny są dokonywane w pierwszej fazie postępowania i mają na celu uzyskanie jak największej ilości informacji o zdarzeniu, a także zabezpieczenie wszelkich śladów i rzeczowych źródeł dowodowych. Są czynnością składową badania miejsca zdarzenia, czyli zespołu powiązanych działań o charakterze procesowym prowadzących do wyjaśnienia okoliczności zdarzenia. Oględziny to niejako czynność odkrywczą ukierunkowana na wykrycie nowych, nieznanych dotąd informacji i ich źródeł [19]. Biegły może uczestniczyć w oględzinach, pełni wówczas jedynie funkcję konsultacyjną dla organu procesowego, który jest jedynym podmiotem uprawnionym do realizacji czynności oględzin.

4.2. Protokół

Każda czynność procesowa (dowodowa) powinna być udokumentowana. W myśl art. 143 §1 pkt 3 k.p.k. przeprowadzenie oględzin wymaga spisania protokołu, który jest podstawowym dokumentem odzwierciedlającym przebieg oględzin. Oględziny można również udokumentować dodatkowo w inny sposób np. przez fotografowanie lub wykonanie szkiców miejsca zdarzenia (art. 147 §1 k.p.k.).

4.3. Dokumentacja fotograficzna

Miejsce zdarzenia jest bardzo ważnym elementem pracy biegłego, jest nośnikiem dodatkowych informacji o samym

miejscu i ilustracją zastanej tam sytuacji, stanowi uzupełnienie protokołu oględzin oraz cenny materiał poglądowy dla uczestników procesu, którzy nie mieli bezpośredniego kontaktu z miejscem zdarzenia i w końcu – pomaga w rekonstrukcji przebiegu zdarzenia, w eksperymencie procesowym [20].

4.4. Eksperyment procesowy

Art. 211 k.p.k. stanowi, że: „W celu sprawdzenia okoliczności mających istotne znaczenie dla sprawy można przeprowadzić, w drodze eksperymentu procesowego, doświadczenie lub odtworzenie przebiegu stanowiących przedmiot rozpoznania zdarzeń lub ich fragmentów”. Eksperyment procesowy to specyficzna czynność dowodowa, która jest podejmowana wówczas, gdy na jej podstawie można ustalić okoliczności istotne dla sprawy. Można jego przebieg połączyć z oględzinami, przesłuchaniami świadków oraz innymi czynnościami dowodowymi. Definicja eksperymentu w języku polskim ma dwa znaczenia: jako próba oraz jako doświadczenie, celowe wywołanie w sztucznych warunkach jakiegoś zjawiska w celu jego zbadania i wyjaśnienia. Decyzja o jego przeprowadzeniu zapada w drodze postanowienia [21]. Tak jak każda czynność dowodowa może on być przeprowadzony z urzędu przez organ prowadzący postępowanie lub na wniosek stron (istotą przeprowadzenia eksperymentu jest dokonanie pewnego doświadczenia lub odtworzenie całości lub fragmentu danego zdarzenia) [22].

Doświadczenie polega na sprawdzeniu możliwości wystąpienia określonych faktów lub zjawisk albo zbadaniu możliwości ich postrzegania w określonych warunkach. Odtworzenie (rekonstrukcja) natomiast, ma na celu sprawdzenie, czy zdarzenie mogło mieć określony przebieg, a zatem musi być dokonane na miejscu zdarzenia. Czynnością z reguły bardziej rozbudowaną i trudniejszą do wykonania jest odtworzenie przebiegu zdarzeń. Logiczne jest, iż aby wynik takiego eksperymentu procesowego był wiarygodny, warunki i okoliczności jego przeprowadzenia muszą być jak najbardziej zbliżone do tych, które istniały w momencie wypadku

Eksperyment procesowy powinien być przeprowadzony, wykorzystując szczegółowy plan stworzony na podstawie danych o okolicznościach, które mają zostać sprawdzone według tzw. taktyki kryminalistycznej, do której należy:

- określenie przedmiotu eksperymentu, a więc tego, co ma organ procesowy sprawdzić i jakie mają być granice sprawdzania (np. czasowe);
- opracowanie jego planu na podstawie danych o okolicznościach, które będą podlegały sprawdzeniu;
- podział ról pomiędzy osoby (zwane pozorantami), które będą brać udział w eksperymencie;
- zabezpieczenie miejsca eksperymentu oraz przedmiotów niezbędnych do jego przeprowadzenia [23].

4.5. Eksperyment rzeczoznawczy

Od eksperymentu procesowego należy odróżnić eksperyment rzeczoznawczy. Zasadnicza różnica między nimi jest

taka, że w przeciwieństwie do eksperymentu procesowego, który ma znaczenie dowodowe w toczącym się postępowaniu, eksperyment rzeczoznawczy nie jest czynnością procesową. Jest realizowany przez biegłego, a nie przez organ procesowy, tak jak ma to miejsce przy eksperymencie procesowym [23]. Eksperyment rzeczoznawczy stanowi część ekspertyzy przeprowadzonej przez biegłego i nie ma charakteru dowodowego, lecz badawczy.

Należy podkreślić, że w polskim procesie karnym eksperyment może być realizowany przez organ procesowy i wówczas będzie to eksperyment procesowy oraz przez biegłego w ramach wykonywanej przez niego ekspertyzy jako eksperyment rzeczoznawczy. Organ procesowy oraz biegły mogą być ponadto uczestnikami realizowanych przez siebie czynności. Wynika to wprost z uregulowań k.p.k.:

- art. 211 k.p.k. – eksperyment realizowany przez organ procesowy;
- art. 198 § 1 k.p.k. – eksperyment realizowany przez organ procesowy z udziałem biegłego;
- art. 198 § 2 k.p.k. – eksperyment realizowany przez biegłego z udziałem organu procesowego;
- art. 200 § 2 pkt 4 i 5 w zw. z art. 193 k.p.k. – eksperyment realizowany przez biegłego [24].

4.6. Wizja lokalna

Częstym terminem używanym przez biegłych jest „wizja lokalna”, której nie przewiduje k.p.k. Wizja polega jedynie na przybyciu na miejsce, w którym nastąpiło zdarzenie, i obejrzeniu go – w celu zorientowania się w zaistniałej sytuacji [25]. W czasie wizji nie zabezpiecza się śladów i nie dostarcza ona środków dowodowych. Wizja może umożliwić ogląd tego, co nie zawsze jest w stanie oddać dokumentacja oględzinowa.

5. Case study w opinii biegłego sądowego

5.1. Wypadek 1

Opis: Od godzin wieczornych grupa osób będąca na spotkaniu klasowym w miejscowości X spożywała alkohol i w trakcie tego „odwiedzała” różne lokale gastronomiczne. Ok. godz. drugiej wyszła z jednego z nich i przemieszczała się wzdłuż ul. Y gdzie trwały prace budowlane (roboty ziemne). Na pożegnanie dwie osoby z grupy chciały się uściskać i podczas tego oparły się o ogrodzenie placu budowy, które przechyliło się i przewróciło. Oboje stracili równowagę i wpadli do wykopu. Skutki wypadku: osoby te doznały ogólnych potłuczeń tułowia, a jedna z nich nabiła się na pręt metalowy doznając urazu podudzia. Dokumentacja zebrana w postępowaniu karnym wywołała postawienie aktu oskarżenia wobec kierownika budowy o niewłaściwe zabezpieczenie terenu budowy. Eksperyment rzeczoznawczy: Jednym z zabezpieczeń robot ziemnych przy budowie D przy ul. Y w dniu wypadku było uzgodnione uzgodnienie z przedstawicielami Urzędu Miasta i innymi właścicielami/użytkownikami budynków

w rejonie budowy ograniczenie ruchu dla pieszych w rejonie ul. Y. Dla pieszych po drugiej stronie ul. Y wygradzono szczelny przesuwany ciąg. Z planu sytuacyjno-graficznego wynikało, że w miejscu, gdzie doszło do wypadku, był zakaz poruszania się pieszych. Ponadto rejon robót ziemnych był oznakowany piktogramami ostrzegawczymi o prowadzonych robotach i związanymi z tym zakazami i nakazami. Drugim zabezpieczeniem robót ziemnych było ustawienie ogrodzenia ażurowego firmy Betafence typu Tempofor składającego się z pręseł (o wymiarach 3500x2000 mm, masa 18 kg) oraz stopy betonowej (o wymiarach 220x620x130 mm, masa 36 kg) pełniącego funkcję zabezpieczenia terenu robót ziemnych. Ogrodzenie było ustawione tak blisko wykopu przy ul. Y na tyle, na ile umożliwiały to warunki oraz uzgodnienia („Ze względu na konieczność zapewnienia komunikacji instytucji oraz mieszkańców na wykonawcy ciąży obowiązek utrzymania stałego dojazdu do tych miejsc. Dlatego też ogrodzenie terenu budowy zostanie ustawione na krawędzi jezdni. Jednocześnie ogrodzenie to stanowi zabezpieczenie wykopów przed wtargnięciem osób postronnych.”). Kontrole wewnętrzne prowadzone przez wykonawcę nie stwierdziły w tym zakresie uchybień. Dlatego uznać należy, że zabezpieczenie robót ziemnych przy budowie D przy ul. Y w dniu wypadku było prawidłowe.

W zdarzeniu brało udział dwóch mężczyzn, którzy jak zeznają, po wyjściu z klubu, idąc ul. Y przypadkowo oparli się o ogrodzenie, które przewróciło się. Przewracając ogrodzenie przy ul. Y. poszkodowani, w ocenie opiniującego, nie oparli się o nie, lecz celowo chcieli przewrócić ogrodzenie zabezpieczające roboty ziemne. Nie mogąc tego zrobić, zaczęli napierać na nie, kołysać (lub nawet skakać, wchodzić), doprowadzając do zmiany jego położenia, a w konsekwencji przewrócenia (potwierdza to wykonany eksperyment rzeczoznawczy, który wyklucza przewrócenie ogrodzenia poprzez przypadkowe oparcie się o nie. Wszystkie ramy ogrodzenia były spięte ze sobą klamrami. Podczas eksperymentu ramy wypinały się z nich. Aby przewrócić ogrodzenie, trzeba było użyć znacznej siły, intensywnie napierać na nie, kołysać i pchać. Samo oparcie się o ogrodzenie dwóch osób nie powodowało jego przewrócenia, chociaż wystąpiło odchylenie od pionu, ale zaraz po ustaniu opierania o nie, położenie ogrodzenia wracało do pierwotnego

stanu – powyższe zamieszczono na rysunkach 1–2). Poddając analizie omawiany wypadek, należy stwierdzić, że nie było możliwe, aby ogrodzenie ażurowe przewróciło się bez jakiegokolwiek aktywnego udziału obu mężczyzn. To oni, przez swoje działanie, spowodowali przewrócenie ogrodzenia ażurowego i przyczynili się do wypadku i obrażeń ciała. Ze względu na znaczną siłę – jak wykazał eksperyment – jaka jest potrzebna do przewrócenia tak dużego odcinka ogrodzenia (60 m) niewykluczony jest udział w tym działaniu jeszcze innych osób. Przyczyną wypadku, któremu w dniu wypadku ulegli obaj mężczyźni, było wytrącenie tegoż ogrodzenia ażurowego ze stanu statycznego poprzez uporczywe, silne napieranie na nie. I nie ma tu znaczenia, czy ogrodzenie ażurowe stało w bliskości wykopu robót ziemnych przy budowie D przy ul. Y czy byłoby oddalone o 1 m od krawędzi wykopu. Nawet gdyby było oddalone o 1 m, to i tak przy takim zachowaniu osób przewróciłoby się. Powyższy eksperyment oraz zgromadzony materiał dowodowy w postępowaniu karnym wykazał, że kierownik budowy i pod jego kierownictwem inwestycja w trakcie budowy przechodzi różne etapy, w czasie których opracowywana jest wymagana dokumentacja. Stanowi ona wartość dowodową, informacyjną i opisową przebiegu procesu budowlanego i jest dowodem na to, że wszelkie prace w trakcie wykonania obiektu budowlanego były prowadzone w sposób bezpieczny i zgodny z wymaganiami [26].

5.2. Wypadek 2

Opis: Pracodawca wraz z dwoma pracownikami wykonywał prace budowlane przy elewacji budynku dwupiętrowego. Prace były wykonywane z wykorzystaniem rusztowania systemowego metalowego OMEGA II ustawionego wokół budynku i rusztowania niesystemowego metalowego ustawionego na klatce schodowej budynku. Ok. godz. dziewiętej Jan Kowalski prawdopodobnie wchodząc po konstrukcji rusztowania systemowego na jego pierwszy, poziom stracił równowagę i spadł z wysokości ok. 3 m na betonowe podłoże. W trakcie postępowania ustalono: brak pionów komunikacyjnych na pierwszym poziomie rusztowania systemowego OMEGA II, eksploatację rusztowania bez wymaganej kontroli stanu technicznego (rusztowanie zostało oddane do użytkowania bez dokonania odbioru przez uprawnio-

naną osobę), lekceważenie zagrożenia, tj. wejście i wykonywanie pracy na pierwszym poziomie rusztowania nieposiadającym pionów komunikacyjnych oraz brak poręczy ochronnych (głównych i pośrednich) na drugim poziomie, desek krawężnikowych na wszystkich trzech poziomach. Skutki



Fot. A. Dziędzic

Rys. 1. Napieranie na ogrodzenie



Fot. A. Dziędzic

Rys. 2. Opieranie się o ogrodzenie

wypadku: krwiak śródmózgowy, złamanie kości skroniowej oraz trzonu kręgu piersiowego.

Eksperyment rzeczoznawczy: nie ulega wątpliwości, że rusztowanie wykorzystywane na placu budowy nie odpowiadało warunkom technicznym

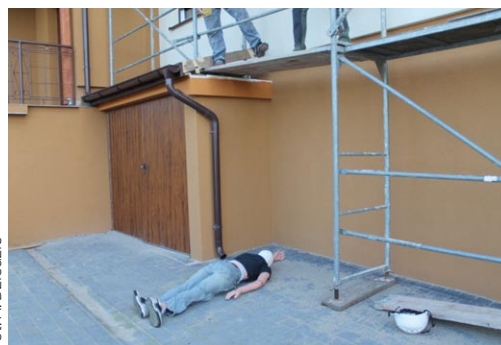
oraz przepisom bezpieczeństwa i higieny pracy. Należy jednak zwrócić uwagę, że w trakcie postępowania procesowego opiniujący otrzymał pytanie: „Czy stan rusztowania rozstawionego w 2019 r. w miejscowości Y, na którym były wykonywane prace elewacyjne, przy założeniu, że pokrzywdzony Jan Kowalski siedział na barierze na pierwszym poziomie rusztowania (wys. 2 m)

miał wpływ na zaistnienie tego wypadku i czy takie zachowanie pokrzywdzonego przyczyniło się do zaistniałego zdarzenia (przestrzeganie zasad BHP)? Podejmując się wydania opinii w przedmiotowej sprawie, opiniujący zastrzegł, że aby ją wydać musi dokonać symulacji upadku manekina z rusztowania. W 2020 r. w miejscowości Y przeprowadzono eksperyment rzeczoznawczy polegający na symulacji upadku manekina z rusztowania (pierwszego pomostu) – zgodnie z założeniem zawartym w pytaniu dotyczącym wydania opinii. W trakcie eksperymentu rzeczoznawczego wykorzystano:

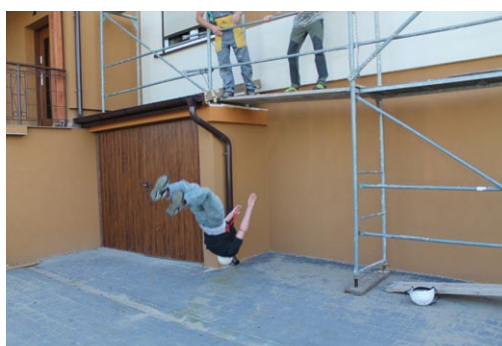
- manekin ewakuacyjny Rescue Randy, który został stworzony specjalnie z myślą o potrzebach szkoleniowych wojska, policji, straży pożarnej, ekip ratowniczych, zakładów pracy oraz personelu pogotowia, w celu nauki ewakuacji, transportu i wyciągania poszkodowanego z ciasnych lub zadymionych pomieszczeń, pojazdów, zawalonych budynków, miejsc pożarów itp. Manekin wykonany z niezwykle trwałych materiałów, konstrukcji zapewniającej odporność na podnoszenie, ciągnięcie, zginanie oraz inne czynniki, które mogłyby doprowadzić do uszkodzenia zwykłych manekinów. Swą posturą i fizjonomią przypomina przeciętnego dorosłego mężczyznę;
- rusztowanie OMEGA II ustawione w taki sam sposób, jak w dniu wypadku (porównując ustawione rusztowanie z dokumentacją fotograficzną oraz protokołami oględzin wykonanych przez technika kryminalistycznego oraz Państwową Inspekcję Pracy można stwierdzić, że rusztowanie zostało zmontowane w sposób odpowiadający jego ustawieniu



Rys. 3. Upadek poszkodowanego gdy siedział na poręczy



Rys. 4. Ułożenie poszkodowanego po upadku z twarzą do ziemi



Rys. 5. Upadek poszkodowanego gdy opierał się o poręcz



Rys. 6. Ułożenie poszkodowanego po upadku z twarzą do góry

z dnia wypadku, tj. do pierwszego pomostu, na którym ma zostać wykonany eksperyment).

Analizując materiał dowodowy, a dokładnie notatkę urzędową sporządzoną przez funkcjonariusza Policji, który był na miejscu wypadku zaraz po zdarzeniu „[...] Ww. mężczyzna leżał na brzuchu na kostce betonowej przy rusztowaniu. Posiadał rozcięcie z tyłu głowy o szerokości ok. 3 cm. [...] w czasie gdy doszło do zdarzenia, stał na 1 poziomie rusztowania na ok. 3 m wysokości. [...]” oraz zdjęcia wykonane przez technika kryminalistyki, opiniujący stwierdza, że trudno dopatrzeć się uchybień na tym poziomie rusztowania (poza wymienionymi przez specjalistę PIP), które miałyby bezpośredni wpływ na upadek Jana Kowalskiego.

Wykonano kilkanaście prób upadku manekina, który został posadzony/siedział na poręczy rusztowania, kończące się jego upadkiem (rys. 3) i ułożeniem w pozycji takiej, jak wskazywali świadkowie oraz funkcjonariusz policji, tj. twarzą do ziemi/kostki brukowej (leżał na brzuchu) (rys. 4). Oddalenie głowy od lica ściany było pomiędzy 88–156 cm. Podczas upadku manekin uderzył tyłem głowy w podest rusztowania. Podczas kolejnych symulacji manekin był ustawiony przodem i opierał się o poręcz rusztowania po czym wychylał przez nie (rys. 5) i upadł na kostkę brukową na plecy z twarzą do góry (rys. 6). Oddalenie głowy od lica ściany było w odległościach pomiędzy 142–161 cm.

Wykonanie eksperymentu rzeczoznawczego potwierdziło przypuszczenie, że aby po upadku pokrzywdzony ułożył się w taki sposób, w jaki opisuje to funkcjonariusz policji, tj. „Ww.

mężczyzna leżał na brzuchu na kostce betonowej przy rusztowaniu”, to ów mężczyzna musiał złamać regułę ostrożności, poprzez siedzenie na poręczy i utratę równowagi na niej lub próby/chęci siadania na niej z jednoczesnym odepchnięciem się nogą od ściany i wtedy prawdopodobnie nie zdążył przytrzymać się ręką rusztowania, co doprowadziło w jednym jak i drugim przypadku do upadku i takiego ułożenia ciała. Jednocześnie należy podkreślić, że podczas takiej symulacji manekin uderzał tyłem głowy o podest rusztowania, co ma też odzwierciedlenie w notatce urzędowej funkcjonariusza policji „[...] Posiadał rozcięcie z tyłu głowy o szerokości ok. 3 cm [...]”. Przy takim zachowaniu Jana Kowalskiego stan rusztowania nie miał wpływu na zaistniałe zdarzenie wypadkowe, gdyż to sam pokrzywdzony złamał reguły ostrożności w tym zakresie. Czas upadku z wysokości 2,95 m (pierwszy pomost rusztowania – 2 m + zamocowana poręcz – 0,95 m) będzie trwał 0,5 s. Przy takiej wysokości i takim czasie upadku uszkodzony nie jest w stanie wykonać jakichkolwiek ewolucji w powietrzu tj. zmiany pozycji/ułożenia swojego ciała podczas opadania/upadku. Z kolei wykonanie symulacji upadku manekina z rusztowania, który wychyla się przez barierki, wykazało, że manekin układa się twarzą do góry, a więc wyklucza to sytuację zastaną przez funkcjonariusza policji będącego na miejscu zdarzenia zaraz po wypadku. Innych symulacji nie wykonywano, gdyż np. w przypadku schodzenia lub wychodzenia po rusztowaniu i odpadnięciu od niego, ułożenie ciała na podłożu betonowym byłoby inne – nogi byłyby bliżej rusztowania niż głowa. Można zatem przyjąć, że wysoce prawdopodobne jest, że pokrzywdzony złamał regułę ostrożności i sam przyczynił się do wypadku poprzez siedzenie/lub chęć siadania na poręczy rusztowania, co spowodowało jego upadek. Kwestia wadliwie zamontowanego rusztowania nie pozostaje w związku przyczynowo-skutkowym w przedmiotowej sprawie (upadku z pierwszego pomostu), gdyż eksperyment rzeczoznawczy wykazał, że rusztowanie wadliwie zamontowane nie miało wpływu na zaistniałe zdarzenie.

6. Podsumowanie

Efekt eksperymentu jest potwierdzenie lub zaprzeczenie zaistniałego określonego faktu. Wynik eksperymentu może być więc pozytywny lub negatywny. W przypadku wyniku pozytywnego uzyskuje się informację, że zdarzenie lub jego fragment mogło mieć miejsce. Nie oznacza to jednak, że tak musiało być. W przypadku natomiast wyniku negatywnego wykluczona jest możliwość zaistnienia w badanych warunkach określonego zdarzenia [23]. Wszystkie czynności, które dokonywane są w ramach eksperymentu (w szczególności przebieg badań oraz ich wyniki), należy odpowiednio utrwalić. Konieczne staje się zatem sporządzenie protokołu. Protokół taki zawiera m.in. wskazanie miejsca eksperymentu, organu przeprowadzającego tę czynność, osób w niej uczestniczących, dokładnego czasu rozpoczęcia badań (data, godzina), podstawy prawnej oraz warunków, w jakich przystąpiono

do czynności badawczych, a także dokładne sprawozdanie z przebiegu eksperymentu oraz z uzyskanych wyników. Należy pamiętać o tym, że do przeprowadzenia eksperymentu nie wystarcza sama zdolność retrospektywnego myślenia. Wymaga się także umiejętności kojarzenia związków przyczynowo-skutkowych. Co więcej, nie istnieje tzw. eksperyment absolutny, czyli możliwość przeprowadzenia odtworzenia zdarzenia w sposób całkowicie zgodny z tym, co naprawdę się stało. Tak więc eksperyment rzeczoznawczy ma swoje granice. Z tego powinien sobie zdawać sprawę każdy, kto go przeprowadza. Uzyskane wyniki należy przyjmować za prawdopodobne, a nie pewne natomiast rozstrzygnięcie w tej sprawie jest w gestii organu procesowego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dziedzic A., B jak biegły sądowy, cz. 1, Atest Ochrona Pracy 11/2013, str. 30
- [2] Ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. Prawo o ustroju sądów powszechnych (t.j. Dz.U. z 2023 r., poz. 217 z późn. zm.)
- [3] Rozporządzenie Ministra Sprawiedliwości z dnia 24 stycznia 2005 r. w sprawie biegłych sądowych (Dz.U. nr 15, poz. 133)
- [4] Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks postępowania karnego (t.j. Dz.U. z 2022 r., poz. 1375 z późn. zm.)
- [5] Dzierżanowski J., Kompetencje biegłego sądowego w polskim procesie karnym, Forum prawnicze, 1(51)2019, str. 66
- [6] Siemienkiewicz K., Postępowanie dowodowe w sprawie o ustalenie wypadku pracy, Zeszyty Prawnicze 20.1/2020, s. 197
- [7] Widła T., Metodyka ekspertyzy [w]: J. Wójcikiewicz (red.), Ekspertyza sądowa, Zagadnienia wybrane, Warszawa 2007, str. 25
- [8] Gruszecka D., Komentarz do art. 193 Kodeksu postępowania karnego, stan prawny na luty 2019 r. [w]: J. Skorupka (red.), Kodeks postępowania karnego. Komentarz, Warszawa, 2019, Lega iis/el.
- [9] Widawki J. (red.), Kryminalistyka, Warszawa, 2012, str. 185
- [10] Skorecki M., Proces harmonizacji standardów opiniowania biegłych sądowych w Polsce i Unii Europejskiej, Przegląd Policjny 3(91)2008, str. 229
- [11] Dziedzic A., Zadania biegłego z zakresu bhp przy sporządzaniu opinii w sprawach karnych, Bezpieczeństwo pracy, CIOP-PIB Warszawa 1/2012, str. 27
- [12] Ustawa z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych (t.j. Dz.U. z 2022 r., poz. 2189)
- [13] Jończyk J., Prawo zabezpieczenia społecznego, Wolters Kluwer, 2006, str. 198
- [14] Wyrok Sądu Najwyższej z 18 sierpnia 1999 r., sygn. akt II UKN 87/99
- [15] Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 4 grudnia 2019 r. w sprawie sposobu i kryteriów stwierdzenia trwałego nieodwracalnego ustania czynności mózgu (M. P. z 2020 r., poz. 73)
- [16] Malkiewicz L., Drożdż P., Wypadek przy pracy z punktu widzenia prawa i medycyny, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, 6/2010, str. 128
- [17] Sojka J., Wypadki przy pracy – świadczenia wypadkowe i wyrównawcze, PTR, Zielona Góra, 1994, str. 13
- [18] <http://pila.szkolapolicji.gov.pl/spp/dzialalnosc/ogledziny/359,Pojecie-ogledzin-i-ich-podstawy-prawne.html> (dostęp 10.07.2023 r.)
- [19] Wolińska A., Oględziny miejsca jako czynność procesowo-kryminalistyczna w polskim procesie karnym, Akademia im. Jakuba z Paradyża, Gorzów Wielkopolski 8(8)2020, str. 117–131
- [20] Nowak B.A., Maciąg K. (red.), Kryminalistyka i zagadnienia pokrewne – przegląd naukowy, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., Lublin, 2017, str. 77
- [21] Szymczak M. (red.), Słownik języka polskiego, t. 1, Warszawa, 1983, str. 525
- [22] Goberle A., Dowody w sądowym procesie karnym, Wolters Kluwer, Warszawa, 2027, str. 220
- [23] Jachimowicz M., Eksperyment procesowy w postępowaniu karnym, Świebodzin, <https://www.edukacjaprawnicza.pl/eksperyment-procesowy-w-postepowaniu-karnym/> (dostęp 15.07.2023 r.)
- [24] Dziedzic A., B jak biegły sądowy, Atest Ochrona Pracy, Kraków 1/2014, str. 31
- [25] Hanusek T., Kryminalistyka, Kantor Wydawniczy Zakamycze, Kraków, 2004, str. 106
- [26] Obolewicz J., Baryłka A., Dokumentacja gwarantem bezpiecznej budowy obiektu budowlanego, Przegląd budowlany, Fundacja Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa 1–2/2022, str. 64

Możliwości wdrożenia koncepcji Budownictwa 4.0 w obszarze BHP

Possibilities of implementing the Construction 4.0 concept in the area of occupational health and safety

dr inż. Krzysztof Kaczorek (ORCID: 0000-0002-4262-7077), Politechnika Warszawska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9372

Streszczenie: Na początku pierwszej dekady XXI wieku rozpoczęła się czwarta rewolucja przemysłowa, które opiera się na pracy na dotychczas niespotykanej ilości danych, co w rezultacie umożliwia cyfryzację oraz integrację systemów i procesów. Przywołane zmiany są wdrażane również w branży budowlanej, co przekłada się bezpośrednio na opracowywanie nowych innowacyjnych rozwiązań, których celem jest poprawa wybranych parametrów procesu inwestycyjno-budowlanego. W niniejszym artykule przedstawiono możliwości wdrożenia w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy na budowie następujących technologii: BIM, czyli modelowanie informacji o obiekcie budowlanym, usługi w chmurze i technologie mobilne, sztuczna inteligencja, ze szczególnym uwzględnieniem analityki prognostycznej, Internet rzeczy, Rzeczywistość rozszerzona, robotyzacja, bezałogowe statki powietrzne i egzoskielety, Druk 3D, Big Data, Cyfrowe bliźniaki (digital twins). Przeprowadzona analiza umożliwiła wskazanie pól, które już są gotowe do szerokiej implementacji, a które obszary stanowią potencjalne obszary, które mogą być wdrożone w celu poprawy warunków BHP w realizacji kontraktów budowlanych.

Słowa kluczowe: BHP, Budownictwo 4.0, nowoczesne technologie, innowacje.

Abstract: At the beginning of the first decade of the 21st century, the fourth industrial revolution began, which is based on working with previously unprecedented amounts of data, which ultimately enables the digitization and integration of systems and processes. The above-mentioned changes are also implemented in the construction industry, which translates directly into the development of new innovative solutions aimed at improving selected parameters of the investment and construction process. This article presents the possibilities of implementing the following technologies in the area of occupational health and safety on construction sites: BIM, i.e. building information modeling, cloud services and mobile technologies, artificial intelligence, with particular emphasis on predictive analytics, Internet of Things, Augmented Reality, robotization, unmanned aerial vehicles and exoskeletons, 3D printing, Big Data, Digital twins. The analysis carried out made it possible to identify the fields that are already ready for wide implementation, and which areas are potential areas that can be implemented in order to improve health and safety conditions in the implementation of construction contracts.

Keywords: occupational health and safety, Construction 4.0, modern technologies, innovations.

1. Wprowadzenie

Na początku pierwszej dekady XXI wieku rozpoczęła się czwarta rewolucja przemysłowa, która opiera się na pracy na dotychczas niespotykanej olbrzymiej ilości danych, co w rezultacie umożliwia cyfryzację oraz integrację systemów i procesów. W uproszczeniu: od rozwiązań automatycznych przechodzimy w kierunku rozwiązań autonomicznych. Przywołane zmiany są wdrażane również w branży budowlanej, co przekłada się bezpośrednio na opracowywanie nowych innowacyjnych rozwiązań, których celem jest poprawa wybranych parametrów procesu inwestycyjno-budowlanego. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości wdrożenia koncepcji Budownictwa 4.0 w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy.

2. Czym jest Budownictwo 4.0

2.1. Rys historyczny

Pierwsza rewolucja przemysłowa zaczęła się w XVIII wieku wraz z poznaniem i okiełznaniem mocy pary, co umożliwiło mechanizację produkcji. Siła mięśni (zarówno ludzkich jak i zwierzęcych) była stopniowo wypierana przez silniki parowe. W budownictwie to przede wszystkim dynamiczny rozwój kolejnictwa oraz budowanie licznych obiektów inżynierskich (np. mostów żelaznych) wymaganych przez kolejne nitki połączeń kolejowych. Druga rewolucja przemysłowa miała miejsce w XIX wieku i wiązała się z wynalezieniem elektryczności oraz linii montażowej. W budynkach pojawiają się instalacje elektryczne, zaś w 1867 r. Joseph Monier, ogrodnik miasta Paryża, opatentował siatkobetonowe donice – pierwsze współczesne prefabrykaty. Trzecia rewolucja

przemysłowa to lata 70. ubiegłego wieku i wszechobecna komputeryzacja, a w późniejszym okresie również automatyzacja. Zdecydowanemu usprawnieniu uległ proces projektowania, dzięki oprogramowaniu komputerowemu możliwe były dokładne analizy, co pozwoliło na wznoszenie bardziej skomplikowanych układów konstrukcyjnych. Automatyzacja procesów produkcyjnych przełożyła się na zwiększenie wydajności w prefabrykacji. Obecnie trwa czwarta rewolucja przemysłowa, która charakteryzuje się zbieraniem, przetwarzaniem i analizą olbrzymich ilości danych. Opracowywane są systemy nie tylko inteligentne, ale coraz częściej autonomiczne, które po odpowiednim zaprogramowaniu potrafią same „się uczyć” i pracować przy bardzo ograniczonej ingerencji człowieka. W branży budowlanej czwarta rewolucja przemysłowa otrzymała nazwę Budownictwo 4.0 [9].

2.2. Obszary Budownictwa 4.0

W budownictwie, zgodnie z [23], można wyróżnić następujące obszary związane z czwartą rewolucją przemysłową:

- BIM, czyli modelowanie informacji o obiekcie budowlanym.
- Usługi w chmurze i technologie mobilne.
- Sztuczna inteligencja, ze szczególnym uwzględnieniem analityki prognostycznej.
- Internet rzeczy.
- Rzeczywistość rozszerzona.
- Robotyzacja, bezałogowe statki powietrzne i egzoskielety.
- Druk 3D.
- Big Data.
- Cyfrowe bliźniaki (digital twins).

Wszystkie te obszary są już wykorzystywane również w Polsce, natomiast celem dalszej części niniejszej pracy jest analiza, jak rozwiązania implementować do poprawy warunków BHP w kontraktach budowlanych, a w kolejnym kroku podnieść poziom upowszechnienia przedmiotowych rozwiązań.

3. Charakterystyka wybranych obszarów Budownictwa 4.0 w kontekście BHP

3.1. BIM, czyli modelowanie informacji o obiekcie budowlanym

Formalna implementacja BIM do obszaru BHP nastąpiła między innymi przez brytyjski Standard PAS 1192-6:2018, który wprowadził strukturyzację informacji dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w kontekście budowlanym, z wykorzystaniem technologii BIM (*Building Information Modeling*). Jego celem jest zwiększenie bezpieczeństwa pracowników na placu budowy oraz użytkowników obiektów budowlanych poprzez dostarczenie lepszych i bardziej kompletnych informacji z BHP w całym cyklu życia obiektu.

Poniżej – struktura standardu PAS 1192-6:2018:

- Geneza i koncepcje BHP w BIM.

- Warstwa informacyjna BHP.
- Wymiana informacji BHP.
- Katalog zagrożeń.
- Model informacyjny BHP.

Standard PAS 1192-6:2018 dąży do stworzenia bardziej bezpiecznego i efektywnego środowiska budowlanego poprzez strukturyzację i integrację informacji BHP w ramach projektów BIM. Pomaga to zwiększyć świadomość ryzyka, poprawić zarządzanie bezpieczeństwem oraz propagować wiedzę o BHP w całym cyklu życia obiektu budowlanego. Wdrażanie standardu może przyczynić się do redukcji wypadków i incydentów na placach budowy oraz zapewnienia bardziej bezpiecznych obiektów dla użytkowników. Warto również rozważyć dostosowanie tych koncepcji do lokalnych realiów, tak jak to uczyniono w ramach inicjatywy „Porozumienie dla bezpieczeństwa w budownictwie” w Polsce [10, 11, 19].

3.2. Usługi w chmurze i technologie mobilne

Istnieje wiele aplikacji na tablety, które mogą usprawnić zarządzanie BHP na placu budowy. Głównym celem przedmiotowego software’u jest wsparcie kadry nadzorczej w monitorowaniu i zarządzaniu zagrożeniami, prowadzeniu dokumentacji, szkoleniach pracowników oraz utrzymaniu wysokich standardów bezpieczeństwa. Poniżej przedstawiono wybrane aplikacje mobilne, z krótkim opisem:

- iAuditor firmy SafetyCulture: iAuditor to narzędzie do przeprowadzania inspekcji BHP, audytów oraz tworzenia raportów;
- Safety Meeting App: Ta aplikacja umożliwia tworzenie i dokumentowanie spotkań zespołów ds. bezpieczeństwa;
- Fieldwire: Fieldwire to narzędzie umożliwia śledzenie postępu prac, zarządzanie ryzykiem i dokumentacją BHP oraz komunikację zespołu;
- BIM 360: W przypadku korzystania z technologii BIM, Autodesk BIM 360 pozwala na przeglądanie modeli BIM w kontekście BHP, zarządzanie dokumentacją i audytami;
- SafeSite: Ta aplikacja pozwala na raportowanie incydentów, inspekcje BHP, zarządzanie szkoleniami oraz tworzenie listy kontrolnej związanej z BHP;
- BIStrainer: To narzędzie do zarządzania szkoleniami BHP pracowników na placu budowy;
- SiteDocs: SiteDocs to platforma do zarządzania dokumentacją BHP, inspekcjami i audytami;
- Safety Reports: Ta aplikacja umożliwia tworzenie raportów z incydentów i wypadków, a także zarządzanie dokumentacją BHP. Pozwala na śledzenie trendów i analizę danych;
- BIMx: W przypadku pracy z modelem BIM, BIMx (aplikacja firmy Graphisoft) pozwala na interaktywne przeglądanie modeli w kontekście BHP;
- SHEQSY: SHEQSY to narzędzie do zarządzania aspektami związanymi z jakością, środowiskiem i zdrowiem zawodowym (QSSE).

Powyższe aplikacje mogą być przydatne dla firm wykonawczych w skutecznym zarządzaniu BHP na placach budowy i utrzymaniu wysokich standardów bezpieczeństwa.

Mnogość software'u pozwala na dobór aplikacji pod kątem potrzeb interesariuszy, jak również specyfikacji realizacyjnej kontraktu.

3.3. Analityka prognostyczna

Wykorzystanie analityki prognostycznej w zakresie BHP na budowie ma ogromny potencjał w poprawie bezpieczeństwa pracowników i ograniczeniu ryzyka wypadków. Dzięki zaawansowanym narzędziom i technologiom można osiągnąć poniższe korzyści.

- Identyfikacja potencjalnych zagrożeń na podstawie analizy danych historycznych, warunków pogodowych i innych czynników pozwala na wczesne podejmowanie działań zapobiegawczych.
- Analityka prognostyczna pozwala na prognozowanie ryzyka poprzez tworzenie modeli, które przewidują ryzyko wypadków na budowie, co umożliwia skoncentrowanie się na obszarach o największym potencjale zagrożenia.
- Optymalizacja harmonogramu prac w taki sposób, aby po uzyskaniu prognozy wystąpienia okoliczności sprzyjających pojawianiu się zagrożeń (np. niesprzyjających warunków pogodowych) modyfikować plan prac, tak aby roboty bardziej podatne na niesprzyjające otoczenie przesunąć w inne okno czasowe.
- Za pomocą analityki można monitorować wydajność pracowników i wykrywać sygnały ostrzegawcze, takie jak nadmierne zmęczenie czy brak uwagi, co może negatywnie wpłynąć na bezpieczeństwo.
- Dzięki ciągłemu monitorowaniu i analizie danych można szybko reagować na zmiany warunków na budowie, co może być krytyczne w przypadku awarii lub niebezpiecznych sytuacji.
- Analiza danych może pomóc w identyfikacji obszarów, w których pracownicy potrzebują dodatkowego szkolenia lub wsparcia, co pozwala na lepsze dostosowanie strategii szkoleniowych.
- Analityka prognostyczna ułatwia generowanie dokładnych raportów i dokumentacji związanej z BHP, co może być istotne w przypadku inspekcji i audytów.
- Wykorzystanie analityki prognostycznej może podnieść poziom zaufania inwestorów i przyczynić się do pozyskania nowych projektów.

Warto podkreślić, że analityka prognostyczna w zakresie BHP na budowie opiera się na zbieraniu i analizie danych, co wymaga zaawansowanej infrastruktury technologicznej oraz odpowiednich narzędzi. Jednak inwestycja w tę dziedzinę może przynieść znaczne korzyści w postaci poprawy bezpieczeństwa pracowników, ograniczenia ryzyka oraz zwiększenia efektywności procesów budowlanych [24].

3.4. Internet rzeczy

Internet rzeczy to koncepcja urządzeń mogących połączyć się z internetem lub innymi urządzeniami, korzystając bezpośrednio z sieci bezprzewodowych lub, co rzadziej spotykane,

za pomocą kabli. Doskonałą implementacją Internetu rzeczy w budownictwie są „weraables”, czyli urządzenia ubieralne – ubrania oraz akcesoria zawierające w sobie komputer oraz zaawansowane technologie elektroniczne pracujące w czasie rzeczywistym. Przykładem mogą być rozwiązania opracowane przez firmę Human Condition Safety, takie jak np. inteligentne kamizelki, które mają pomagać noszącym je pracownikom wykonywać swoje zadania w lepszy, bardziej bezpieczny i szybszy sposób, a przy tym stanowią swojego rodzaju kokpit menedżerski działający w czasie rzeczywistym, przekazujący informacje na temat tego, ile pracowników aktualnie znajduje się w obszarach o podwyższonym prawdopodobieństwie wystąpienia wypadku. Inne rozwiązanie to „Connected helmet”. Każdy taki hełm zostaje podłączony do specjalnego systemu, który monitoruje wybrane parametry. Głównym zadaniem urządzenia jest alarmowanie biura budowy w przypadku wykrycia w odczytach anomalii oznaczających niebezpieczną sytuację na placu budowy, tak jak: wstrząs, uderzenie, upadek, czy znaczący wzrost lub spadek wartości temperatury pod hełmem. Wraz z alertem przesyłana jest również lokalizacja danego pracownika, dzięki czemu czas reakcji jest ograniczony do minimum, zaś skuteczność pomocy wzrasta. Hełm ułatwia również pracę z dokumentacją na budowie – system, do którego jest podłączony pokazuje kierownikowi budowy+ ważność badań lekarskich, szkolenia BHP czy uprawnienia do wykonywania specjalistycznych prac [3].

3.5. Rzeczywistość rozszerzona

Rzeczywistość rozszerzona (w skrócie: AR od *Augmented Reality*) to technologia, która pozwala na nakładanie cyfrowych obiektów i informacji na rzeczywisty świat za pomocą urządzeń takich jak smartfony, okulary AR czy tablet. Wykorzystanie AR w branży budowlanej może przynieść korzyści dla bezpieczeństwa i higieny pracy w następujących obszarach: Szkolenia i edukacja; Wizualizacja zagrożeń: Aplikacje AR mogą dostarczać wizualne reprezentacje potencjalnych zagrożeń na budowie; Instrukcje montażu i naprawy; Monitoring i inspekcje; Rozpoznawanie niebezpiecznych substancji; Nawigacja na budowie; Symulacje wypadków; Skanowanie bezpieczeństwa.

Podsumowując, Rzeczywistość rozszerzona ma olbrzymi potencjał do poprawy świadomości pracowników w zakresie BHP, co przyczynia się do zmniejszenia ryzyka wypadków i zapewnienia bezpieczniejszego środowiska pracy na budowie [7].

3.6. Robotyzacja, bezzałogowe statki powietrzne i egzoszkielety

Bezzałogowe statki powietrzne (UAV – *the Unmanned Aerial Vehicles*), zwane potocznie „dronami” znalazły szerokie zastosowanie w monitorowaniu BHP (Bezpieczeństwo i Higiena Pracy) na placach budowy. Drony umożliwiają szybkie i dokładne przeprowadzenie inspekcji terenu budowy z powietrza w celu identyfikacji zagrożeń. Dzięki kamerom i innym

sensorom mogą rejestrować obrazy i filmy z różnych perspektyw, pozwalając na dokładne zbadanie stanu budowy i ewentualnych zagrożeń. Jest to szczególnie przydatne w przypadku konieczności weryfikacji trudno dostępnych lub niebezpiecznych miejsc na placu budowy, takich jak dachy, wysokie konstrukcje czy obszary pod napięciem. Pozwala to na ocenę stanu tych miejsc bez konieczności narażania pracowników na ryzyko wypadku [14, 15, 12]. Co więcej, drony mogą stanowić bezcenne źródło informacji w przypadku wystąpienia konieczności przeprowadzenia akcji ratunkowej, dzięki czemu służby ratunkowe mogą podejmować szybkie, sprawne i precyzyjne działania. Ma to szczególne znaczenie przy kontraktach realizowanych na dużym obszarze, tak jak chociażby w przypadku kontraktów kolejowych [6], gdzie precyzyjne określenie miejsca wystąpienia zdarzenia niepożądanego jest decydujące dla powodzenia całej akcji ratunkowej.

Na realizowanych w Polsce kontraktach zaczęły się również pojawiać pierwsze egzoszkielety „Human augmentation” (rys. 1). Egzoszkielety mogą pomagać pracownikom w podnoszeniu i przenoszeniu ciężkich przedmiotów, co jest częstym źródłem urazów na budowie. Dzięki wbudowanym mechanizmom i siłownikom egzoszkielety odciążają kręgosłup i mięśnie pracowników, zmniejszając ryzyko kontuzji. Co więcej, na budowie często pracuje się w trudnych warunkach, gdzie trzeba dźwigać ciężkie narzędzia lub elementy konstrukcyjne. Egzoszkielety mogą znacznie zmniejszyć obciążenie ciała pracownika, co pomaga w zapobieganiu przeciążeniom mięśni i stawów. Ponadto egzoszkielety są zaprojektowane tak, aby promować prawidłową postawę ciała podczas pracy. Pomagają utrzymać odpowiednią pozycję pleców i kręgosłupa, co redukuje ryzyko bólu pleców i innych dolegliwości związanych z pracą. Należy również dodać, że egzoszkielety mogą być szczególnie przydatne podczas prac na wysokościach, bowiem pomagają pracownikom w zachowaniu równowagi i stabilności, co jest kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa podczas prac na rusztowaniach czy na drabinach [1].



Rys. 1. Zdjęcie pracownika w egzoszkielecie na kontrakcie „Egzoszkielety „Human augmentation” realizowanym przez firmę JT S.A. [22]

3.7. Druk 3D

Druk 3D, znany również jako drukowanie trójwymiarowe, to innowacyjna technologia produkcyjna, która umożliwia tworzenie fizycznych obiektów poprzez nakładanie materiału warstwa po warstwie na podstawie cyfrowego modelu trójwymiarowego. Jest to proces przeciwieństwa tradycyjnych metod, które polegają na usuwaniu materiału z bryły (np. obróbka skrawaniem lub frezowanie). W budownictwie druk 3D daje możliwość szybkiego i niestandardowego tworzenia komponentów i elementów ochronnych, takich jak ochraniacze na urządzenia, osłony maszyn, bariery ochronne itp. Dzięki temu można dostosować rozwiązania do konkretnych potrzeb i zagrożeń na placu budowy. Ponadto, druk 3D umożliwia produkcję indywidualnych elementów ochrony osobistej, takich jak hełmy, gogle czy maski. Dzięki temu każdy pracownik może mieć dopasowane do siebie środki ochrony, co zwiększa komfort pracy i skuteczność ochrony [21].

3.8. Big Data

Big Data to termin używany do opisanego ogromnych ilości danych, które są zbyt duże i złożone, aby mogły być efektywnie przetwarzane za pomocą tradycyjnych metod i narzędzi analitycznych. Technologie i narzędzia związane z Big Data, takie jak techniki przetwarzania danych w klastrach, rozproszone bazy danych, narzędzia do analizy danych, uczenie maszynowe i sztuczna inteligencja, są wykorzystywane do efektywnego przetwarzania, analizy i wykorzystywania tych ogromnych zbiorów danych, co znajduje również zastosowanie w obszarze bezpieczeństwa na budowie. Big Data umożliwia:

- monitorowanie pracy i analizę ryzyka;
- zarządzanie zasobami ludzkimi;
- monitorowanie maszyn i urządzeń;
- optymalizację logistyki i dostaw;
- przewidywanie incydentów;
- szkolenia i edukację;
- monitorowanie stanu zdrowia pracowników;
- zarządzanie dokumentacją i zgodnością [4, 5, 2].

3.9. Cyfrowe bliźniaki (digital twins)

Cyfrowy bliźniak to wirtualny model lub replika rzeczywistego obiektu lub procesu, którą można monitorować, analizować i symulować za pomocą technologii cyfrowych. W przypadku budowy cyfrowy bliźniak może pomóc w wielu aspektach bezpieczeństwa, w tym w:

- monitorowaniu bezpieczeństwa;
- symulacjach i przewidywaniach;
- szkoleniach i symulacjach;
- zarządzaniu ryzykiem;
- optymalizacji procesów;
- zarządzaniu awariami.

W rezultacie cyfrowe bliźniaki są coraz częściej wykorzystywane w branży budowlanej, aby poprawić zarządzanie

bezpieczeństwem, zmniejszyć ryzyko wypadków i zwiększyć efektywność prac budowlanych [16, 18, 17].

4. Nowe wymagania i trudności we wdrożeniu Budownictwa 4.0

Nowe technologie to oprócz nowych szans również nowe (a czasami i wcześniej znane tylko dotyczące nowych zagadnień) trudności. Do głównych wyzwań związanych z wdrażaniem Budownictwa 4.0 w obszarze BHP należy według [20] zaliczyć:

- konserwatywną mentalność;
- niską otwartość rynku na nowe pomysły;
- poziom przygotowania zawodowego specjalistów;
- niechęć do innowacji z powodu dodatkowego obciążenia;
- niską ufnosć do adaptacji rozwiązań wypracowanych przez inne kraje;
- kwestię bezpieczeństwa danych;
- wzrost zapotrzebowania na analityków danych oraz architektów IT;
- konieczność nauki nowego oprogramowania;
- ścisłą współpracę branży budowlanej z branżą IT.

Wdrażanie innowacji można usprawnić i przyspieszyć korzystając z:

- gotowych rozwiązań, które opracowały zagraniczne podmioty i sprowadziły do Polski na realizowane przez siebie kontrakty;
- doświadczeń inżynierów, którzy po zdobyciu doświadczenia za granicą, wrócili do Polski;
- wiedzy i doświadczenia kadry naukowej, której przedstawiciele podczas odbywania zagranicznych staży pracują z najbardziej nowoczesnymi rozwiązaniami w skali globalnej [7].

5. Podsumowanie

W niniejszym tekście omówiono wprowadzenie czwartej rewolucji przemysłowej, zwanej Budownictwem 4.0, do branży budowlanej. Wprowadzenie tej rewolucji opiera się na wykorzystaniu ogromnych ilości danych, co umożliwia cyfryzację i integrację procesów budowlanych. W pracy przedstawiono możliwości wdrożenia w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy na budowie następujących technologii: BIM, czyli modelowanie informacji o obiekcie budowlanym, usługi w chmurze i technologie mobilne, sztuczna inteligencja, ze szczególnym uwzględnieniem analityki prognostycznej, Internet rzeczy, Rzeczywistość rozszerzona, robotyzacja, bezzałogowe statki powietrzne i egzoszkielety, Druk 3D, Big Data, Cyfrowe bliźniaki (digital twins). Podkreślenia wymaga, że wszystkie wymienione wyżej rozwiązania technologiczne umożliwiają uzyskanie znaczącego podniesienia poziomu bezpieczeństwa na budowie. Niemniej wymaga to wdrożenia szeregu zmian, które zaczynają się już

od procesu kształcenia na uczelniach wyższych, gdzie absolwent kierunku budownictwo powinien poznać również więcej szczegółowych rozwiązań w zakresie IT, aby w przyszłości budować podczas realizacji kontraktów dobrą współpracę pomiędzy informatykami i programistami a przedstawicielami branży budowlanej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ananda T. M., Egzoszkielek – nowy wymiar bezpieczeństwa. utrzymamieruchu.pl, 2019
- [2] Anysz H. Zastosowanie narzędzi uczenia maszynowego i eksploracji danych z uwzględnieniem baz danych o małej liczbie rekordów, *Technologie XXI wieku – Aktualne Problemy i Nowe Wyzwania*, Moidoch-Mendoń I., Maciąg K., Wydawnictwo Naukowe Tygiel, Lublin, 2020, str. 81–104
- [3] Forat A., Przegalińska A., Krzemiński M., Risk assessment on the construction site with the use of wearable technologies, *Ain Shams Engineering Journal* 12/2021, str. 3411–3417
- [4] Gajzler M., Big Data i Data Mining w polskim budownictwie, *Przegląd Budowlany* 7–8/2021, str. 150–153
- [5] Górecki J., Wykorzystanie analizy big data w planowaniu funkcjonowania infrastruktury drogowej, *Autobusy*, 12/2017, str. 1725–1732
- [6] Janowiec F., Leśniak A. Przegląd wybranych procedur i środków wpływających na bezpieczeństwo podczas budowy infrastruktury kolejowej, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022, str. 76–80
- [7] Kaczorek K., Ibadov N., Roslon J., *Construction 4.0 – New Possibilities, Intelligent Applications, Research Possibilities*, W (Red.), 4th International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering: ICAIAME 2022, str. 490–499, https://doi.org/10.1007/978-3-031-31956-3_43
- [8] Kostrzewa-Demczuk P., Rogalska M. Planning of construction projects taking into account the design risk, *Archives of Civil Engineering* 1/2023, str. 613–626
- [9] 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
- [10] Magiera J., BIM dla bezpieczeństwa, czyli najnowszy brytyjski standard PAS 1192-6:2018. Cz.1 Geneza i cel, *Builder*, 6/2018, str. 64–68
- [11] Magiera J., BIM dla bezpieczeństwa. Część 2. Standard PAS 1192-6:2018 w praktyce projektowej i budowlanej, *Builder Science* 254(9)2018, str. 38–41
- [12] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., Drony w ocenie stanu rusztowań, *Builder Science* 270(1)2020, str. 40–41
- [13] Szóstak M., Napiórkowski M., Analiza możliwości zastosowania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP w budownictwie, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022, str. 138–140
- [14] Szóstak M., Nowobilski T.). Bezzałogowe statki powietrzne w budownictwie-protokół bezpiecznego przygotowania i lotu dronem, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022, str. 117–120
- [15] Szóstak M., Nowobilski T., Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w budownictwie, *Przegląd Komunikacyjny* 3/2022
- [16] Walters A-M., Technologia cyfrowych bliźniaków napędza wprowadzanie innowacji w sektorze energetycznym, *intelligentnybudynek.eu*, 2022
- [17] Woźniak Z., Hoła B., Zdarzenia potencjalnie wypadkowe jako prekursory wypadków przy pracy w budownictwie, *Materiały Budowlane* 1/2022, str. 72–74
- [18] Woźniak Z., Hoła B., Ciszewski J., Stelmaszczyk M., Znaczenie zdarzeń potencjalnie wypadkowych dla bezpieczeństwa pracy w budownictwie, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022, str. 90–93
- [19] Zima K., Plebankiewicz E., Wiczorek D., A SWOT Analysis of the Use of BIM Technology in the Polish Construction Industry, *Buildings* 10(1)2020, str. 16
- [20] Budownictwo. Innowacje. Wizja liderów branży 2025, Centrum Badań i Analiza Rynku, Autodesk, 2020
- [21] cadxpert.pl/druk-3d-komponentow-do-helmow-dla-sluzb-mundurowych
- [22] jtsa.pl/egzoszkielety-na-budowie-oswiecim-tworzen/
- [23] www.planradar.com/pl/nowoczesne-technologie-w-budownictwie/
- [24] www.propertynews.pl/technologie/nowe-technologie-w-budownictwie-sztuczna-inteligencja-silnym-wsparciem,134855.html

Wpływ pozostałości historycznej zabudowy na prowadzenie robót budowlanych

The impact of archeological remains on the execution of construction works

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

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9373

Streszczenie: Artykuł porusza problematykę wykonywania specjalistycznych prac geotechnicznych w terenach silnie zurbanizowanych ze szczególnym uwzględnieniem pozostałości historycznej zabudowy. Przedstawiono wpływ właściwej analizy materiałów źródłowych na dobór technologii zabezpieczenia wykopu na przykładzie dwóch zrealizowanych projektów.

Słowa kluczowe: pale CFA, pale CCFA, kolumny DSM, pozostałości historycznej zabudowy, głębokie wykopy, wzmocnienie podłoża, dokumentacja archiwalna.

Abstract: The paper describes issues of execution special geotechnical works in strongly urbanized areas with particular emphasis on archeological remains. Article presents the impact on proper analysis of source data on the selection of deep excavations support technology based on two executed projects.

Keywords: CFA pile, CCFA pile, DSM columns, archeological remains, deep excavations, soil improvement, archival documentation.

1. Wprowadzenie

Rozwój rynku budowlanego jest proporcjonalny do wielkości miast. Najwięcej buduje się w największych metropoliach, tam uzyskiwane są największe zyski z inwestycji, dlatego też dąży się do maksymalnego zabudowania dostępnych przestrzeni. Większość tych miast to historia, nie tylko ta, którą podziwiają turyści. To też często pozostałości historycznych zabudowań, które mimo, że niewidoczne dla oka, mogą stanowić duże wyzwanie dla współczesnych budowniczych.

Artykuł przedstawia sposób realizacji głębokich wykopów pośród pozostałości zabudowy historycznej ze szczególnym uwzględnieniem doboru technologii wykonania prac. Podkreślona zostanie rola analizy dokumentacji archiwalnej na wybór specjalistycznych technik geotechnicznych. Zależność wzajemnego wpływu tych czynników zilustrowana zostanie na przykładach realizacji zabezpieczeń głębokich wykopów w Nysie (galeria handlowa Dekada) i we Wrocławiu (budynek mieszkalny HB1820).

2. Dane do projektowania

Niezbędnymi informacjami do optymalnego zaprojektowania i bezpiecznego wykonawstwa konstrukcji oporowych są: wyniki badań podłoża gruntowego, wysokość zwierciadła wody gruntowej, geometria kondygnacji podziemnej, głębokość wykopu, obecność sąsiadujących obiektów oraz ich głębokość posadowienia, stan i odległość od obudowy [1].

Nieoczywistymi, ale bardzo istotnymi, danymi projektowymi (z punktu widzenia projektanta – geotechnika) są

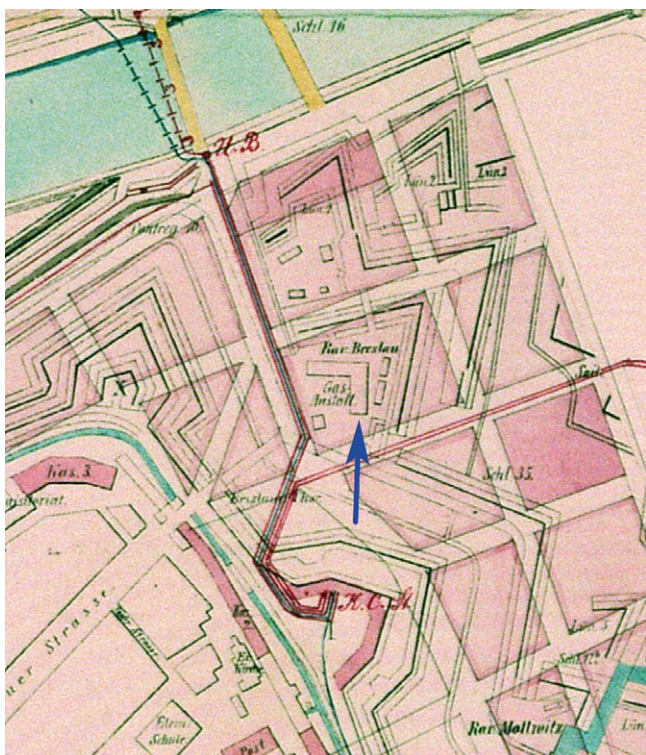
informacje o „budowlanej” przeszłości terenu i jego wcześniejszym zagospodarowaniu. W miastach o wielowiekowej historii ta przeszłość może być naprawdę bogata a jej wpływ na prace geotechniczne jest bardzo istotny.

Planowanie inwestycji budowlanych na etapie koncepcji architektonicznych zakłada maksymalne wykorzystanie potencjału inwestycyjnego działki. Oczywiste jest, że pozostałości w gruncie starych budowli, murów, fundamentów nie mogą być przeciwskazaniem do rezygnacji z kondygnacji podziemnej czy zmniejszeniu obrysu budynku. Stąd znacząca rola doboru technologii prac geotechnicznych umożliwiająca skuteczne wykonanie zarówno zabezpieczenia wykopu jak również robót ziemnych oraz fundamentowych. Przykład tej zależności przedstawiono w artykule [2].

3. Analiza przypadku – zabezpieczenie głębokiego wykopu w Nysie

Pierwszym omawianym przypadkiem jest zabezpieczenie głębokiego wykopu w Nysie. Miasto w województwie opolskim, którego początki sięgają pierwszej połowy XIII w., stanowiło jeden z ważniejszych ośrodków Śląska o istotnym potencjale handlowym, edukacyjnym i militarnym. Intensywny rozwój zaowocował licznymi budowlami, takimi jak powstałe w 1860 roku budynki gazowni przy obecnej ulicy Kolejowej.

Warto zwrócić uwagę, że budynki gazowni nie były usytuowane ani prostopadle, ani równoległe do istniejącej zabudowy (rys. 1). Skośne położenie wynikało z obecności fundamentów murów obronnych twierdzy Nysa. Już w tamtych czasach budowniczowie borykali się z problemami pozostałości



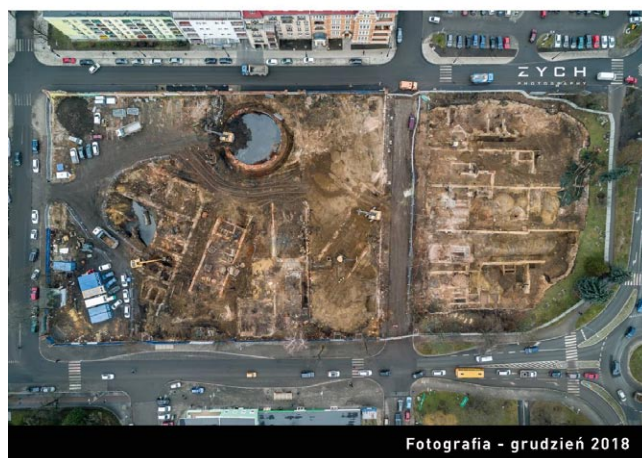
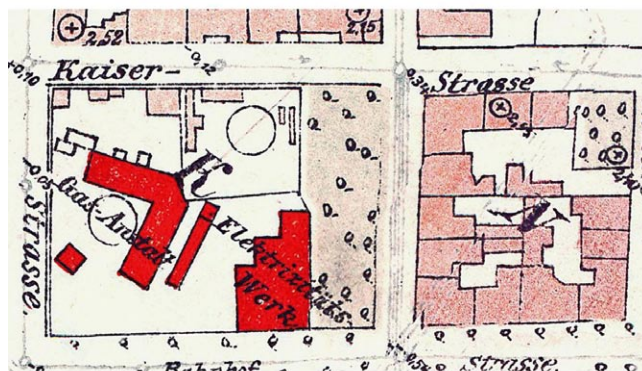
Rys. 1. Lokalizacja gazowni na planie Nysy z 1874 roku (<http://fhn.cba.pl/viewtopic.php?t=468>)

zabudowy historycznej i dostosowywali projekty do napotkanych w gruncie przeszkód. Ówczesne techniki inżynierskie nie pozwalały na pokonanie tych trudności w ekonomicznie uzasadniony sposób w związku z czym wykorzystywano większą powierzchnię terenu w celu realizacji zamierzenia budowlanego. Dziś presja finansowa na wykorzystanie potencjału inwestycyjnego działki wymaga jej maksymalnego zabudowania bez względu na przeszkody w gruncie.

Należy jednak pamiętać, że przed usunięciem pozostałości historycznej zabudowy należy przeprowadzić badania archeologiczne, do prowadzenia których niezbędne jest zabezpieczenie wykopu. Wysuwa się stąd następujący wniosek: pierwszymi pracami umożliwiającymi przystąpienie do wykopów są specjalistyczne roboty geotechniczne, a wybór technologii ich prowadzenia w dużej mierze zależy od stanu, usytuowania oraz rodzaju materiału fundamentów starych budowli.

Istotą analizy zabudowy historycznej jest sprawdzenie, z jakim prawdopodobieństwem projektowana obudowa wykopu znajdzie się w kolizji z pozostałościami dawnych obiektów. W przypadku gdy ryzyko jej wystąpienia jest wysokie, należy przeanalizować rodzaj i stan materiału, z jakiego zbudowane były obecne na działce budynki. Najczęściej są to elementy murowane z cegieł choć zdarzają się przypadki (np. w budowlach przemysłowych z początku XX wieku) płyt żelbetowych czy bardzo trudnych do usunięcia pali drewnianych. Najprostszą metodą realizacji prac geotechnicznych w takich przypadkach jest mechaniczne usunięcie przeszkód i wykonanie obudowy wykopu w podłożu

Fragment mapy z 1905 r.



Rys. 2. Teren budowy galerii handlowej. Porównanie współczesnego zdjęcia (2018 r.) z mapą z 1905 r. (<https://www.facebook.com/photo/?fbid=2045190725547392&set=a.2033201043413027>)

pozbawionym starych murów w osi zabezpieczenia. Nie zawsze jednak jest to możliwe ze względu na ograniczenia logistyczne czy obecność wrażliwych obiektów w sąsiedztwie. Stąd bardzo ważne jest wnikliwe sprawdzenie możliwości wykonawczych w celu doboru ekonomicznego, bezpiecznego i optymalnego rozwiązania.

W przypadku realizacji konstrukcji oporowych w centrach

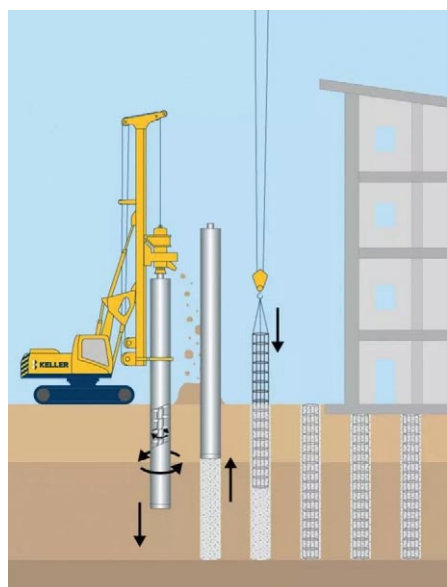


Rys. 3. Wykonywanie kolumn DSM stanowiących elementy obudowy wykopu (archiwum Keller Polska)



Rys. 4. Wykonywanie kolumn DSM stanowiących wzmocnienie podłoża pod płytą fundamentów (<https://www.facebook.com/photo/?fbid=2125713410828456&set=a.2033201043413027>)

miast, przy dużej miąższości nasypów niebudowlanych najczęściej wykorzystuje się różnego rodzaju palisady. Ze względów bezpieczeństwa i minimalizacji wpływu na istniejącą zabudowę zaleca się wykorzystywanie technologii bezwibracyjnych. W zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych stosuje się palisady z kolumn DSM, pali CFA lub pali CCFA. Zabezpieczenie wykopu w opisywanym przypadku zrealizowano za pomocą pali CCFA (elementy nośne, rys. 6) oraz kolumn DSM (elementy wypełniające – rysunek 3). Dodatkowo, ze względu na konieczność ograniczenia osiadań płyty fundamentowej,



Rys. 5. Schemat wykonywania pali CCFA, grafika (archiwum Keller Polska)



Rys. 6. Wykonywanie pali CCFA (archiwum Keller Polska)

wykonano kolumny DSM stanowiące wzmocnienie podłoża gruntowego (rys. 4).

Metoda DSM (ang. *Deep Soil Mixing*) polega na mieszaniu gruntu za pomocą specjalnego mieszadła zamontowanego na klasycznej wiertnicy [3]. W trakcie mieszania gruntu poprzez dysze umiejscowione w dolnej części mieszadła podawany jest pod ciśnieniem zaczyn cementowy, który wymieszany z gruntem tworzy tak zwany cementogrunt. W realizacji palisad stosuje się niekiedy podwójny lub potrójny zestaw mieszadeł umożliwiający uzyskanie większej dokładności wykonania.

Kolumny cementowo-gruntowe mogą stanowić element nośny obudowy zbrojony kształtownikiem stalowym lub element wypełniający zabezpieczeń wykopów, w których obciążenia przenoszą pale żelbetowe.

Sposób wykonania pali CCFA (*Cased Continuous Flight Auger*) polega na jednoczesnym pogrążeniu rury osłonowej i ciągłego świda przy użyciu podwójnej głowicy [4, 5]. W czasie wiercenia wewnątrz rury świda wypełnia się betonem i utrzymuje jego niewielkie ciśnienie, przeciwdziałając penetracji gruntu oraz wody do wnętrza świda. Podczas wykonywania pala 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).

Wybór technologii poprzedzony był wnikliwą analizą techniczną i ekonomiczną, uwzględniającą zagrożenia występujące w podłożu oraz wymagania odbiorowe stawiane

obudowie wykopu: niezwykle istotna była dokładność wykonania ze względu na późniejsze wykorzystanie palisady jako jednostronnego szalunku traconego. Weryfikacja archiwalnej dokumentacji już na etapie przedprojektowym pozwoliła na minimalizację ryzyka umożliwiającą bezpieczną i zgodną z harmonogramem realizację.

4. Analiza przypadku – zabezpieczenie głębokiego wykopu we Wrocławiu

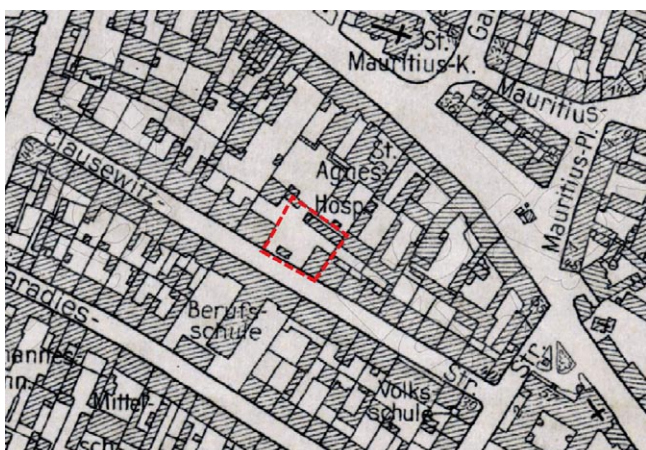
Innym przykładem, w którym jednym z czynników decydujących o doborze technologii geotechnicznej była obecność pozostałości dawnej zabudowy, jest zabezpieczenie wykopu



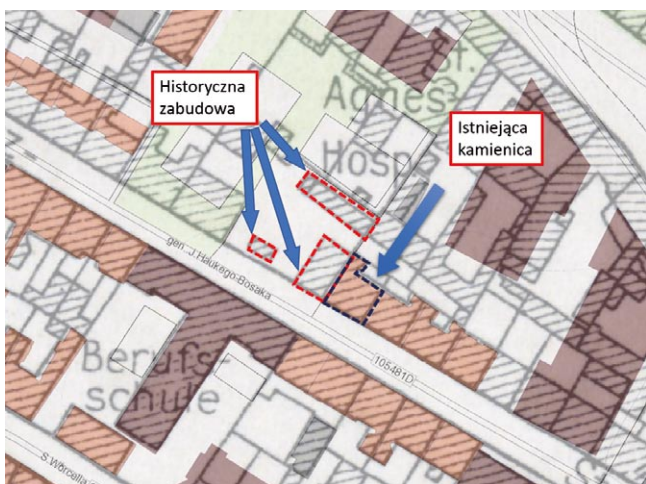
Rys. 7. Palisada po odkopaniu (archiwum Keller Polska)

na potrzeby budowy budynku mieszkalnego, wielorodzinnego przy ul. Haukego – Bosaka we Wrocławiu.

Budynek został zaprojektowany jako plomba wypełniająca zabudowę pierzei ul. Haukego – Bosaka. Jest to zabudowa śródmiejska uzupełniająca historyczny układ urbanistyczny w ścisłym centrum miasta – projektowany budynek



Rys. 8. Plan miasta Wrocławia z lat 1926–1937, czerwonym kolorem oznaczono współczesne granice działki (<https://geoportal.dolnyslask.pl/imap/?gpmmap=gp62#gpmmap=gp62>)

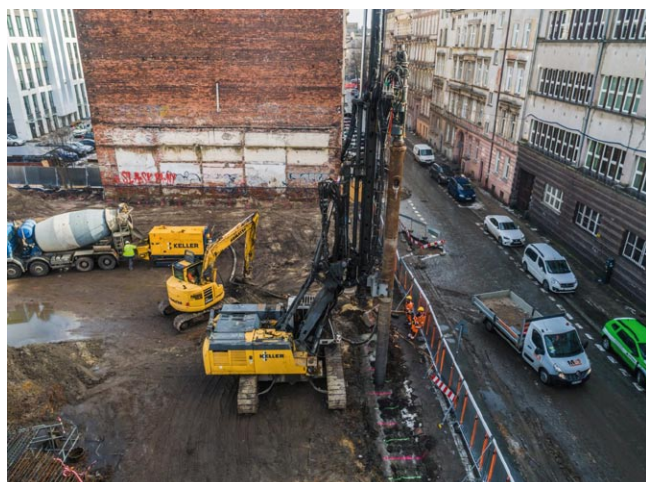


Rys. 9. Porównanie historycznego planu miasta z aktualną zabudową

zaprojektowano w bezpośrednim sąsiedztwie istniejącej kamienicy przy ul. Haukego – Bosaka 22. Ze względu na brak wystarczającej przestrzeni na wymaganą liczbę miejsc postojowych, zaprojektowano garaż w kondygnacji podziemnej. Wykonanie kondygnacji podziemnej w gęstej zabudowie miejskiej możliwe jest jedynie po wcześniejszym zabezpieczeniu głębokiego wykopu. Planując prace geotechniczne na obszarze historycznych obszarów miejskich należy przeanalizować dostępną dokumentację archiwalną w celu oceny występowania pozostałości dawnych zabudowań.

Na mapach z początku XX w. na działce widać istniejące obiekty, w tym jeden przyległy do istniejących do dziś kamienic (rys. 8, 9). Ekspertyza stanu technicznego obejmowała odkrywki fundamentów, które potwierdziły występowanie wzdłuż ściany szczytowej pozostałości przedwojennych zabudowań. Z perspektywy planowania prac geotechnicznych są to niezwykle cenne informacje, ponieważ pozwalają na identyfikację zagrożeń oraz podjęcie stosownych środków zaradczych przed rozpoczęciem prac [6]. Realizacja inwestycji w miejskiej tkance wymaga szczególnej dbałości o ochronę przyległych zabudowań, dlatego dobór odpowiedniej metody prowadzenia prac jest wyjątkowo istotny [7].

Wiedza na temat budowlanej przeszłości działki pozwoliła na dobór optymalnej i bezpiecznej technologii geotechnicznej, jaką są pale CCFA, które umożliwiają realizację prac w ceglanych murach bez używania szkodliwych dla sąsiedztwa wibracji. W przypadku omawianej inwestycji palisada stanowiła również zabezpieczenie fundamentów istniejącej kamienicy przed utratą stateczności. Wiercenie wśród przeszkód gruntowych w bezpośredniej bliskości ściany szczytowej wymagało szczególnej ostrożności i dbałości o reżim wykonawczy. Zasadnicze prace geotechniczne poprzedziło wykonanie murków prowadzących zwiększających dokładność wiercenia pali. Kolejność poszczególnych wierceń była skrupulatnie analizowana celem uniknięcia



Rys. 10. Wykonywanie pali CCFA wzdłuż ulicy Haukego – Bosaka (archiwum Keller Polska)

Rys. 11. Odkopana palisada przy istniejącym budynku (archiwum Keller Polska)

nadmiernych osiadań fundamentu. Docelowo palisada zwieńczona została ocieplem żelbetowym, na którym zainstalowano stalową konstrukcję rozparcia. Pozwoliło to zminimalizować przemieszczenia gruntu, szczególnie niebezpieczne dla starych budynków, których stan techniczny jednoznacznie wskazuje na wieloletnią eksploatację. Pozostała część zabezpieczenia wykopu została zrealizowana w technologii ściany berlińskiej, w której elementami nośnymi również były pale CCFA dla umożliwienia wiercenia w pozostałościach przedwojennych budynków. Wykonanie klasycznej obudowy berlińskiej, w której kształtowniki stalowe są wwibrowywane w grunt nie byłoby możliwe do zastosowania w tym przypadku ze względu na przeszkody jak i konieczność ograniczenia wibracji. Informacje o obecności dawnych obiektów w podłożu gruntowym sprawdziły się podczas wiercenia – wielokrotnie natrafiano na pozostałości zabudowy, jednak dzięki właściwemu doborowi technologii nie stanowiło to problemu.

5. Podsumowanie

Opisane przykłady wyraźnie ilustrują wyzwania przy realizacji robót ziemnych w miastach, których budownictwo rozwijało się od wieków. Szukanie informacji o historycznych zabudowaniach nie jest zadaniem łatwym. Intensywne działania wojenne, jakie rozgrywały się na terenie Polski doprowadziły do zniszczenia ogromnej liczby budynków (dotyczy to również archiwów z dokumentacją projektową), po których nie pozostały ślady widoczne na powierzchni terenu. Warto podkreślić, że dotyczy to nie tylko dużych miast, choć to w nich budownictwo rozwija się najintensywniej, dlatego tam te trudności są najbardziej widoczne.

Rys. 12. Odkopana obudowa berlińska – wyraźnie widoczne pozostałości murów ceglanych (archiwum Keller Polska)



Z pomocą przychodzą archiwa budowlane, w których wciąż można znaleźć dawne mapy i plany miast oraz szczegółową dokumentację rysunkową wybranych obiektów. Warto włączyć weryfikację działki pod względem pozostałości historycznej zabudowy w proces projektowy, ponieważ pozwoli to na uniknięcie niepotrzebnych kosztów i opóźnień w harmonogramie w trakcie trwania prac budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ou C.-Y. Deep Excavation: Theory and Practice (1st ed.), CRC Press, 2006
- [2] Król M. Pale w orurowaniu – sposób na trudne warunki gruntowe (online), 2021 <https://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/inzynieria-i-innowacje/zastosowanie-pali-w-orurowaniu-do-prac-geotechnicznych-w-trudnych-warunkach-gruntowych-76578.html>
- [3] Kirsch K., Bell A. (Eds.), Ground Improvement, 3rd ed., CRC Press, 2012, <https://doi.org/10.1201/b13678>
- [4] German Geotechnical Society: Recommendations on Piling (EA-Pfähle), Berlin: Ernst & Sohn, 2012
- [5] Tomlinson M., Woodward J. Pile Design and Construction Practice, 5th ed., CRC Press, 2007
- [6] Koda E. i Godlewski T., Zasady wykonywania ekspertyz geotechnicznych z uwzględnieniem budynków w zabudowie miejskiej, [w:] XV Konferencja Naukowo Techniczna Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego, Kielce-Cedzyna 2018, str. 81–108
- [7] Kotlicki W., Łukasik S., Godlewski T., Bogusz W., Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów. Wytyczne, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 2020



Zasady zabezpieczeń budynków w obszarach ujawniania się ciągłych deformacji terenu

Rules for securing buildings in areas where continuous terrain deformations appear

dr inż. Katarzyna Kryzia (ORCID: 0000-0001-7693-107X), Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9374

Streszczenie: W pracy syntetycznie omówiono skutki eksploatacji ujawniające się na powierzchni terenu oraz zasady ochrony istniejącej zabudowy terenu górniczego nieprzystosowanej do przenoszenia wpływów eksploatacji górniczej. Przedstawiono typowe zabezpieczenia oraz naprawy budynków narażonych na działanie ciągłych deformacji górotworu. Przeanalizowano aspekty dotyczące zasad bezpieczeństwa w trakcie realizacji robót typowych mających na celu wzmacnianie bądź naprawę budynków narażonych na skutki wpływów eksploatacji.

Słowa kluczowe: szkody górnicze, budynki, wzmacnianie, naprawa, zabezpieczanie budynków.

Abstract: This paper provides a synthetic overview of the effects of mining operations that become evident on the surface of the terrain and principles for protecting the existing construction in mining areas that are not adapted to withstand the influence of mining activities. Typical protections and repairs for buildings exposed to continuous rock deformations are presented. The aspects concerning safety principles during the implementation of typical works aimed at strengthening or repairing buildings affected by the effects of mining activities have been analyzed.

Keywords: mining damage, buildings, strengthening, repair, securing buildings.

1. Wprowadzenie

Całość niekorzystnych wpływów wywieranych na powierzchnię i obiekty budowlane, będących wynikiem prowadzonej eksploatacji górniczej określany jest mianem szkód górniczych. Obowiązek stosowania zasad ochrony powierzchni przed szkodami górniczymi oraz naprawy uszkodzeń spowodowanych szkodami wyrządzonymi ruchem zakładu górniczego uregulowany jest w ustawie [30]. Rocznie w Polsce naprawę z tytułu szkód górniczych przeprowadza się w kilku tysiącach obiektów przeznaczając, na ten cel kilkaset tysięcy milionów złotych (tab. 1), a wartości odszkodowań z tytułu występowania szkód w budynkach dochodzą do kilkudziesięciu procent całości nakładów. Szkody górnicze mogą się ujawniać w postaci uszkodzeń elementów wykończeniowych oraz rzadziej elementów konstrukcyjnych, powodując pogorszenie stanu technicznego i właściwości użytkowych budynku. Z tego względu na terenach górniczych stosuje się zabezpieczenia profilaktyczne, które mają na celu ulepszenie konstrukcji budynku w sposób pozwalający na ograniczenie niekorzystnych wpływów działalności górniczej [5, 8–11, 13, 16, 17, 23–30, 39–44].

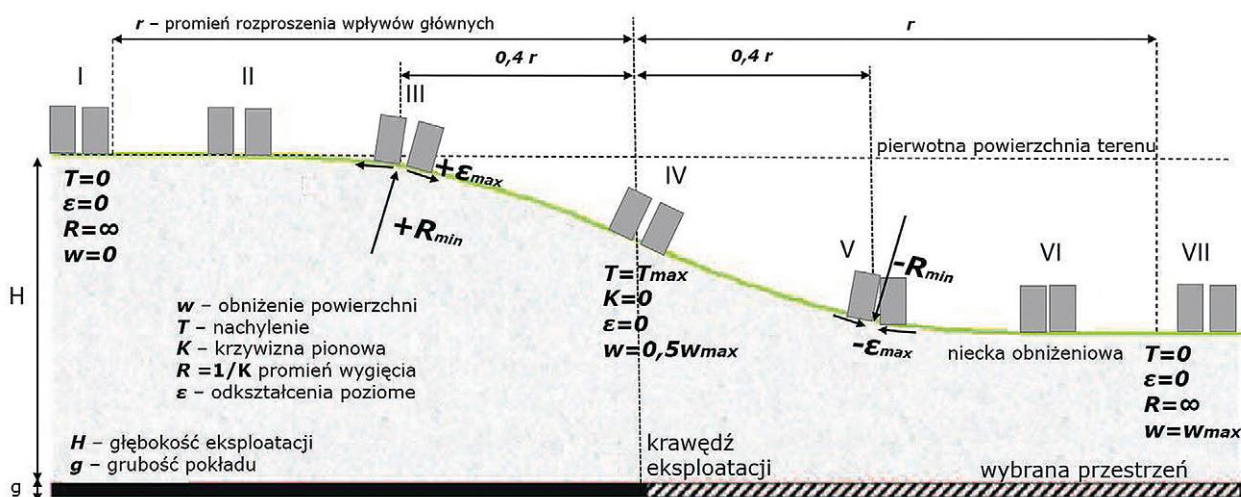
2. Przyczyny występowania szkód spowodowanych eksploatacją górniczą

Podziemna eksploatacja górnicza, wskutek przemieszczeń warstw stropowych górotworu do pustych przestrzeni

wyrobiska, powoduje w nadległym górotworze przemieszczenia jego elementów. Na powierzchni terenu postępuje stopniowo powstanie charakterystycznej niecki. Kształt i rozmiary powstałych deformacji zależą od wielu czynników, z których podstawowe to głębokość i grubość wybranego pokładu, wielkość powierzchni wybrania, rodzaj skał tworzących górotwór, czy sposób wypełnienia pustki poeksploatacyjnej [13, 18, 22–24, 26, 38].

Proces deformacji powierzchni terenu przebiega najintensywniej, gdy teren znajduje się w zasięgu głównych wpływów eksploatacji górniczej. Zlokalizowany na tym terenie budynek podlega działaniu deformacji powierzchni terenu, opisanymi wskaźnikami, tj. odkształceniem poziomym ϵ , nachyleniem T , krzywizną K ($1/R$) i klasyfikującymi teren górniczy na sześć kategorii: zerową, pierwszą do piątej [10, 22–24, 26, 38]. Wpływ deformacji podłoża na budynki w zależności od położenia względem eksploatacji przedstawiono na rysunku 1.

Na schemacie można zauważyć, że w odległości większej od zasięgu wpływów eksploatacji r budynki nie ulegają deformacjom (I). Zaś w pewnej odległości od wybranej przestrzeni (II) występuje rozciąganie obiektów, powodujące również zwiększenie odległości między budynkami. Nadcalizną w odległości $0,4r$ (III), obserwuje się największe rozciągania i krzywiznę wypukłą; co w przypadku budynków powoduje powstanie sił wewnętrznych i naprężeń rozciągających w kondygnacjach nadziemnych budynku (zwykle na poziome stropów, ze względu na ich dużą sztywność)



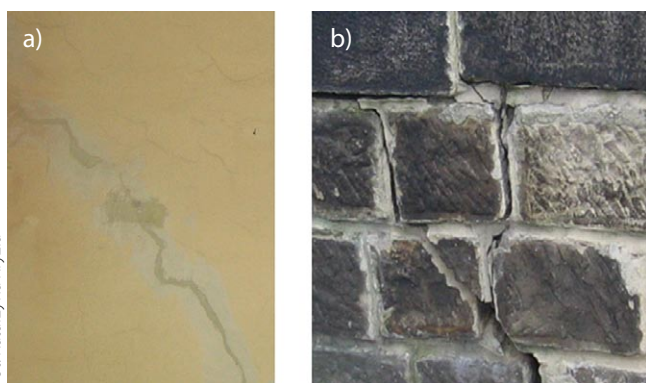
Rys. 1. Schemat przejścia niecki górniczej pod budynkami (opracowanie własne)

oraz obrót zwłaszcza skrajnej części fundamentów, w tym położeniu zaczynają uwidaczniać się nachylenia w kierunku wybranej przestrzeni. Nad krawędzią eksploatacji (IV) odkształcenia poziome i krzywizny powierzchni nie występują, natomiast nachylenia osiągają maksymalną wartość, w tym położeniu budynki pochylają się w kierunku wybranej przestrzeni. Położeniu (V) odległości $0,4r$ od krawędzi eksploatacji nachylenia zmniejszają się, ale wzrastają odkształcenia i krzywizny, budynki są ściskane w dolnej części konstrukcji (fundamentach i ścianach) wskutek działania sił ściskających w podłożu, a w górnej części konstrukcji w wyniku krzywizny wklęsłej powierzchni terenu. Nad wybraną przestrzeń w niecce obniżeniowej w większej odległości od krawędzi eksploatacji (VI) mniejsze znaczenie mają nachylenia powierzchni, najistotniej na budynek wpływają odkształcenia ściskające powodując zmniejszenie odległości między budynkami. W pełnej niecce obniżeniowej (VII) obniżenia osiągają wartość maksymalną, zaś pozostałe wskaźniki deformacji mają wartość zerową [7, 11, 14, 18, 23].

W budynkach poddanych wpływom eksploatacji górniczej częstokroć występują oddziaływania sił pochodzących od deformującego się podłoża. W konsekwencji podczas ujawniania się wpływów górniczych mogą powstawać znaczne uszkodzenia obiektów budowlanych, wymagające bieżącej interwencji, by zapewnić dalszą możliwość ich bezpiecznego użytkowania. Natomiast po wystąpieniu wpływów eksploatacji górniczej niektóre obiekty wymagają dużego zakresu napraw i remontów [1, 7, 11, 16, 23–26].

W ochronie istniejących obiektów budowlanych na terenach górniczych zdefiniowane zostały kryteria użytkowe opisujące dopuszczalne deformacje i intensywności uszkodzeń, jakie mogą wystąpić w budynku użytkowanym zgodnie ze swoim pierwotnym przeznaczeniem. Mimo stosowanych zabezpieczeń, kontroli oraz profilaktyk górniczych i budowlanych w obiektach zlokalizowanych na terenach

górnicych mogą powstać uszkodzenia wynikające z przekroczenia odporności danego obiektu, skutkiem których wystąpią szkody w budynkach. Najczęściej występującymi szkodami w budynkach powstałymi w wyniku podziemnej eksploatacji zasobów złóż węgla są pęknięcia, naruszenia ścian nośnych, osunięcia budynków, problem ze szczelnością dachu, ale także uszkodzenia instalacji. Przykładowe szkody w ścianach nośnych obiektów budowlanych wskutek działalności górniczej przedstawiono na rysunku 2 [5, 8, 9, 14, 22, 30, 34, 38].



Rys. 2. Szkody powstałe w ścianach nośnych obiektów budowlanych wskutek działalności górniczej: a) ściana wewnętrzna, b) ściana zewnętrzna

3. Diagnostyka budynków narażonych na szkody górnicze

Na terenach, gdzie uwydatniają się oddziaływania górnicze, wyróżnić można budynki niezabezpieczone, zabezpieczone doraźnie oraz przystosowane (w fazie projektowania) do przeniesienia dodatkowych obciążeń. Nowo realizowane budynki na terenach podlegających wpływom eksploatacji górniczej zgodnie z obowiązującym stanem prawnym powinny być przystosowane do przeniesienia dodatkowych obciążeń wynikających z wpływów powodowanych

przez tę eksploatację [29, 30, 37, 40, 41, 43]. Budynki, które nie zostały zabezpieczone na etapie budowy, przed podjęciem przez zakład górniczy eksploatacji, powinny być zabezpieczone i odpowiednio przystosowane do przeniesienia dodatkowych obciążeń, tak aby była możliwość ich bezpiecznego użytkowania [6, 8, 14, 30, 38].

Zakłady górnicze są zobowiązane zarówno do ochrony złożeń, jak obiektów budowlanych, planując eksploatację muszą uwzględnić, aby negatywne wpływy na powierzchnię były jak najmniejsze. Przed podjęciem eksploatacji przeprowadzają inwentaryzację zagospodarowania i infrastruktury oraz analizują stan techniczny obiektów budowlanych. Każdorazowe podejmowanie nowych – planowanych robót górniczych wymaga weryfikacji odporności zagrożonych budynków na prognozowane oddziaływania górnicze – zagadnienia te szeroko zostały opisane w publikacjach [9–11, 14, 18, 22, 27, 30, 34].

Na podstawie oceny skutków planowanej eksploatacji określa się zakres potrzebnych prac profilaktycznych lub remontowych w odniesieniu do obiektów narażonych na nowe uszkodzenia lub intensyfikację istniejących. Obecnie w pracach dotyczących możliwości podjęcia eksploatacji górniczej pod terenami zabudowanymi, określonymi planami ruchu podziemnych zakładów górniczych, należy określić kategorię odporności obiektów, które są w zasięgu planowanych wpływów. W odniesieniu do oddziaływania ciągłych deformacji terenu kategorię odporności wolnostojących budynków murowanych szacuje się najczęściej metodą punktową: badając wybrane cechy obiektu, jego konstrukcji i podłoża, sumuje liczbę punktów przypisanych tym cechom i porównują ją z ustaloną w tabeli kwalifikacyjnej liczbą punktów przypisanych poszczególnym kategoriom odporności. Zastosowanie tej metody jest w szczególności dedykowane do oceny odporności budynków mieszkalnych o konstrukcji ścianowej, murowanych z elementów drobnowymiarowych, usytuowanych w zabudowie wolnostojącej lub zwartej o wysokości do pięciu kondygnacji [9–11, 14, 22, 24, 26].

Obiekty budowlane o ustalonej kategorii odporności niższej od kategorii terenu górniczego, przewidywanej w planie ruchu zakładu górniczego, kwalifikowane są do profilaktycznego wzmocnienia (wykonania kotwienia bądź przepon, czasem uwzględniającego również podział na segmenty – dylatacje) lub prowadzenia wnikliwej obserwacji w trakcie ujawniania się wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni i usuwania uszkodzeń w miarę ich powstawania [11, 14, 34, 38].

Prawidłowe zdiagnozowanie stanu technicznego konstrukcji, a w szczególności posadowionej na terenach szkód górniczych, powinno być wykonywane przez osoby z doświadczeniem projektowym dla terenów górniczych oraz bardzo rzetelnie, gdyż ma to kluczowy wpływ na jej estetykę, trwałość, a także przydatność do dalszego użytkowania [10, 22, 24].

4. Zabezpieczenia i wzmocnienia użytkowanych budynków

W projektowaniu wzmocnień konstrukcyjnych dla obiektów istniejących można wyróżnić dwie grupy obiektów: budynki w ogóle niezabezpieczone przed niekorzystnym wpływem oddziaływań górniczych oraz budynki zabezpieczone przed wpływami oddziaływań górniczych na etapie projektowania i wznoszenia, ale o wartościach wskaźników deformacji mniejszych niż obecnie prowadzona eksploatacja. Z taką sytuacją mamy do czynienia, gdy w trakcie długoletniego okresu użytkowania obiektu dochodzi do intensyfikacji prowadzenia eksploatacji górniczej w jego otoczeniu. Pragnąc uniknięcia dalszej degradacji i w konsekwencji zniszczenia całości obiektów, jak też umożliwienia przeniesienia przez nie wpływów eksploatacji górniczej, niezbędne jest zabezpieczenie profilaktyczne istniejących budynków przed podjęciem kolejnej fazy wydobywania. Wykorzystanie takiego zabiegu zdecydowanie zwiększa odporność obiektów na wpływy górnicze, minimalizuje zakres potencjalnych szkód oraz koszty ich usuwania [14, 22, 26, 29, 30, 34]. Najczęściej używanym i podstawowymi zabezpieczeniami konstrukcji zwiększającą jej odporność na wpływy deformacji terenu są kotwienia budynku, wykonywanie opasek fundamentowych, dzielenie budynku szczelinami dylatacyjnymi. Do metod zabezpieczeń profilaktycznych zaliczyć można również zakładanie przepon w poziomie posadzki piwnic, zabezpieczanie gorsetowe, usztywnianie obiektu płytą zewnętrzną i inne. Wśród zabezpieczeń stosowanych na terenach górniczych alternatywą może być zastosowanie metod geotechnicznych, czy transzeje kompensacyjne [12, 16, 17, 19, 23–26].

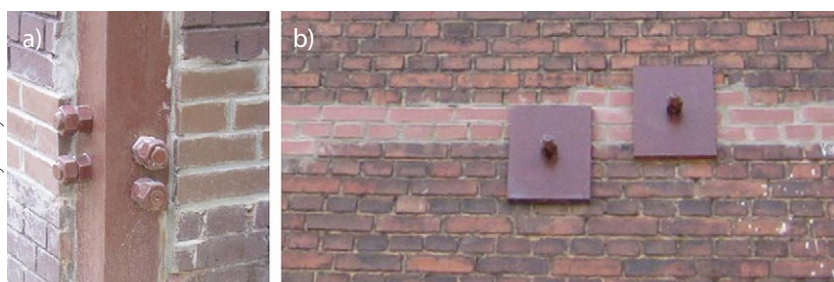
4.1. Kotwienie

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem, zabezpieczającym budowlę przed szkodliwymi wpływami górniczymi w szczególności przed wpływem krzywizny terenu, jest kotwienie [24, 26]. Szczegółowe metody wzmocnienia budynków za pomocą ściągowców opisane zostały w literaturze [14, 16, 17, 23], przy czym najczęściej stosowane polegają na umieszczeniu ściągowców stalowych w bruzdach poziomych w poziomie stropu, lub na zamontowaniu ściągowców stalowych w poziomie stropów na zewnętrznych powierzchniach ścian bez wykuwania bruzd. Wzmocnione budynki w ramach podjętych działań profilaktycznych bardzo często mają wykonane obwodowe skotwienia w poziomie stropów (piwnicznego i kondygnacji nadziemnych). Przykładowe zabezpieczenie wykonane z prętów zbrojeniowych ułożonych w wykutych bruzdach w murze zostało przedstawione na rysunku 3, zaś szczegóły kotwienia konstrukcji naziemnej budynku zewnętrzną kotwą stalową w bruzdach przedstawiono na rysunku 4.

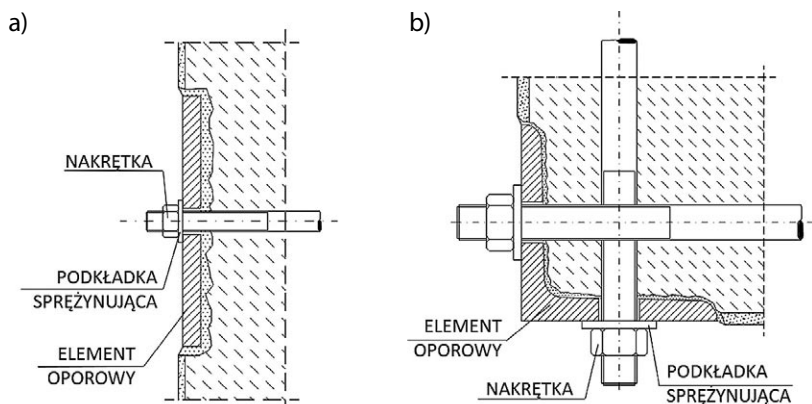
4.2. Opaska fundamentowa

Zabezpieczeniu budynków wolnostojących przed wpływem poziomych deformacji terenu zaleca się opaski żelbetowe.

Fot. Katarzyna Kryzia



Rys. 3. Przykładowe zabezpieczenie wykonane z prętów zbrojeniowych ułożonych w wykutych bruzdach: a) w narożu budynku; b) na ścianie zewnętrznej budynku



Rys. 4. Przykładowe szczegóły kotwienia konstrukcji naziemnej budynku zewnętrzną kotwą stalową w bruzdach: a) w narożu budynku, b) na ścianie zewnętrznej budynku (opracowanie własne)

Opaski żelbetowe zwykle wykonuje się w poziomie posadowienia na zewnętrznych murach fundamentowych tak, aby tworzyła obwód zamknięty, często stosuje się połączenia z istniejącymi fundamentami za pomocą specjalnych haków. Opaski żelbetowe prowadzone na zewnątrz budynku wykonuje się ze spadkiem poprzecznym. W celu zwiększenia sztywności opaski należy wykonać również wzdłuż ścian nośnych wewnętrznych i powiązać je z obwodowymi [16, 23, 24] (rys. 5).

Zasady i wytyczne wykonania opasek żelbetowych można znaleźć w literaturze technicznej [16, 17, 23, 24, 41]. Dobrą praktyką jest wykonanie wzmocnienia budynku zarówno jako opaski żelbetowej wokół istniejących fundamentów, jak i stalowych ściągów w poziomie stropów. Zabieg ten umożliwia skuteczniejsze wzmocnienie całego budynku.

4.3. Dylatacje

W przypadku budynków o znacznej długości ich ochrona może polegać na podzieleniu budynku na oddzielne segmenty z uwzględnieniem odpowiedniej przerwy dylatacyjnej. Wykonanie takiego zabezpieczenia jest uzależnione od sposobu zabezpieczenia fundamentów budynku w gruncie,

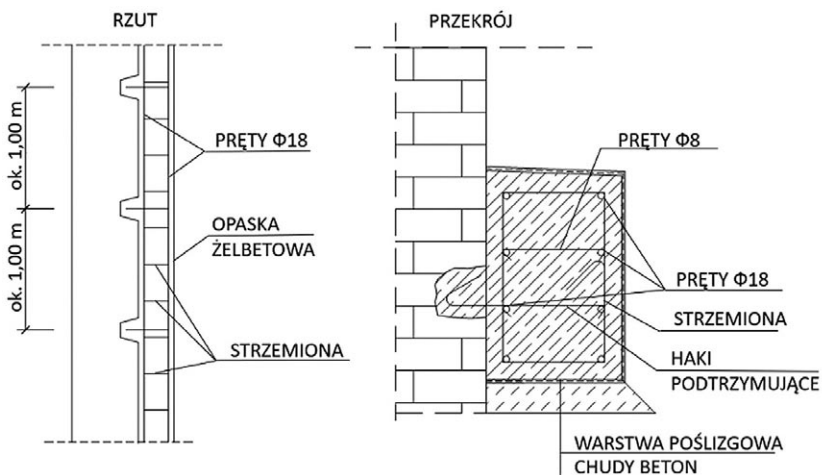
jak i jakości gruntu budowlanego oraz wielkości oddziaływań eksploatacji górniczej. Dylatacja znacznie zwiększa odporność budynków, lecz nie zawsze jest możliwa do wykonania ze względów technicznych, jak i ekonomicznych, a powstałe w wyniku wykonania dylatacji segmenty muszą być zabezpieczone jak niezależne budynki uwzględniając odpowiednie utrzymanie i zabezpieczenie szczeliny dylatacyjnej [14, 16, 17, 23, 24].

Powyższe sposoby zabezpieczenia profilaktycznego istniejących budynków dotyczą sytuacji najczęściej spotykanych w praktyce inżynierskiej. Uwzględniając bogatą różnorodność oraz złożoność konstrukcji, a także stan techniczny obiektów budowlanych poddawanych oddziaływaniom górniczym, należy stwierdzić, iż projektowanie zabezpieczeń wymaga za każdym razem podejścia indywidualnego oraz bardzo dużego doświadczenia projektanta. Szczegółowe informacje o zasadach i warunkach stosowania poszczególnych sposobów na przeprowadzenie zabiegów dostosowujących budowlę do przeniesienia wpływów górniczych lub jej wzmocnienia można znaleźć w literaturze przedmiotu [14, 16, 17, 23, 24, 41].

5. Naprawy budynków uszkodzonych z tytułu szkód górniczych

5.1. Roboty naprawcze

Budynki, które nie zostały zabezpieczone lub zabezpieczenia nie były odpowiednio wykonane, mogą zostać uszkodzone na skutek deformacji powierzchni terenu spowodowanych



Rys. 5. Przykładowe szczegóły wzmocnienia fundamentu budynku typową opaską żelbetową (opracowanie własne)

podziemną eksploatacją i będą wymagały robót remontowo-budowlanych. W zależności od zakresu przewidzianych prac naprawczych mogą to być roboty uznane zgodnie z definicjami ustawy [29] za remont bądź przebudowę [1, 11]. Uszkodzenia obiektów powodują trwałe lub przejściowe obniżenie komfortu ich użytkowania. W budynkach odpowiednio zabezpieczonych na szkody górnicze występuje na ogół mniejszy zakres skutków eksploatacji. Uszkodzeniom na skutek prowadzenia eksploatacji górniczej mogą ulegać elementy konstrukcyjne, jak i elementy wykończenia i wyposażenia budynku [1, 5–7, 14, 23, 24]. Zaliczyć do nich można przede wszystkim zarysowania, spękania i odspojenia tynków ściennych i sufitowych, pęknięcia ścianek działowych, spękania i wypiętrzenia posadzek, spękania i odspojenia okładzin ceramicznych, deformacje stolarki okiennej i drzwiowej. Zazwyczaj zarysowania fundamentów i ścian piwnic prowadzą do uszkodzenia warstw izolacyjnych, co w efekcie powoduje wilgotność ścian. Obserwuje się także uszkodzenia pokryć dachowych i odwrotne spadki rynien powodujące niewłaściwe odwodnienia połaci dachowej. Wśród szkód pojawiają się także spękania trzonów kominowych i defekty instalacji. Szkody występować mogą również w elementach wykończenia, są one zwykle uciążliwe dla użytkowników, ale zazwyczaj nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa budynków. Wśród najczęstszych przypadków uciążliwości użytkowych jakie, spowodowane są wychyleniem budynku z pionu, występują w budynkach to utrata stabilności mebli, samoczynne otwieranie się drzwi i okien, zaburzenia w pracy centralnego ogrzewania, dźwigów osobowych [7, 11, 14, 16, 25]. Wśród prac najczęściej będących przedmiotem wykonania robót z tytułu szkód górniczych wyrządzonych ruchem zakładów górniczych w budynkach mieszkalnych wyróżnić można roboty typowo remontowe wewnątrz budynku, roboty remontowe na zewnątrz budynku oraz w jego otoczeniu, a także roboty towarzyszące i porządkowe. W ramach tego podziału zestawiono przykładowe roboty mające na celu naprawę występujących szkód w budynkach (tab. 1).

5.2. Rektyfikacje budynków

Charakterystycznym rodzajem robót polegającym na znivelowaniu uciążliwości użytkowania ze względu na wychylenia budynku są rektyfikacje budynków. Zagrożenie dla konstrukcji obiektu, wywołane jego wychyleniem od pionu, zwykle jest niewielkie, dochodzące do maksymalnie kilku procent; mimo to użytkowanie takich budowli jest bardzo uciążliwe. Metody rektyfikacji można zaliczyć do dwóch grup, gdzie w pierwszej stosuje się podnośniki, które podnoszą części obiektu znajdujące się zbyt nisko, zaś w drugiej poprzez wykorzystanie sił grawitacji i poprzez lokalne zmniejszenie nośności podłoża obniżane są części obiektu znajdujące się zbyt wysoko. Niezależnie od metody rektyfikacji w przypadku pochylonego obiektu konieczne jest określenie nachyleń w poszczególnych kierunkach. Rektyfikacja budynków została opisana szczegółowo w literaturze [14, 16, 17, 20, 23, 24, 27] oraz na wielu praktycznych przykładach w publikacjach [2, 3, 20, 21].

6. Zasady BHP w realizacji robót mających na celu minimalizację szkód górniczych

Zakres robót zabezpieczających polegających na wzmocnieniach profilaktycznych budynków jest bardzo obszerny i zróżnicowany, zależy od rodzaju budynku oraz jego stanu technicznego, a w szczególności wpływów, jakie działalność górnicza powoduje w ich otoczeniu. Zazwyczaj naprawę szkód spowodowanych ruchem zakładu górniczego można zaliczyć do remontu lub przebudowy [40]. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia przy wykonywaniu tych robót określają w szczególności przepisy rozporządzenia [35]. Rozdział 5 [35] określa szczególne wymagania dla miejsc pracy usytuowanych w budynkach oraz obiektach budowlanych poddanych remontowi lub przebudowie. Obowiązek ich przestrzegania nie wyklucza natomiast konieczności stosowania ogólnych zasad zawartych w rozporządzeniu [4, 15].

Tabela 1. Zestawienie typowych robót wykonywanych podczas naprawy szkód górniczych w budynkach (opracowanie własne)

Charakter robót	Przykładowe roboty mające na celu naprawę szkód w budynkach
Roboty wewnątrz budynku	przemurowanie spękanych ścian wewnętrznych, wykucie bruzd w miejscach pęknięć i ich zabetonowanie; naprawa sklepień odcinkowych z cegły, uzupełnianie tynków po przemurowaniach; rozebranie nadproży i ich odtworzenie; wymiana spękanych tynków ścian i sufitów, przetarcie tynków; rozebranie i ponowne ułożenie uszkodzonych okładzin z płyt gipsowo-kartonowych ścian i sufitów; naprawa podokienników i gzymsów; naprawa posadzki, poziomowanie podłóg; wymiana spękanych/uszkodzonych płytek ściennych; regulacja i osadzenie rozregulowanej stolarki drzwiowej; wykonanie robót malarskich; wykonanie tapetowania itd.
Roboty na zewnątrz budynku i w jego otoczeniu	naprawa nadproży okiennych na elewacji; przemurowanie pęknięć ścian zewnętrznych; odbicie i uzupełnienie tynków zewnętrznych; miejscowe ujednoczenie tynków elewacji; rozebranie nawierzchni z kostki betonowej; wykonanie rusztowania zewnętrznego itd.
Roboty towarzyszące i porządkowe	zabezpieczenie podłóg i posadzek; stolarki okiennej i drzwiowej na potrzeby wykonania prac remontowych; przygotowanie ścian i sufitów do malowania; wywiezienie i utylizacja gruzu.

Podczas realizacji robót konieczne jest przestrzeganie przepisów dotyczących prawa pracy, bezpieczeństwa pracy itp. Realizowane prace naprawcze muszą być wykonywane zgodnie z zasadami sztuki budowlanej, wiedzy technicznej przy zastosowaniu obowiązujących przepisów, norm i warunków technicznych [29, 31–33, 35–37, 39–43].

Ustawa [29] nakłada na uczestników procesu budowlanego obowiązek takiego przygotowania i prowadzenia robót budowlanych, aby zapewnione było bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w procesie pracy, m.in. obowiązkiem kierownika budowy jest sporządzenie lub zapewnienie sporządzenia przed rozpoczęciem budowy planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (planu bioz). Plan ten powinien uwzględniać specyfikę obiektu budowlanego i warunki prowadzenia robót budowlanych, okoliczności jego sporządzenia określa art. 21a [29].

W analizowanych robotach mających na celu naprawę szkód spowodowanych ruchem zakładu górniczego zakres środków technicznych i organizacyjnych zapobiegających niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie dotyczy między innymi robót na wysokości, oświetlenia stanowiska pracy, robót murarskich i tynkarskich oraz robót malarskich zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz budynków, robót ziemnych, robót zbrojarskich i betoniarskich, robót montażowych czy robót spawalniczych a także przygotowania maszyn i innych urządzeń technicznych. Zalecenia dotyczące warunków wykonywania poszczególnych czynności określają przepisy [29, 35–37].

W przypadku budynków, w których roboty polegają na wzmocnieniu konstrukcji oraz ewentualnym podziale obiektu na segmenty, zwykle nie stosuje się materiałów, wyrobów oraz substancji i preparatów niebezpiecznych. Zastosowane materiały i urządzenia powinny mieć wymagane dopuszczenia i atesty stwierdzające ich wykonanie zgodnie z normami. Wszystkie maszyny i urządzenia techniczne stosowane podczas prowadzenia robót powinny być tak skonstruowane i budowane, aby zapewniały bezpieczne i higieniczne warunki pracy, i zabezpieczały pracowników m.in. przed urazami, porażeniem prądem elektrycznym, nadmiernym hałasem, szkodliwymi wstrząsami, działaniem wibracji, działaniem promieniowania, niebezpiecznym działaniem innych czynników środowiska pracy, a także uwzględniały zasady ergonomii.

Wśród zagrożeń, jakie mogą zagrażać przy realizacji robót budowlanych związanych z zabezpieczaniem budynków na wpływy działalności górniczej, występują ryzyka powstania zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia ludzi, a w szczególności w przypadku pracy na wysokości lub pracy w wykopach. W przypadku robót budowlanych wykonywanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie należy strefy takie odgrodzić barierkami ochronnymi oraz oznakować odpowiednimi tablicami

informacyjnymi. Prace ziemne polegające wykonaniu wykopu powinny być prowadzone na podstawie projektu, określającego położenie instalacji i urządzeń podziemnych, mogących znaleźć się w zasięgu prowadzonych robót.

Robotami stwarzającymi ryzyko dla zdrowia mogą być również roboty przy użyciu elektronarzędzi, a także roboty montażowe i demontażowe rusztowań. W zależności od zakresu realizowanych wzmocnień budynku może wystąpić ryzyko przysypania gruzem z rozbieranych konstrukcji. Przykładowo w czasie prowadzenia robót polegających na rozbiórce należy zwrócić uwagę, aby usuwanie jednego elementu nie wywołało nieprzewidzianego spadania lub zawalenia się innego. Przed przystąpieniem do realizacji robót budowlanych zadaniami wykonawcy jest odpowiednie przygotowanie budynku i terenu, na którym wykonywane będą roboty czy wygrodzenie miejsc składowania odpadów czy umieszczenie tablicy informacyjnej. Zwykle w trakcie realizacji robót zabezpieczających istniejące budynki, dostawa prądu elektrycznego czy wody niezbędnych do ich realizacji czy oświetlenia odbywa się z istniejących przyłączy elektroenergetycznych i wodnych. Należy również zwrócić uwagę na pozostałe instalacje, tj. wentylacyjna, gazowa, kanalizacyjna czy ciepła w czynnie użytkowanym budynku, aby były odpowiednio zabezpieczone i nie stwarzały zagrożenia w trakcie prac wzmocniających budynek.

Przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych, mogących spowodować zagrożenie, należy przeprowadzić przeszkolenie pracowników w zakresie BHP, w szczególności przy wykonywaniu prac na wysokości, rozbiórek oraz z poblizu urządzeń elektrycznych. Pracownicy powinni być poinformowani o konieczności stosowania środków ochrony indywidualnej w postaci okularów ochronnych, rękawic ochronnych oraz odzieży i obuwia ochronnego.

Przy wykonywaniu wymienionych prac należy również zwrócić uwagę, czy istniejące zabudowania oraz elementy zagospodarowania działki nie stwarzają zagrożenia dla bezpieczeństwa i zdrowia zarówno ludzi przebywających w istniejących budynkach poddanych wzmocnieniom, jak i pracujących przy realizacji robót wzmocniających budynki.

7. Podsumowanie

Eksploracja górnicza wpływa negatywnie na zagospodarowanie powierzchni i infrastrukturę techniczną. Obiekty budowlane, które znajdują się w zasięgu wpływów eksploatacji, obniżają i przemieszczają się nierównomiernie wraz z gruntem. Wskutek deformacji terenu obiekty mało odkształcalne doznają działania dodatkowych obciążeń, a obiekty odkształcalne – złożonych odkształceń. Wszystkie obiekty mogą doznawać krótkotrwałych obciążeń spowodowanych drganiem podłoża i być narażone na niekorzystne zmiany poziomu zwierciadła wód gruntowych. Aby obiekty budowlane

na terenach górniczych mogły być bezpiecznie i w miarę normalnie użytkowane, muszą być odpowiednio przystosowane do przewidywanych wpływów.

Działania zakładów górniczych skupiają się na utrzymaniu dotychczasowego przeznaczenia terenu, a w odniesieniu do obiektów budowlanych – zapewnieniu bezpieczeństwa powszechnego. Dopuszcza się występowanie niewielkich uszkodzeń budynków, w tym także ich elementów konstrukcyjnych, ale takich, które nie spowodują pogorszenia ich warunków użytkowych i będą możliwe do usunięcia w ramach remontów bieżących. Do tego celu niezbędna jest prawidłowa diagnostyka stanu technicznego budynków umożliwiająca ocenę wpływów prowadzenia działalności górniczej związanej z podziemną eksploatacją.

Obecnie, pomimo stopniowego wygaszania eksploatacji złóż węgla, negatywne efekty wydobywania kopalin będą ujawniały się przez kolejne lata. Zaprezentowane metody zabezpieczeń budynków będą miały zastosowanie w praktyce. Wymusza to konieczność zgłębiania tematyki dotyczącej prowadzenia prac mających na celu zabezpieczenia budynków na terenach górniczych, tak aby we właściwy sposób przeciwdziałać skutkom, jakie może powodować eksploatacja górnicza.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bryt-Nitarska I., Ocena stanu technicznego budynków murowanych na terenach górniczych, ITB, Warszawa, 2013
- [2] Gromysz K., Niemiec T., Wybrane problemy prostowania obiektów budowlanych wychylonych z pionu. Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko nr 4, III Konferencja Naukowo-Szkoleniowa, Katowice-Ustroń 4–6.10.2010
- [3] Gromysz K., O metodach eliminowania wychyleń obiektów budowlanych, Inżynieria i Budownictwo 6//2006, str. 302–307
- [4] Hoła B., Plan bioz a prace remontowe, Inżynier budownictwa 10/2015, str. 76–80
- [5] Florowska L., Issues of mining damage in the context of Sustainable Development Goals (SDGs). The Bulletin of The Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences, 94, 2016, str. 105–117
- [6] Mokrosz R., Obiekty budowlane na terenach górniczych. <https://inzynierbudownictwa.pl/obiekty-budowlane-na-terenach-gornicznych/28.12.2015>
- [7] Kaszowska O., Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu, Problemy Ekologii, tom 11, 1/2007, str. 52–57
- [8] Kawulok M., Procedura postępowania w zakresie ochrony istniejących obiektów budowlanych na terenach górniczych, miesięcznik WUG 1/2007, str. 9–14
- [9] Kawulok M., Ocena przydatności terenów górniczych do zabudowy, poradnik ITB, 2013
- [10] Kawulok M., Osąd eksperta w ochronie istniejących obiektów budowlanych na terenach górniczych, Przegląd Górniczy 71(3)2015, str. 38–43
- [11] Kawulok M., Szkody górnicze w budownictwie, ITB, Warszawa, 2010
- [12] Kawulok M., Chomacki L., Zastosowanie tranzei kompensacyjnych do ochrony budynków na terenach górniczych, Przegląd Górniczy, tom 69, 8/2013
- [13] Knothe S., 1951, Wpływ podziemnej eksploatacji na powierzchnię z punktu widzenia zabezpieczenia położonych na niej obiektów, praca doktorska, AGH, Kraków
- [14] Kwiatek J., Podstawy budownictwa na terenach górniczych, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2004
- [15] Lipka M., Zasady bhp w obiektach objętych remontem lub przebudową, Inżynier budownictwa, 5/2023, str. 36–38
- [16] Ledwoń J. A., Budownictwo na terenach górniczych, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1983
- [17] Luetkens O., Zabezpieczanie budowli przed uszkodzeniami górniczymi, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Katowice, 1951
- [18] Mika W., Kaszowska O., Kryteria dopuszczania eksploatacji górniczej pod terenami zabudowanymi, Przegląd Górniczy, 3/2015, str. 44–49
- [19] Misa R., Tajduś K., Sroka A., Impact of geotechnical barrier modelled in the vicinity of a building structures located in mining area, Archives of Mining Science 63, 2018, str. 919–933
- [20] Niemiec T., Metody rektyfikacji budowli na terenach górniczych, [w]: VI Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń 25–27 czerwca 2001
- [21] Niemiec T., Gromysz J., Metody prostowania budynków przechylonych, Budownictwo Górnicze i Tunelowe 3/1995
- [22] Popiołek E., Ochrona terenów górniczych, Wydawnictwa AGH, Kraków, 2009
- [23] Praca zbiorowa: Ochrona powierzchni przed uszkodzeniami górniczymi, Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1980
- [24] Praca zbiorowa: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, Wydawnictwo GIG, Katowice, 1997
- [25] Siarkiewicz K., Dochodzenie i naprawianie szkód górniczych, Wydawnictwo Prawnicze, Warszawa, 1972
- [26] Strzałkowski P., Zarys ochrony terenów górniczych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010
- [27] Szojda L., Aspekty konstrukcyjne zabezpieczania budynków na terenach górniczych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2019
- [28] Wandzik G., Szojda L., Ajdukiewicz A., Zabezpieczanie budynków w obszarach ujawniania się nieciągłych deformacji terenu, XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna Szczecin-Międzyzdroje, zapobieganie diagnostyka, naprawy rekonstrukcje, awarie budowlane, 2007, str. 341–348
- [29] Ustawa z dnia 7.07.1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2020 r., poz. 1333 ze zm.)
- [30] Ustawa z dnia 9.06.2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 r. nr 163, poz. 981)
- [31] Ustawa z dnia 26.06.1974 r. – Kodeks pracy (Dz.U. z 2020 r., poz. 1320 ze zm.)
- [32] Ustawa z dnia 23.04. 1964 r. – Kodeks cywilny (Dz.U. 1964 r. nr 16, poz. 93)
- [33] Ustawa z dnia 13.04.2007 r. o Państwowej Inspekcji Pracy (Dz.U. z 2019 r., poz. 1251)
- [34] Rozp. Min. Środ. z dn. 8.12.2017 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz.U. 2017 r., poz. 2293)
- [35] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6.02.2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. Nr 47, poz. 401)
- [36] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27.07.2004 r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. Nr 180, poz. 1860 ze zm.)
- [37] Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30.05.1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników (Dz.U. z 2016 r., poz. 2067 ze zm. z 2020 r. poz. 2131)
- [38] Instrukcja GIG nr 12. Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych, GIG Katowice, 2000
- [39] Instrukcja ITB nr 325. Projektowanie budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej podlegających wpływom wstrząsów górniczych, ITB, Warszawa, 1993
- [40] Instrukcja 364/2000. Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, ITB, Warszawa, 2000
- [41] Instrukcja 286/1989. Wytyczne projektowania budynków o ścianowym układzie nośnym podlegającym wpływom eksploatacji górniczej, ITB, Warszawa, 1989
- [42] Instrukcja 380/2003. Diagnostowanie budynków zlokalizowanych na terenach górniczych, ITB, Warszawa, 2003
- [43] Instrukcje 416/2006. Projektowanie budynków na terenach górniczych, ITB, Warszawa, 2006
- [44] Ekonomiczne aspekty ochrony środowiska 2022, GUS, Departament Badań Przestrzennych i Środowiska, Warszawa, od 2019 do 2022

Możliwość wykorzystania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP jako element cyklu Kolba – aktualny stan wiedzy

Possibility of using virtual reality in health and safety training as part of the Kolb cycle – state-of-the-art

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

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9376

Streszczenie: Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości (VR) do szkolenia pracowników z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP) pozytywnie wpływa na bezpieczeństwo w miejscu pracy. Technologia ta pozwala na wygenerowanie wirtualnego środowiska, w którym możliwe jest bezpieczne przeszkolenie pracowników i zapoznanie z różnymi procedurami postępowania w związku z potencjalnym zagrożeniem w środowisku pracy. Wykorzystanie technologii VR w szkoleniach BHP wpisuje się w model uczenia się przez doświadczenie – cykl Kolba, który bazuje na doświadczeniu, refleksji, teorii i praktyce. W artykule przedstawiono aktualny stan wiedzy dotyczący użyteczności wykorzystania technologii VR w kontekście cyklu Kolba.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pracy, wirtualna rzeczywistość, cykl Kolba.

Abstract: The use of virtual reality (VR) to train employees in occupational safety and health (OSH) positively impacts safety in the workplace. The technology makes it possible to generate a virtual environment in which it is possible to safely train employees and familiarize them with various procedures for dealing with potential hazards in the work environment. The use of VR technology in occupational safety and health training fits the model of experiential learning – Kolb's cycle, which is based on experience, reflection, theory and practice. The article presents the current state of knowledge regarding the usefulness of using VR technology in the context of Kolb's cycle.

Keywords: occupational health and safety, virtual reality, kolb cycle.

1. Wprowadzenie

Pracownik jest najcenniejszym i mającym największy wpływ na procesy zachodzące w przedsiębiorstwie zasobem ludzkim, bez którego nie może funkcjonować żadne przedsiębiorstwo [1]. Pracodawca, który zamierza zatrudnić nowego pracownika lub stworzyć w przedsiębiorstwie nowe stanowisko pracy, musi liczyć się z kosztami utworzenia nowego miejsca pracy. Koszty te nie dotyczą tylko i wyłącznie kosztów związanych z zorganizowaniem i wyposażeniem stanowiska pracy, np. zakup sprzętu, narzędzi, oprogramowania, ale również, co ważniejsze, kosztów związanych bezpośrednio z przeszkoleniem i wdrożeniem nowego pracownika. Zgodnie z [2] pracodawca jest zobowiązany do zapewnienia pracownikom bezpiecznych i higienicznych warunków pracy i zorganizowania pracy w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki, ale również jest zobowiązany zapewnić przeszkolenie pracownika w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy

przed dopuszczeniem go do pracy oraz przeprowadzać szkolenia okresowe.

Mimo że koszt przygotowania stanowiska pracy, zakupu niezbędnego sprzętu potrzebnego do wykonywania pracy, w tym środków ochrony indywidualnej oraz odzieży i obuwia ochronnego może stanowić duży koszt początkowy, to istotne jest również, aby uwzględnić koszty, jakie ponosi pracodawca w związku z zatrudnieniem nowego pracownika. Podstawowy koszt stanowi m.in. opłacenie badań wstępnych czy szkoleń w zakresie przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Przy takich założeniach ochrona zdrowia jest nie tylko obowiązkiem pracodawcy wynikającym z obowiązujących przepisów prawa pracy, ale ma silne podłoże ekonomiczne. Z punktu widzenia pracodawcy może się wydawać, że są to niepotrzebne wydatki, jednak prawidłowo przeprowadzone szkolenie wstępne i okresowe zapewniają pracownikom znajomość zasad i przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zmniejszają liczbę wypadków przy pracy, które generują dodatkowe koszty dla

przedsiębiorstwa, takie jak: roszczenia cywilne poszkodowanego, koszty absencji, kary administracyjne oraz podwyższenie składki wypadkowej [3–5].

Brak wykwalifikowanego personelu wpływa na tempo prac prowadzonych przez przedsiębiorstwo. W skrajnych sytuacjach może wiązać się z niedotrzymaniem terminów umownych, a w sytuacji w której dany pracownik był jedynym specjalistą w danej dziedzinie i z uwagi na jego absencję, nie mogą być kontynuowane dalsze prace. Niezależnie od stanowiska pracy szkolenia z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy powinny minimalizować ryzyko zaistnienia wypadku przy pracy, powstania uszczerbku na zdrowiu oraz śmierci pracownika.

Tradycyjne formy szkoleń BHP prowadzone są za pomocą instruktażu, kursu, seminarium z uwzględnieniem takich form dydaktycznych jak wykład, prezentacja, udostępnianie materiałów edukacyjnych, takich jak podręczniki, ulotki oraz broszury informacyjne [6]. Część praktyczna szkoleń jest zdecydowanie dużo rzadziej spotykaną formą ze względu na czas- i pracochłonność oraz potrzebę zapewnienia odpowiedniego miejsca do przeprowadzenia szkoleń, w którym można przeprowadzić warsztaty, ćwiczenia. Tradycyjne formy szkoleń (wykłady) nie zawsze zapewniają zdobycie podstawowej wiedzy i umiejętności związanej z praktycznym wykorzystaniem zdobytej wiedzy. Podczas instruktażu stanowiskowego zależy nam najbardziej na przekazaniu praktycznej wiedzy i umiejętności. Instruktaż ma za zadanie przygotować pracownika do bezpiecznego wykonywania pracy [7]. Po prawidłowo odbytym szkoleniu pracownik powinien wiedzieć, co ma robić na stanowisku pracy, tzn. poznać metody bezpiecznego wykonywania pracy, ale również znać sposoby ochrony przez zagrożeniami wypadkowymi i zagrożeniami dla zdrowia w warunkach normalnej pracy i w warunkach awaryjnych [8]. Aby wspomniane obszary (wiedza i umiejętności) zostały objęte programem szkolenia, jego proces powinien zostać przygotowany i przeprowadzony z użyciem cyklu Kolba. Ponadto w pracy [9] stwierdzono, że konwencjonalna ocena osiągnięć uczniów dotychczas koncentrowała się na odtwarzaniu wiedzy faktograficznej i proceduralnej. W przeciwieństwie do tego koncepcja uczenia się na podstawie doświadczania pozwala na rozwijanie myślenia wyższego rzędu poprzez rozwiązywanie problemów, zamiast przyswajania faktów i odtwarzania instrukcji [9].

Celem artykułu jest przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat użyteczności zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości do prowadzenia szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy zgodnego z modelem uczenia się przez doświadczenie.

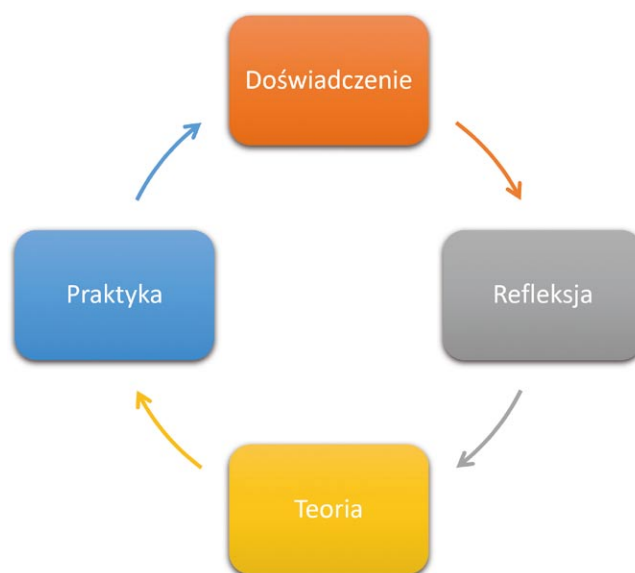
2. Model uczenia się przez doświadczenie – cykl Kolba

Mechanizm uczenia osób dorosłych i dzieci nie różni się. Polega on na przekazaniu wiedzy i praktycznym zaprezentowaniu

jej wykorzystania w rzeczywistości. Pomimo tego nauczenie osoby dorosłej i zdobycie przez nią nowej wiedzy i umiejętności jest zdecydowanie trudniejsze niż w przypadku dzieci, głównie ze względu na posiadany bagaż doświadczeń, który ta osoba zdobyła [10]. Trudnością w zdobywaniu nowych umiejętności jest przyjmowanie nowej wiedzy przez pryzmat dotychczasowej, co powoduje jej kwestionowanie i może prowadzić do jej odrzucenia. Osobie dorosłej należy udowodnić, że informacja, która jest przekazywana, jest prawdziwa i wartościowa, przez co prowadzenie szkoleń dla osób dorosłych jest wymagającym procesem. Osoby dorosłe wyznają zasadę, że: zdobywają sprawność i wiedzę, gdy usłyszą, zobaczą, porozmawiają i, co najważniejsze, zrobią.

Jednym z kluczowych założeń andragogiki (dziedzina zajmująca się nauczaniem dorosłych) jest to, że osoba dorosła rozwija swoją wiedzę i umiejętności poprzez autonomiczne działania, oparte na wcześniejszym doświadczeniu i dokładnej refleksji nad podejmowanymi aktywnościami. Według [11] do efektywnej nauki dorośli potrzebują:

- poczucia odpowiedzialności za obszar, którego się uczy – sam decyduje, że chce się tego uczyć;
 - wiedzieć, dlaczego potrzebuje się uczyć;
 - chcieć się uczyć przez doświadczenie;
 - podchodzić do nauki jak do rozwiązywania problemów;
 - widzieć w szkoleniu wartość bezpośrednią, co oznacza, że może od razu wykorzystać zdobytą wiedzę w praktyce.
- W pracy [12] przedstawiono model uczenia się przez doświadczenie, nazywany obecnie cyklem Kolba. Przedstawiony na rysunku 1 cykl Kolba składa się z 4 etapów i zakłada, że:
- wiedzę zdobywa się poprzez praktykę i doświadczenie: doznawanie, działanie, przeżywanie, oglądanie, słuchanie, działanie (etap: doświadczenie);
 - pewne konkretne doświadczenie skłania do rozumnej obserwacji: refleksja, odtwarzanie przeżyć, rozważanie za i przeciw, myślenie o działaniu (etap: refleksja);



Rys. 1. Cykl Kolba (opracowanie własne)

- refleksja powoduje tworzenie abstrakcyjnych reguł generalizujących, służących nie tyle do opisanego danego konkretnego zdarzenia, ale wszystkim jemu podobnych; teoria, wniosek, poznanie zasad, nadanie znaczenia refleksji (etap: teoria);
- powstała wiedza jest następnie weryfikowana przez aktywne eksperymenty, czyli sprawdzenie nowego pomysłu w praktyce, co prowadzi do powstania nowych doświadczeń: praktyka, testowanie nowego rozwiązania, zastosowanie, podejmowanie ryzyka (etap: praktyka);
- cykl zaczyna się od początku.

3. Wirtualna rzeczywistość – zdobywanie wiedzy przez doświadczenie

Wirtualna rzeczywistość pozwala na wygenerowanie trójwymiarowego, komputerowego środowiska, obrazu, w którym osoba szkolona wchodzi w interakcję z wykreowanym otoczeniem [13]. W opracowanym środowisku użytkownik ma możliwość poruszania, wchodzenia w takie same relacje z otoczeniem jak w świecie rzeczywistym, zmieniać jego elementy i oddziaływać za pomocą interaktywnych urządzeń, takich jak google wirtualnej rzeczywistości (VR goggles) lub kontrolery ruchu. Wirtualna rzeczywistość tworzy immersyjne doświadczenie, które angażuje zmysły użytkownika, umożliwiając mu poczucie bycia „wewnątrz” wirtualnego świata. Dzięki zaawansowanej grafice, dźwiękowi przestrzennemu i interakcji z otoczeniem użytkownik może odczuwać wrażenie obcowania z wirtualnym środowiskiem jako prawdziwe. VR znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak rozrywka, gry komputerowe, szkolenia, edukacja, projektowanie i symulacje [14–16]. Z uwagi na tradycyjne formy prowadzenia szkoleń BHP, głównie wykłady, zastosowanie cyklu Kolba staje się praktycznie niemożliwe. Zdobywanie wiedzy przez doświadczenie, np. przeżycie sytuacji niebezpiecznej jest niemożliwe (zabronione jest narażenie pracownika na bezpośredni kontakt z niebezpieczeństwem, upadek z wysokości i inne). Podczas tradycyjnego wykładu uczestnik szkolenia nie doświadczy danej sytuacji, przez co nie będzie mógł poddać jej refleksji (etap 2 cyklu), nie pozna zasad działania (etap 3 cyklu) i nie powstanie wiedza, która mogłaby zostać wykorzystana w przyszłości (etap 4 cyklu).

Dzięki zastosowaniu wirtualnej rzeczywistości do szkoleń pracownik ma możliwość realistycznego, chociaż wirtualnego, doświadczenia i zrozumienia konsekwencji związanych z nieprawidłowym zachowaniem się w miejscu pracy. Wirtualne środowisko pozwala mu na dokładne obserwowanie, odczuwanie i „przeżywanie” różnych scenariuszy oraz sytuacji wypadkowych, dając wgląd w potencjalne skutki takiego zachowania [17, 18]. Daje to możliwość refleksji i rozpoczęcia nauki przez doświadczenie, co podczas szkoleń w formie tradycyjnej nie było możliwe. Dodatkowo w wirtualnej rzeczywistości możliwe jest zdobywanie

nowych i trenowanie posiadanych już umiejętności i zachowań, a odpowiednie zaplanowanie scenariuszy pozwala również na przekazanie wiedzy. Przy takim podejściu do szkoleń wiedza ta jest samoistnie zdobywana przez uczestnika podczas „przeżywania” treningu.

Należy jednak pamiętać, że technologia VR powinna stanowić tylko jeden z elementów składowych szkoleń i nie powinna stanowić jego głównego elementu. Zagadnienia szkoleniowe wykorzystujące VR powinny być uzupełnieniem do tradycyjnych form szkoleń wspierać treści przekazywane podczas wykładów prowadzonych tradycyjną metodą. Wynika to chociażby z faktu, że długość trwania szkoleń w wirtualnym środowisku ma istotny wpływ na ich efektywność. Badania przeprowadzone wśród uczestników wykazały, że czas trwania szkolenia stanowi jeden z aspektów, który może wpływać na ich negatywny odbiór. W oparciu o przeprowadzone badania [19] ustalona została optymalna długość trwania szkolenia, która wynosi 5–7 minut. Trening przeprowadzony w takim przedziale czasu jest skuteczny dla uczestników i nie powoduje niekorzystnych skutków zdrowotnych, takich jak choroba lokomocyjna.

4. Cyfrowe uczenie się w cyklu Kolba w literaturze naukowej

Analiza prac indeksowanych w bazie danych *Web of Science* dla słów kluczowych: *Kolb, virtual reality* wykazała istnienie jedynie 25 artykułów naukowych, co oznacza, że tematyka ta nie jest powszechnie poruszana w badaniach naukowych. Co warto zauważyć, podczas przeszukiwania bazy danych z dodatkowym słowem kluczowym *civil engineering* nie otrzymano żadnego artykułu. Dużo więcej prac, bo 101 artykułów, otrzymano podczas przeszukania bazy danych dla słów kluczowych *Kolb, health and safety*, które poruszają tematykę wykorzystania cyklu Kolba w aspekcie bezpieczeństwa i higieny pracy. Poniżej omówiono wybrane artykuły naukowe dotyczące wykorzystania wirtualnej rzeczywistości w powiązaniu z cyklem Kolba.

I tak w artykule [20] przedstawiono praktyczne zastosowanie szkolenia, przeprowadzonego w systemie wirtualnej rzeczywistości, w zakresie ewakuacji z budynku. Do opracowania scenariusza szkolenia zastosowano podejście wykorzystujące cykl Kolba. Aby osoby szkolone miały możliwość, zgodnie z cyklem Kolba, przeprowadzenia refleksji i wyciągnięcia wniosków z odbytego szkolenia, w zaproponowanym systemie założono, że każdy uczestnik podczas pierwszej próby nie zdąży się ewakuować z budynku, m.in. z powodu braku zaangażowania innych, wirtualnych uczestników ewakuacji. Przez doznanie porażki podczas pierwszej próby osoba szkolona miała możliwość, na bazie własnych doświadczeń, przygotować się do kolejnego podejścia tak, aby ewakuacja zakończyła się sukcesem. Wyniki przeprowadzonego eksperymentu pokazały, że zastosowany

mechanizm uczenia się, bazujący na cyklu Kolba, wzmacnia efektywność odbytego treningu.

W pracy [21] dotyczącej prowadzenia zajęć z anatomii stwierdzono, że wirtualna rzeczywistość może być z powodzeniem stosowana jako zamiennik tradycyjnych zajęć. Z kolei w artykule [22] zaobserwowano, że etap doświadczenia z wykorzystaniem VR w cyklu Kolba ma pozytywny i znaczący wpływ na zachowania osób szkolonych. Zdaniem autorów obecnie oczekiwany jest rozwój tej technologii oraz liczby dostępnych systemów służących do prowadzenia treningu z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości.

Cykl Kolba w aspekcie nauczania przez doświadczenie przedstawiono również w pracy Kee i Zhang [23]. Badania przeprowadzono wśród studentów ogrodnictwa i architektury krajobrazu podczas pandemii COVID-19 po przeprowadzaniu zajęć z wykorzystaniem VR. Otrzymane wyniki badań pokazały, że środowisko immersyjne wpływa pozytywnie na kształcenie studentów pod względem zagadnień merytorycznych, ale również umiejętności uczenia się innowacyjnych technologii. Samo wykorzystanie VR wzmocniło zainteresowanie nowymi technologiami i ich wykorzystaniem.

5. Podsumowanie

Mimo prowadzonych wielu działań prewencyjnych, szkoleń, kampanii, które przynoszą pozytywny rezultat, w postaci zmniejszenia się liczby wypadków i ofiar śmiertelnych w budownictwie, to niestety na polskich budowach wciąż dochodzi do dużej liczby wypadków. Dlatego warto rozważyć zmianę podejścia i stosowanych powszechnie metod do prowadzenia szkoleń. Odejście od tradycyjnych wykładów oraz zastosowanie angażującego pracownika w szkolenie według cyklu Kolba stanowi ogromne wyzwanie dla branży z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy, ale wydaje się być odpowiednim podejściem w zakresie przekazywania wiedzy dotyczącej bezpieczeństwa pracowników.

Dzięki zastosowaniu modelu uczenia się przez doświadczenie (cyklu Kolba) do prowadzenia szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i higieny oraz zastosowaniu technologii wirtualnej rzeczywistości pracownik ma szansę doświadczyć efektu „zrozumienia” problemu bez jego faktycznego zaistnienia. W kontekście szkoleń BHP jest to cel nadrzędny: zmiana postawy uczestnika.

Zmiana formy prowadzenia szkoleń jest możliwa ze względu na rozwój nowych technologii, w tym wirtualnej rzeczywistości i to od jej dalszego rozwoju będzie zależał kierunek zmian. Konieczne jest zatem opracowanie odpowiednich scenariuszy szkoleniowych i przeprowadzenia badań w kierunku jej szerokiego zastosowania. Wśród pracowników widać zrozumienie potrzeby zmian i otwartość na nie, co może stanowić ważny element przy wdrażaniu zastosowania wirtualnej rzeczywistości do szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ciekawski Z., Kapitał ludzki najistotniejszym elementem w organizacji, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Seria: Administracja i Zarządzanie 101, 2014, str. 136–148
- [2] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks Pracy (Dz.U. 1974 nr 24, poz. 141 z późn. zm.)
- [3] Rzepecki J., „Społeczne koszty wypadków przy pracy, Bezpieczeństwo Pracy, BP 05/2012, str. 20–23
- [4] Buica G., Antonov A. E., Beiu C., Pasculescu D., Remus D., Occupational health and safety management in construction sector – the cost of work accidents, *Quality-Access to Success*, 18 (S1), 2017, str. 35–40
- [5] Hoła A., Hoła B., Sawicki M., Szóstak M., Analiza wypadkowości w polskim budownictwie w aspekcie wybranych czynników generujących koszty, *Materiały Budowlane* 11/2016., str. 152–154
- [6] Mamot A., Bezpieczeństwo pracy. Szkolenia BHP, Państwowa Inspekcja Pracy, wydanie 3/2022
- [7] Mamot A., Szkolenia BHP Państwowa Inspekcja Pracy, wydanie 1/2018
- [8] Program szkolenia okresowego w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy dla pracowników służby BHP, <https://www.ciop.pl/CIOPPortal-WAR/file/48588/Pracsluzbbhp-pr.pdf> (dostęp: 25.07.2023)
- [9] Borkowski A. S., Edukacja BIM – czego uczyć i jak uczyć studentów, *Przegląd Budowlany* 5–6/2023, str. 100–105
- [10] Holwek J., Prowadzenie warsztatów szkoleniowych. Podręcznik trenera biznesu, Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2012
- [11] Knowles M., *Modern Practice of Adult education. Andragogy versus Pedagogy*, Assosiated Press, New York, 1972
- [12] Kolb D. A., *Experiential learning, experiences as the source of learning and development*, Prentice Hall, 1984
- [13] Guttentag D. A., *Virtual Reality: Applications and Implications for Tourism*. *Tourism Management* 31(5)2010, str. 637–651
- [14] Zhou W., Whyte J., Sacks R., *Construction safety and digital design: A review*, *Automation in Construction* 22, 2012, str. 102–111, <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2011.07.005>
- [15] Cannon W. D., Garrett Jr. W. E., Hunter R. E., Sweeney H. J., Eckhoff D. G., Nicandri G.T., Hill J. A., *Improving residency training in arthroscopic knee surgery with use of a virtual-reality simulator: a randomized blinded study*, *The Journal of Bone and Joint Surgery* 96(21)2014, str. 1798–1806, <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.N.00058>
- [16] Dickinson J. K., Woodard P., Canas R., Ahamed S., Lockston D., *Game-based trench safety education: development and lessons learned*, *Journal of Information Technology in Construction* 16, 2011, str. 119–134, <http://www.itcon.org/2011/8>
- [17] Szóstak M., Napiórkowski M., *Wirtualna rzeczywistość w szkoleniach BHP w budownictwie – obawy i oczekiwania*, *Builder* 308(3)2023, str. 16–19, DOI: 10.5604/01.3001.0016.2680
- [18] Szóstak M., Napiórkowski M., *Analiza możliwości zastosowania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP w budownictwie*, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022, str. 138–140
- [19] Azhar S., Han D., Dastider S., *Immersive VR Modules for Construction Safety Education of Generation Z Students*, *Associated Schools of Construction Proceedings of the 56th Annual International Conference – EPIC Series in Built Environment* 1/2020, str. 482–490
- [20] Mitsuahara H., Tanimura C., Nemoto J., Shishiboir M., *Failure-enhanced evacuation training using a VR-based disaster simulator: A comparative experiment with simulated evacuees*, *Procedia Computer Science* 159, 2019, str. 1670–1679
- [21] Kurul R., Nur Ogun M., Neriman Narin A., Avci S., Yazgan B., *An Alternative Method for Anatomy Training: Immersive Virtual Reality*, *Anatomical Sciences Education* 13(5), 2020, str. 648–656
- [22] Shen C., Ho J., Kuo T., Ha Luong T., *Behavioral Intention of Using Virtual Reality in Learning*, *WWW '17 Companion: Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion* 2017, str. 129–137
- [23] Kee T., Zhang H., *Digital Experiential Learning for Sustainable Horticulture and Landscape Management Education*, *Sustainability*, 14, 2022, str. 9116

Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie

The use of unmanned aerial vehicles (drones) in the process of occupational safety management in construction

dr inż. Tomasz Nowobilski (ORCID: 0000-0002-0599-7108), prof. dr hab. inż. Bożena Hoła (ORCID: 0000-0001-6630-8065), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9377

Streszczenie: Bardzo istotnym elementem wpływającym na poziom bezpieczeństwa pracy w budownictwie jest stosowanie właściwych narzędzi wspomagających zarządzanie bezpieczeństwem pracy podczas prowadzenia prac budowlanych. W ostatnich latach coraz częściej wykorzystuje się w tym celu nowe technologie, do których należy zaliczyć bezzałogowe statki powietrzne. Celem artykułu jest analiza możliwości wykorzystania dronów w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie, z uwzględnieniem korzyści i ograniczeń płynących z zastosowania tej technologii w praktyce. Dodatkowo autorzy artykułu zwrócili również uwagę na nowe, niewystępujące dotychczas, źródła zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy jakie generuje wykorzystanie dronów w procesie budowlanym.

Słowa kluczowe: budownictwo, bezzałogowy statek powietrzny, dron, bezpieczeństwo pracy, ryzyko zawodowe.

Abstract: A very important element affecting the level of occupational safety in construction is the use of appropriate tools to assist in the management of safety during construction work. In recent years, new technologies, which include unmanned aerial vehicles, have been increasingly used for this purpose. This article aims to analyse the possibility of using drones in the construction safety management process, taking into account the benefits and limitations of using this technology in practice. In addition, the authors of the article also highlighted new sources of occupational safety risks generated by the use of drones in the construction process, which have not occurred before.

Keywords: construction, unmanned aerial vehicle, drone, occupational safety, occupational risks.

1. Wprowadzenie

Jak powszechnie wiadomo, branża budowlana zaliczana jest do jednej z najbardziej niebezpiecznych gałęzi gospodarki [1]. Główną przyczyną takiego zjawiska jest fakt, że prace budowlane często prowadzone są w dynamicznie zmieniającym się środowisku, w którym występuje duża liczba zagrożeń [2, 3]. Prowadzi to do sytuacji, w której każdego roku na polskich budowach dochodzi do kilku tysięcy wypadków przy pracy [4]. Bardzo istotnym elementem, ograniczającym skalę tego zjawiska, jest stosowanie właściwego procesu zarządzania bezpieczeństwem pracy podczas prowadzenia prac budowlanych, obejmującego w szczególności: kontrolę miejsca pracy, ocenę ryzyka zawodowego, a także eliminowanie lub ograniczenie konieczności przebywania osób w miejscach niebezpiecznych [5].

W ostatnich latach z pomocą w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie przychodzą nowe

technologie, do których należy zaliczyć bezzałogowe statki powietrzne (BSP, tzw. drony). Urządzenia te od wielu lat z powodzeniem stosowane są w wielu gałęziach gospodarki na całym świecie, takich jak: transport [6], medycyna [7], budownictwo [8] i inne.

Celem artykułu jest analiza możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie, z uwzględnieniem korzyści i ograniczeń płynących ze stosowania tej technologii w praktyce. Dodatkowo autorzy artykułu zwrócili również uwagę na nowe, niewystępujące dotychczas, źródła zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy, jakie generuje wykorzystanie dronów w procesie budowlanym.

2. Obszary zastosowań dronów w budownictwie

W budownictwie bezzałogowe statki powietrzne stosowane są najczęściej w procesie:

Rys. 1. Bezzałogowy statek powietrzny wyposażony w: a) aparat, b) skaner laserowy



- pozyskiwania danych przestrzennych – m.in.: inwentaryzacja przestrzenna obiektów budowlanych, wykonanie opracowań geodezyjnych (np. ortofotomap i numerycznych modeli terenu) [9],
- kontroli stanu technicznego obiektów budowlanych i ich elementów – m.in.: inspekcje budynków, obiektów inżynierskich, paneli fotowoltaicznych [10],
- zarządzania budową – m.in. analiza stanu zaawansowania prac budowlanych [11].

W związku z tak dużą ilością obszarów, w których drony są wykorzystywane w praktyce, w dalszej części pracy skupiono się w szczególności na przykładach wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych, które mają bezpośrednie przełożenie na poziom bezpieczeństwa pracy.

2.1. Inwentaryzacja

W przypadku planowania prac geodezyjnych lub remontowych, a także rozbudowy lub modernizacji istniejących obiektów budowlanych bardzo ważnym elementem jest wykonanie dokładnej inwentaryzacji przed przystąpieniem do prac projektowych. Prawidłowo przeprowadzona inwentaryzacja powinna pozwolić na zgromadzenie dokładnych danych, obejmujących w szczególności informacje na temat geometrii analizowanego obiektu lub obszaru.

W wielu przypadkach wykonanie takiej inwentaryzacji przy użyciu tradycyjnych narzędzi jest zadaniem trudnym i czasochłonnym, często wiążącym się z bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia osób wykonujących te prace – np. konieczność inwentaryzacji elementów zlokalizowanych na wysokości lub w wykopie. Taka sytuacja występuje w szczególności w przypadku inwentaryzacji obiektów: zabytkowych (np. obiekty sakralne), przemysłowych (np. maszty, kominy) i mostowych, a także dużych wyrobisk i wykopów. Spowodowane jest to faktem, że obiekty te w wielu przypadkach mają dużo nieregularnych kształtów, które nierzadko ulokowane są na wysokości (np. w przypadku kominów) lub w miejscach trudno dostępnych (np. nad wodą w przypadku mostów).

Obecnie z pomocą w trakcie prowadzenia procesu inwentaryzacji przychodzą nowoczesne technologie, do których należy zaliczyć bezzałogowe statki powietrzne. Drony mogą pozyskiwać dane przestrzenne m.in. przy pomocy

kamery wysokiej rozdzielczości (rys. 1a) lub skanera laserowego (rys. 1b).

W pierwszym przypadku uzyskana w wyniku wykonanego nalotu BSP dokumentacja wizualna jest przetwarzana w dane przestrzenne (m.in. chmurę punktów) z zastosowaniem specjalistycznego oprogramowania fotogrametrycznego. W drugim przypadku zgromadzone dane mogą być wykorzystane od razu po zgraniu z urządzenia, jednak koszt ich pozyskania jest najczęściej wyższy niż w pierwszym przypadku. Efektem finalnym inwentaryzacji z użyciem obu technik jest m.in. chmura punktów – rysunek 2.

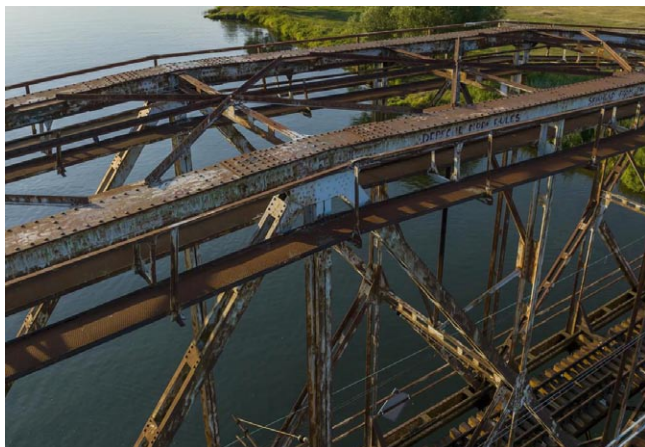


Rys. 2. Widok na fragment chmury punktów – wykop

Przedstawiona na rysunku 2 chmura punktów obrazuje m.in. zdeformowaną w wyniku obsunięcia gruntu ściankę szczelną. Inwentaryzacja wykopu za pomocą drona wyeliminowała konieczność bezpośredniego wejścia pracowników do strefy niebezpiecznej w celu wykonania pomiarów. Pozwoliło to na znaczące ograniczenie ryzyka, ponieważ uszkodzona ścianka szczelna do momentu zabezpieczenia, zagrażała bezpieczeństwu osób przebywających w bezpośrednim jej sąsiedztwie.

2.2. Kontrola stanu technicznego obiektów budowlanych

Kontrola stanu technicznego obiektów budowlanych często wiąże się z koniecznością przeprowadzenia kontroli elementów zlokalizowanych w miejscach trudnodostępnych (w tym na wysokości – rysunek 3) lub kontroli obiektów grożących zawaleniem – rysunek 4. W obu przypadkach przebywanie osób wykonujących kontrolę wiąże się z szeregiem



Rys. 3. Kontrola stanu technicznego obiektu mostowego za pomocą drona



Rys. 4. Kontrola stanu technicznego kompleksu przemysłowego za pomocą drona – fragment analizowanego budynku grożącego zawaleniem

zagrożeń, takich jak: możliwość upadku pracownika z wysokości, możliwość uderzenia spadającym fragmentem konstrukcji itp. Rozwiązaniem powyższego problemu jest wykorzystanie w procesie kontroli stanu technicznego obiektu, bezzałogowego statku powietrznego. Umożliwia to zgromadzenie obszernego materiału zdjęciowego obrazującego ewentualne uszkodzenia obiektu oraz pozwala na opracowanie produktów pochodnych tj. chmury punktów zewnętrznej części konstrukcji lub ortofotoplanów elewacji, które mogą stanowić wysokiej jakości dokumentację pozwalającą podnieść jakość wykonanej ekspertyzy.

Zgromadzone za pomocą drona materiały w znaczący sposób ułatwiają proces kontroli konstrukcji

Rys. 5. Przykłady wykorzystania drona w procesie kontroli obowiązku korzystania z odzieży ochronnej i kasków przez pracowników budowlanych: a) zachowanie poprawne, b) zachowanie niepoprawne – brak odzieży ochronnej i kasków



oraz przyczyniają się do znacznego ograniczenia ryzyka operacji dla osób wykonujących inspekcję.

2.3. Kontrola przestrzegania przepisów BHP

Możliwość wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania budową jest dużo, a jednym z kluczowych jest obszar związany z kontrolą przestrzegania przepisów BHP przez pracowników oraz oceną stanu technicznego maszyn i urządzeń technicznych wykorzystywanych na budowie [12]. W pierwszym przypadku dron wyposażony w kamerę o wysokiej rozdzielczości, umożliwia kontrolę przestrzegania przepisów BHP przez pracowników budowlanych – np. obowiązku noszenia odzieży ochronnej i kasków ochronnych (rys. 5). Wszelkie naruszenia przestrzegania przepisów bezpieczeństwa przez pracowników budowlanych mogą mieć poważne konsekwencje. Dlatego wykorzystanie drona jako narzędzia prewencyjnego może przynieść wymierne korzyści, zarówno materialne jak i niematerialne.

Dodatkowo drony mogą być wykorzystane do kontroli poprawności montażu urządzeń wykorzystywanych podczas prowadzenia prac budowlanych takich jak np. rusztowania budowlane [13]. Dokumentacja zdjęciowa i filmowa, zgromadzona w procesie kontroli w połączeniu z wiedzą ekspercką, pozwala na łatwą identyfikację ewentualnych uszkodzeń (ocena jakościowa), które mogą generować zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy (rys. 6), a także kompletności konstrukcji (ocena ilościowa).

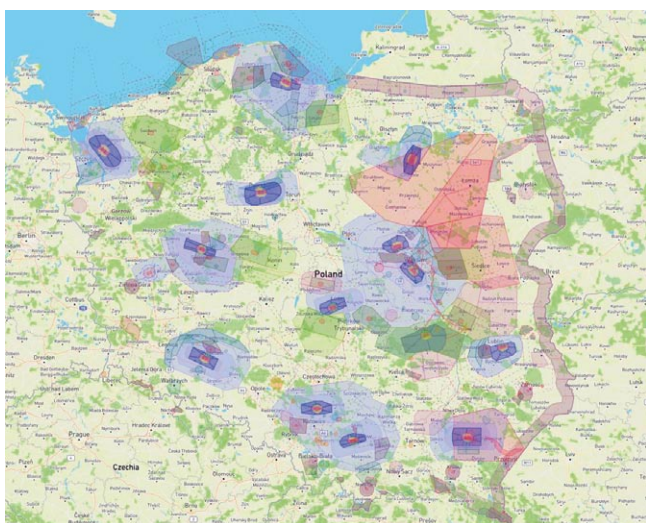
3. Stosowanie dronów w praktyce inżynierskiej

3.1. Uwarunkowania formalnoprawne

Każdy użytkownik bezzałogowego statku powietrznego powinien pamiętać, że urządzenia te podlegają wielu przepisom prawnym, które regulują kwestie formalne ich użytkowania [14]. Powyższe przepisy są bardzo obszerne i w ostatnich latach mocno ewoluują. Obecnie pilotem drona może zostać wyłącznie osoba, która odbyła odpowiednie szkolenie



Rys. 6. Widok na uszkodzoną deskę krawężnikową – zdjęcie wykonane za pomocą drona



Rys. 7. Wybrane strefy powietrzne, aktywne 11 sierpnia 2023 r. [15]

i posiada aktualną wiedzę na temat obowiązujących przepisów. Dodatkowo każdy operator drona oraz samo urządzenie, które jest wyposażone np. w kamerę, podlega obowiązkowi rejestracji.

Pilot drona w trakcie wykonywania czynności lotniczych zobligowany jest do każdorazowego zapewnienia prawidłowego i bezpiecznego przebiegu operacji lotniczej, a także do przestrzegania zasad obowiązujących w przestrzeni powietrznej, w której się aktualnie znajduje – rysunek 7. Dodatkowo często wykonanie operacji w danej strefie powietrznej, wiąże się z koniecznością uprzedniego uzyskania odpowiedniego zezwolenia.

W przypadku wykorzystywania nad terenem budowy dronów o masie większej niż 250 g, w tzw. kategorii szczególnej, pilot drona w trakcie wykonywania operacji zobligowany jest m.in. do noszenia odpowiednio oznakowanej odzieży, a w niektórych przypadkach do wykonania szczegółowej analizy ryzyka operacji.

3.2. Zagrożenia

Pomimo wielu korzyści, jakie przynosi wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania

bezpieczeństwem pracy w budownictwie, należy pamiętać, że również drony mogą generować nowe, dotychczas niewystępujące zagrożenia, które należy uprzednio zidentyfikować i w odpowiedni sposób nimi zarządzić [16]. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć w szczególności:

- zagrożenie związane z uderzeniem dronem podczas wykonywania lotu w: pracownika budowlanego, maszynę budowlaną (np. dźwig) lub w budowany obiekt;
 - niezamierzony upadek urządzenia z powietrza będący wynikiem błędu pilota lub awarii urządzenia;
 - zakłócenia spowodowane np. nadajnikami telekomunikacyjnymi lub nadmiernym promieniowaniem słonecznym, uniemożliwiające pełną kontrolę nad urządzeniem w trakcie lotu;
 - uszkodzenie i awarie urządzenia powstałe w trakcie lotu (np. awaria akumulatora),
 - wpływ warunków atmosferycznych (m.in. prędkości wiatru, opadów atmosferycznych, temperatury);
 - wpływ osób trzecich na przebieg operacji (np. rozpraszanie pilota drona podczas wykonywania operacji);
 - porażenie prądem lub poparzenie będące następstwem awarii urządzenia lub nieodpowiedniej eksploatacji.
- Powyższe zagrożenia w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do niebezpiecznych sytuacji, których następstwa mogą być bardzo poważne. Z tego względu każdorazowe użycie drona nad terenem budowy musi być uprzednio zaplanowane. Bardzo ważna jest również kontrola stanu technicznego urządzenia przed każdym lotem oraz bieżąca jego konserwacja.

4. Wnioski

Wykorzystanie dronów w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie przynosi wiele korzyści dla wszystkich zainteresowanych stron. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- ograniczenie ryzyka przebywania ludzi w miejscach niebezpiecznych m.in. na wysokości, w miejscach zagrożonych zawaleniem lub obsunięciem gruntu itp.;
- możliwość szybkiego i efektywnego dotarcia w miejsca niedostępne z poziomu terenu np. na wysokości, nad wodą;
- możliwość gromadzenia dużej liczby szczegółowych informacji.

Należy jednak pamiętać, że tak samo jak każda inna technologia również drony mają szereg ograniczeń w zakresie możliwości ich stosowania. Do najczęstszych z nich należy zaliczyć:

- ograniczenia wynikające z przestrzeni, w której planowane jest wykonanie operacji np. odległość od obiektów strategicznych i lotnisk, a także występujące przeszkody terenowe oraz źródła powodujące zakłócenia;
- ograniczenia wynikające z przepisów i możliwości technicznych sprzętu;

- ograniczenia wynikające z panujących warunków atmosferycznych;
- konieczność posiadania odpowiednich uprawnień przez osoby operujące dronami.

Tak duża liczba czynników wpływających na możliwość wykorzystania bezzałogowych statków w praktyce powoduje konieczność wykonania indywidualnej analizy i zaplanowania misji, każdorazowo przed jej wykonaniem. Dodatkowo w trakcie wykonywania tej analizy konieczna jest analiza ryzyka związanego z taką operacją.

5. Podsumowanie

Jak wykazano w artykule, możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie jest dużo. Drony z powodzeniem stosowane są m.in. podczas inwentaryzacji obiektów budowlanych, w procesie kontroli stanu technicznego oraz w zakresie kontroli przestrzegania przepisów BHP przez pracowników. Wykorzystanie dronów w każdym z tych obszarów ma duże znaczenie dla podniesienia poziomu bezpieczeństwa pracy oraz ograniczenia ryzyka zawodowego osób wykonujących dane prace. Warto jednak pamiętać o tym, że wykorzystanie dronów generuje nowe źródła zagrożeń, które należy właściwie kontrolować.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Safety and Health at Work, A Vision for Sustainable Prevention. Frankfurt: International Labour Organization, 2014
- [2] Hoła B., Nowobilski T., Szer I., Szer J. Identification of factors affecting the accident rate in the construction industry, *Procedia Engineering* tom 208, 2017, str. 35–42, doi: 10.1016/j.proeng.2017.11.018
- [3] Hoła B., Nowobilski T., Analysis of the influence of socio-economic factors on occupational safety in the construction industry, *Sustain*, tom 11, 16/2019, doi: 10.3390/su11164469
- [4] Główny Urząd Statystyczny (GUS), Bank Danych Lokalnych, bdl.stat.gov.pl (accessed May 09, 2023)
- [5] Hoła B., Bezpieczeństwo pracy w procesach budowlanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2016
- [6] Cvitanic D., Drone applications in transportation, 2020, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243807
- [7] Bąk J., Konieczka R., Perspektywa zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w transporcie medycznym, *Zeszyty Naukowe SGSP*, tom 83, 2022, doi: 10.5604/01.3001.0016.0231
- [8] Szóstak M., Nowobilski T., Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w budownictwie, *Przegląd Komunikacyjny* 2–3/2022 str. 26–31
- [9] Mrówczyńska M., Grzelak B., Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w budowlanym procesie inwestycyjnym, *Cyfryzacja w budownictwie i architekturze*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019, str. 55–66
- [10] Noszczyk P., Nowak H., Zastosowanie dronów do termowizyjnych badań obiektów budowlanych, *Materiały Budowlane* 11/2017, str. 29–30, Nov., doi: 10.15199/33.2017.11.11
- [11] Rybka I., Nowobilski T., Stolarz M., Nowoczesne technologie monitorowania robót ziemnych, *Praktyczne wdrożenie na przykładzie budowy Kwatery Południowej OUOW Żelazny Most*, *Builder* 5/2020, str. 44–47, doi: 10.5604/01.3001.0014.0810
- [12] Państwowa Inspekcja Pracy, Kontrola bhp z użyciem drona, <https://www.pip.gov.pl/aktualnosci/kontrola-bhp-z-uzyciem-drona?highlight=Wylkcm9uYSJd>

- [13] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., Analiza rusztowań budowlanych z wykorzystaniem nowych technologii, *Builder*, tom 276, 7/2020, str. 32–34, doi: 10.5604/01.3001.0014.1600
- [14] Urząd Lotnictwa Cywilnego, Bezzałogowe statki powietrzne, Mar. 2023 <https://ulc.gov.pl/pl/drony>
- [15] Mapa stref geograficznych, <https://dronemap.pansa.pl/>
- [16] Szóstak M., Nowobilski T., Mahamadu A. M., Pérez D. C., Unmanned aerial vehicles in the construction industry – Towards a protocol for safe preparation and flight of drones, *Int. J. Intell. Unmanned Syst.*, 2022, doi: 10.1108/IJIUS-05-2022-0063

Serce do pracy

Ogólnopolska kampania informacyjna na rzecz zapobiegania chorobom układu krążenia wśród pracowników

www.ciop.pl/serce-do-pracy

Ryzyko zachorowania na choroby serca wzrasta z wiekiem. W pracy również mogą pojawić się czynniki zwiększające to ryzyko, dlatego – niezależnie od tego, czy jesteśmy zatrudnieni na etacie, czy pracujemy na własny rachunek, pamiętajmy o profilaktyce prozdrowotnej i aktywności fizycznej.

Zawody pływackie organizowane przez naszą Izbę to wieloletnia tradycja, jak też przykład drobnego kroku na drodze do abołaści o własne zdrowie i serce. Rywalizujmy w zdrowej atmosferze, tam, gdzie ta walka doda nam zdrowia, a nie stresów.

Roman Lulis,
Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa

Organizator **CIOP** **PIB**

MAZOWIECKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

XIII

2023 MASTERS

O PUCHAR PRZEWODNICZĄCEGO RADY MOIIB

pod honorowym patronatem:

Marszałka Województwa Mazowieckiego

Prezesa FSNT-NOT

Prezesa PIIB

21 października 2023 r.
Kryta Pływalnia w Ostrowi Maz., ul. H. Trębickiego 10
Oficjalne otwarcie zawodów o godz. 11:00

ZAPRASZAMY

MIĘDZYNARODOWE ZAWODY PŁYWACKIE

Dynamiczne obowiązki pracodawcy w zakresie zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy

Dynamic responsibilities of an employer in terms of assuring safe and healthy work conditions

mgr Łukasz Paroń, kierownik działu szkolenia, Ośrodek Szkolenia PIP we Wrocławiu

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9378

Streszczenie: Zmiany w otoczeniu społeczno-gospodarczym pracodawców obejmują zagadnienia postępu organizacyjno-technicznego. Wprowadzane są nowe rozwiązania usprawniające pracę, podnoszące wydajność i efektywność. Wprowadzane są również nowe technologie i procesy, w trakcie których pracownicy świadczą pracę. Wykonywanie pracy wiąże się z narażeniem na zagrożenia życia i zdrowia, które powinny być eliminowane i ograniczane przez pracodawców. Usuwanie lub ograniczanie zagrożeń powinno być realizowane z zastosowaniem dostępnej wiedzy naukowej i technicznej i to w taki sposób, aby efektywnie chronić pracownika przed jakimikolwiek negatywnymi następstwami wykonywanej pracy. Skuteczność tej ochrony jest uzależniona od zastosowania odpowiednich rozwiązań, adekwatnych dla zagrożeń; ochrona pracy ma więc wymiar dynamiczny i podlega stałemu rozwojowi, co powinni respektować pracodawcy.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo i higiena pracy, osiągnięcia nauki, osiągnięcia techniki, postęp techniczny, postęp organizacyjny.

Abstract: Changes in the socio-economic environment of employers include issues of organizational and technical progress. New solutions are being introduced to streamline work, increase efficiency and effectiveness. New technologies and processes in which employees perform work are also being introduced. Performing work involves exposure to threats to life and health, which should be eliminated and limited by employers. Removing or limiting threats should be carried out using available scientific and technical knowledge in such a way as to effectively protect the employee against any negative consequences of the work performed. The effectiveness of this protection depends on the use of appropriate solutions, adequate to the threats; Labor protection therefore has a dynamic dimension and is subject to constant development, which should be respected by employers.

Keywords: occupational work and safety, scientific achievements, technical achievements, technological development, organisational development.

1. Wprowadzenie

Każdy ma prawo do bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Sposób realizacji tego prawa oraz obowiązki pracodawcy określa ustawa [1]. Wskazana norma konstytucyjna stanowi o jednej z wolności i praw ekonomicznych człowieka. Wyraża w sposób ogólny prawo o charakterze fundamentalnym. Przyjęcie takiego rozwiązania w ustawie zasadniczej jest zrozumiałe, albowiem konstytucja nie może szczegółowo regulować praw i obowiązków tak szerokiej grupy jak pracodawcy czy pracownicy. Regulacją powszechną w tym zakresie jest ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy oraz przepisy towarzyszące. Praktyczne stosowanie tych przepisów wywołuje niekiedy jednak pytania i wątpliwości, skłaniające do rozważań nad zagadnieniami istotnymi zarówno dla praktyków, jak i teoretyków prawa. Konkretyzacją wspomnianej

normy konstytucyjnej jest m. in. dział dziesiąty Kodeksu pracy poświęcony bezpieczeństwu i higienie pracy. Artykuł 207 § 1 kp przewiduje, że pracodawca ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy. W §2 nałożono natomiast na pracodawcę obowiązek ochrony życia i zdrowia pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki. Szczególnym zagadnieniem jest kwestia wykorzystania osiągnięć nauki i techniki, która sugeruje że pracodawca powinien dostosowywać standard bezpieczeństwa w zakładzie pracy nie tylko do wprowadzanych norm prawnych, ale również – a może przede wszystkim – do zmieniającego się postępu technologiczno-organizacyjnego, wynikającego z rozwoju naukowo-technicznego. Celem niniejszego artykułu jest udzielenie odpowiedzi na pytanie o zakres wskazanego obowiązku, tj. znaczenie osiągnięć nauki i techniki dla

obowiązków pracodawcy w zakresie zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy.

2. Odpowiedzialność za bezpieczeństwo i higienę pracy

Odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy została nałożona normami ustawowymi oraz pozaustawowymi wyłącznie na pracodawcę. Funkcjonowanie służby bezpieczeństwa i higieny pracy lub specjalistów spoza zakładu pracy nie ma wpływu na zakres tej odpowiedzialności; służba stanowi organ doradczy i kontrolny pracodawcy w złożonym procesie zapewnienia warunków bezpieczeństwa i higieny pracy. Szczególnym obowiązkiem pracodawcy uczyniono ochronę życia i zdrowia pracowników, dookreślając powinności w wyliczeniu zawartym w art. 207 § 2 kp, jakie to działania w szczególności pracodawca powinien podjąć w zakładzie pracy. Obowiązek ochrony życia i zdrowia pracowników, który jest zasadniczym celem, ma być osiągnięty przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy, z uwzględnieniem wykorzystania osiągnięć nauki i techniki. Niekiedy pojawiają się wątpliwości w przedmiocie znaczenia osiągnięć nauki i techniki dla sposobu realizacji tego obowiązku. Złożoność tego problemu jest dostrzegana w literaturze [2], gdzie stawiane są pytania o sposób interpretacji zwrotu „odpowiednie wykorzystanie osiągnięć nauki i techniki”. Niekiedy pojmowanie tego zwrotu ukierunkowane było jako dyrektywa odpowiedniego stosowania prawa. Wydaje się jednak, że użyte sformułowanie należy traktować jako zobowiązanie pracodawcy do stałego modyfikowania procesu pracy, w zależności od poziomu postępu naukowo-technicznego, tak aby zapewnić progres standardu ochrony pracy adekwatnie do osiągnięć organizacyjno-technicznych. Należy zauważyć, że wzmiankowany zwrot nie nawiązuje do przepisów prawnych, a jedynie do osiągnięć nauki i techniki, co należy odczytywać, iż granicą starań pracodawcy nie mają być przepisy prawne – które stanowią minimum zadekretowane przez ustawodawcę – ale rozwiązania organizacyjno-techniczne, które tak mają być dobrane, aby zapewniały skuteczną ochronę życia i zdrowia pracowników. Mając na uwadze, że ochrona pracy jest dziedziną kompleksową, która wymaga harmonizowania środków należących do zakresu różnych dyscyplin [3], norma prawna zobowiązująca do uwzględniania osiągnięć nauki i techniki jest tym bardziej zrozumiała. Postęp wiedzy w różnych dziedzinach ujawnia nowe zagrożenia dla człowieka pracującego; nadto nowe rozwiązania organizacyjne i nowe technologie podnosząc efektywność produkcji, nierzadko generują nowe, nieznane negatywne skutki dla zdrowia człowieka. Dokonyjący się postęp organizacyjno-techniczny powinien być uwzględniany przez pracodawcę w procesie organizacji warunków pracy, tak aby gwarantować bezpieczeństwo i higienę pracy. Stanowiska orzecznictwa i literatury prawniczej wydają się potwierdzać tę koncepcję.

3. Interpretacja orzecznictwa i literatury w odniesieniu do zwrotu „odpowiednie wykorzystanie osiągnięć nauki i techniki”

Andrzej Jabłoński [2] wskazuje na utrwaloną linię orzecznictw, zgodnie z którą obowiązki w zakresie zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy należy pojmować w sposób dynamiczny. Treść obowiązków pracodawcy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy ulega zmianom w miarę postępu nauki i techniki. Konsekwencją tego, jest to, że pracodawca powinien śledzić zdobycze postępu technicznego i jest to w istocie jego obowiązek. Znajomość nowych rozwiązań organizacyjno-technicznych powinna stanowić asumpt do ich zastosowania w miarę możliwości. Obowiązek ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadkach zwiększonego ryzyka zawodowego pracowników. Ograniczenie zagrożeń w miejscu pracy jest obowiązkiem pracodawcy, a jego skuteczna realizacja może postępować, jeżeli pracodawca będzie wprowadzał nowe rozwiązania w procesie organizacji pracy, zarówno w wymiarze technologicznym jak również organizatorskim.

Teresa Wyka [3] wskazuje wyjątkowo trafnie, że rola pracodawcy w zakresie zapewnienia warunków bezpiecznej i higienicznej pracy dla pracowników, z uwzględnieniem osiągnięć nauki i techniki, jest nie do przecenienia. Podmiot zatrudniający jest bowiem zobowiązany, w świetle komentowanego przepisu, do dokonania wyboru odpowiedniego standardu postępowania, a jednocześnie wypełnienia treści normy prawnej. Dokonyjący się postęp naukowo-techniczny modyfikuje charakter pracy, sposób jej wykonywania i może to generować nowe zagrożenia. Przewidywanie konsekwencji zmian naukowo-technicznych, rozwoju społeczno-gospodarczego dla zdrowia pracowników w pełni obciąża pracodawcę. Jak słusznie zauważa autorka, właśnie pracodawca musi mieć pełną świadomość skutków wprowadzanych nowatorskich rozwiązań; pracodawca występuje w roli „inżyniera i prawodawcy” [4], który poprzez dobór odpowiednich osiągnięć nauki i techniki wypełni treścią normy prawne, spowoduje, że obowiązki w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy przestaną być statyczne i nabiorą charakteru dynamicznego, ulegającego zmianom w miarę postępu nauki, nawet jeżeli ustawodawca nie przewidział wszystkich możliwych i skutecznych rozwiązań. T. Wyka wskazuje słusznie, że pracodawca nie może poprzestać „wyłącznie” na stosowaniu przepisów BHP, ale powinien wykorzystywać różne osiągnięcia techniczne i organizacyjne, które służą zapewnieniu ochrony życia i zdrowia pracujących, nawet jeżeli nie zostały uwzględnione przepisach BHP. Autorka formułuje tezę o obowiązku pracodawcy „wyprzedzania” ustawodawcy w staraniach na rzecz ochrony życia i zdrowia zatrudnionych [5]. Dla tego celu, pracodawca ma obowiązek wykorzystać każdą zdobycz naukową, każdy postęp techniczny, ale i doświadczenie życiowe [6].

Analizując zakres obowiązku uwzględnienia osiągnięć nauki i techniki w procesie ochrony życia i zdrowia pracowników, należy podzielić stanowisko D. Dörre-Kolasy, zgodnie z którym obowiązek uwzględnienia osiągnięć naukowo-technicznych nie oznacza wprowadzania najnowszych rozwiązań, dostępnych, a w szczególności takich, które w konkretnych okolicznościach są racjonalne i adekwatne do potrzeb [7]. Uwaga ta jest zrozumiała, zwłaszcza w tej perspektywie, że pracodawcy dysponują ograniczonymi możliwościami finansowymi i nie wszystkie najnowsze osiągnięcia pozostają w zasięgu ich możliwości. Poczynić jednak należy zastrzeżenie, że względy finansowe nie mogą stanowić uzasadnienia dla braku wprowadzenia takich rozwiązań, które są konieczne, aby życie i zdrowie pracowników było chronione w sposób skuteczny. Pracodawca może więc wybierać pomiędzy różnymi rozwiązaniami, standardowymi, nowoczesnymi, nawet bardzo nowoczesnymi, ale najistotniejsze jest, aby rozwiązania te były adekwatne dla zagrożeń i chroniły pracownika przed negatywnym wpływem środowiska pracy.

K. Walczak [8] określa wskazany obowiązek mianem „obowiązku pracodawcy doskonalenia wiedzy”, co należy uznać za bardzo trafne ujęcie tego zobowiązania. Można wskazać, że źródłem tej wiedzy może być zarówno literatura fachowa, ale i zalecenia pokontrolne organów nadzoru nad warunkami pracy. Niewątpliwie w tym procesie powinna aktywnie uczestniczyć służba BHP, która pełni m.in. funkcje doradcze, ale również stanowi wsparcie dla pracodawcy. Źródła wiedzy w tym zakresie pozostają nieograniczone, zwłaszcza że można je również czerpać z organizacji zajmujących się ochroną pracy, organów nadzoru nad warunkami pracy, uczelni wyższych etc. Należy uznać, że obowiązek podnoszenia wiedzy ma charakter stały i pracodawca powinien to czynić, nie może się od niego uchylać. Źródła wiedzy o postępie naukowo-technicznym mogą być bardzo różne, ważne jest, aby ta wiedza była sukcesywnie podnoszona i stale rozwijana.

Znaczenie obowiązku uwzględniania osiągnięć nauki i techniki w trakcie zapewniania bezpiecznych i higienicznych warunków pracy celem ochrony życia i zdrowia pracujących doskonale zweryfikowała pandemia koronawirusa. Podjęcie działań ochronnych przez pracodawców nastąpiło przed wprowadzeniem regulacji prawnych w tym zakresie. W. Ostaszewski [9] trafnie zauważa, że należało stosować rozwiązania naukowe i techniczne takie jak w danym momencie były dostępne i wystarczające. Słusznie autor wskazuje, że zakres stosowanych środków i podejmowane działania mogły być zróżnicowane w zależności od wiedzy na temat zagrożenia, tj. zakażenia koronawirusem i jego mutacjami. Przyjętym rozwiązaniem był pomiar temperatury przed wejściem do zakładu pracy, dostarczanie płynów dezynfekujących, rękawiczek jednorazowych, maseczek czy przyłbic. Okres pandemii był czasem testu dla pracodawców, na ile chronią życie i zdrowie pracowników, w tym przypadku przed chorobą zakaźną. Inicjowane działania,

podjęte przez pracodawców przed wejściem w życie przepisów Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 kwietnia 2020 r. w sprawie ustanowienia określonych ograniczeń, nakazów i zakazów w związku z wystąpieniem stanu epidemii [10], stanowiły przejaw praktycznego zastosowania zabiegów chroniących życie i zdrowie pracowników z uwzględnieniem dostępnej wówczas wiedzy, rozwiązań organizacyjnych i technicznych, bez oczekiwania na wprowadzenie stosownych przepisów prawnych.

4. Podsumowanie

Ustawodawca w art. 207 §2 nałożył na pracodawcę szereg obowiązków, których celem jest ochrona życia i zdrowia pracowników. Niewątpliwie w pkt 2 §2 ww. artykułu pracodawcę zobowiązano do zapewnienia przestrzegania przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, to jednak w §2, w zdaniu pierwszym, wskazano na obowiązek ochrony życia i zdrowia pracowników, który ma być osiągnięty przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy, z uwzględnieniem osiągnięć nauki i techniki. Konstrukcja przepisu nakazuje więc pracodawcy dokonanie odpowiedniego doboru dostępnych rozwiązań organizacyjno-technicznych, niezależnie od obowiązujących przepisów prawnych, tak aby zastosowane rozwiązania były skuteczne i wystarczające dla ochrony życia i zdrowia pracownika. Pracodawca więc nie tylko ma obowiązek przestrzegać przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, ale również uwzględniać dokonujący się postęp nauki i techniki. Wprowadzenie nowych rozwiązań, doskonalszych, efektywniej chroniących pracownika i zmniejszających narażenie zdrowia powinno być dokonywane przez pracodawcę samodzielnie, nawet wówczas, gdy przepisy prawne przewidują jeszcze określonych rozwiązań. Sytuacja taka może wystąpić wówczas, gdy zostaną wprowadzone nowe rozwiązania technologiczne w danej dziedzinie, które dotychczas nie były stosowane. Aktualizacja tego obowiązku może wystąpić również w przypadku ujawnienia nowego zagrożenia, które dotychczas nie było znane albo wręcz nie występowało. Doskonałym przykładem była pandemia koronawirusa. Pracodawcy nie oczekiwali na wprowadzenie szczegółowych norm prawnych, lecz samodzielnie podejmowali działania chroniące życie i zdrowie pracowników, w miarę posiadanej wiedzy o zagrożeniach i dostępnych środkach ochrony.

Możliwość realizacji tego obowiązku warunkowana jest stałym podnoszeniem wiedzy przez pracodawcę, do czego również w świetle art. 207 § 2 kp jest zobowiązany. Pracodawca powinien aktualizować posiadane informacje na temat zagrożeń, negatywnych skutków zdrowotnych organizowanej pracy, współpracować w tym obszarze ze służbą medycyny pracy oraz służbą bezpieczeństwa i higieny pracy. Dostępność wiedzy z obszaru ochrony pracy jest stosunkowo duża, należy jednak pamiętać o istotnej kwestii. Ochrona pracy jest dziedziną, która wykorzystuje dorobek wielu innych dziedzin naukowych, nie tylko społecznych, ale

również np. inżynieryjno-technicznych, nauk medycznych i o zdrowiu, nauk rolniczych, nauk ścisłych i przyrodniczych oraz nauk weterynaryjnych. Osiągnięcia badawcze w tych dziedzinach poszerzają naszą wiedzę i nakazują w szerszy niż dotychczas sposób zapatrywać się na środowisko pracy i miejsce człowieka w tym środowisku. Pracodawca powinien więc stosunkowo szeroko weryfikować posiadaną wiedzę w zakresie zagrożeń na stanowiskach pracy, aby efektywnie chronić życie i zdrowie pracownika.

Należy również podnieść, że stosowanie osiągnięć nauki i techniki powinno być odpowiednie, adekwatne, właściwe dla zapewnienia warunków bezpieczeństwa i higieny pracy, aby efektywnie chronić życie i zdrowie pracowników. Pracodawca nie jest zobowiązany do stosowania najnowszych, najnowocześniejszych rozwiązań organizacyjno-technicznych, ale takich, które są odpowiednie i zapewniają ochronę życia i zdrowia pracowników. Mogą to być rozwiązania stosowane od wielu lat, które spełniają swoją rolę. Sytuacja może jednak ulec zmianie, jeżeli badania naukowe zilustrują negatywne skutki zdrowotne, wynikające z dotychczasowego sposobu wykonywania pracy. Wówczas pracodawca powinien dążyć do wprowadzenia zmian, w wymiarze organizacyjnym, technologicznym, technicznym oraz każdym innym aby warunki pracy zapewniały ochronę życia i zdrowia.

Określenie pracodawcy mianem „inżyniera i prawodawcy” w kontekście realizacji obowiązków w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracodawcy, który ma odpowiednio stosować osiągnięcia nauki i techniki jest bardzo trafne. Pracodawca jako organizator procesu pracy powinien tak zaprojektować jego przebieg, zaplanować poszczególne czynności, aby ograniczyć lub zminimalizować zagrożenia dla życia lub zdrowia i to do niego należy takie ukształtowanie procesu świadczenia pracy, aby uwzględniało powszechnie dostępne i adekwatne środki techniczno-organizacyjne. Należy jednocześnie uznać, że art. 207 §2 kp zawiera swoiste

zalecenie o zobowiązaniu pracodawcy do stałego postępu, zgodnie z którym pracodawca ma obowiązek podnosić standard warunków bezpieczeństwa i higieny pracy dla zwiększenia ochrony życia i zdrowia pracowników. Postęp i rozwój powinny służyć zarówno przedsiębiorcom dla zwiększenia efektywności, wzrostu dochodu, zwiększenia konkurencyjności, ale także dla zwiększenia ochrony życia i zdrowia pracowników, poprawy komfortu wykonywania pracy.

Kwintesencją rozważań nad wspomnianą normą prawną powinno być stanowisko wyrażone przez Sąd Najwyższy, zgodnie z którym: „Nie można traktować statycznie obowiązków pracodawcy w zakresie zapewnienia pracownikom bezpiecznych warunków pracy, ponieważ treść tych obowiązków ulega zmianom w miarę postępu nauki i techniki. Stąd śledzenie zdobyczy postępu technicznego stanowi nieodłączny element działalności każdego pracodawcy” [11].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Artykuł 66 ustawy z dnia 2 kwietnia 1997 r. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej
- [2] Jabłoński A., Kierunki orzecznictwa w dziedzinie spraw dotyczących ochrony pracy, Przegląd prawa i administracji, CXVIII, Wrocław, 2019, str. 123–143 i przytoczne tam orzecznictwo
- [3] Wyka T., Ochrona zdrowia i życia pracownika jako element treści stosunku pracy, Warszawa, 2003, str. 243 i nast.
- [4] Wyka T., Ochrona zdrowia i życia pracownika jako element treści stosunku pracy, Warszawa, 2003, str. 245 i nast.
- [5] Wyka T., [w]: Kodeks pracy. Komentarz, red. naukowa K. W. Baran, Warszawa 2012, str. 1051
- [6] Wyrok SN z dnia 24 kwietnia 1959 r., sygn. akt CR 907/58, OSPIKA 1960, z. 10, poz. 261
- [7] Dörre-Kolasa D., [w]: Kodeks pracy. Komentarz, red. A. Sobczyk, Warszawa, 2017, str. 790
- [8] Walczak K., Kodeks pracy. Komentarz., red. W. Muszalski, Warszawa, 2013, str. 635, 636
- [9] Ostaszewski W., Bezpieczeństwo i higiena pracy w czasach pandemii, Praca i Zabezpieczenie Społeczne, nr 5/2020, str. 51–55
- [10] Dz.U. z 2020, poz. 658
- [11] Wyrok z dnia 24 kwietnia 1968 r., sygn. akt II PR 363/68, OSNC 1969, nr 4, poz. 78

Okręgowy Inspektorat Pracy w Opolu wraz z Wydziałem Budownictwa i Architektury Politechniki Opolskiej zaprasza Państwa na Konferencję

„BEZPIECZEŃSTWO W BUDOWNICTWIE – ROBOTY ZIEMNE ZAWSZE NA POZIOMIE”.

Konferencja odbędzie się w dniu 25.10.2023 r. w Auli Błękitnej Zespołu Dydaktycznego „Łącznik” Politechniki Opolskiej przy ul. Mikołajczyka 16.

Budownictwo jest branżą, w której od lat dochodzi do największej liczby wypadków przy pracy o najpoważniejszych skutkach. Wydarzenie odbędzie się w ramach organizowanej przez Państwową Inspekcję Pracy trzyletniej strategii kontroli i prewencji pod nazwą „Budowa. STOP wypadkom!”. Celem strategii jest poprawa bezpieczeństwa pracy na polskich budowlach poprzez:

- ▶ zwiększenie świadomości zagrożeń zawodowych w budownictwie, a zwłaszcza zagrożeń związanych z pracą na wysokości, w wykopach, przy obsłudze maszyn budowlanych, a także budowanie zaangażowania grup docelowych w działania na rzecz poprawy standardów bhp,
- ▶ popularyzację i podnoszenie wiedzy w zakresie stosowania środków ochrony zbiorowej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na środki ochrony zbiorowej używane przy pracach szczególnie niebezpiecznych (prace na wysokości, prace w wykopach),
- ▶ upowszechnianie informacji na temat prawidłowego stosowania środków ochrony indywidualnej tam, gdzie zabezpieczenia zbiorowe nie mogą być zastosowane,
- ▶ promowanie dobrych praktyk dotyczących kompleksowego zarządzania bezpieczeństwem na budowie.

Serdecznie zapraszamy. Więcej informacji już wkrótce na stronie: <https://opole.pip.gov.pl/>

Aspekty bezpieczeństwa użytkowania w procesie udostępniania zabytkowych wyrobisk

Safety aspects of use in the process of accessing historic workings

dr hab. inż. arch. Tomasz Wieja (ORCID: 0000-0003-1073-1109), dr inż. Aleksandra Radziejowska (ORCID: 0000-0002-3190-7129), Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9379

Streszczenie: Adaptacja przestrzeni zabytkowych wymaga rozwiązania wielu specyficznych i skomplikowanych problemów inżynierskich. Jednocześnie niezbędne jest tu współdziałanie specjalistów, m.in. górników, architektów, konserwatorów zabytków, archeologów, historyków, architektów wnętrz itp. Wykonanie pełnego zakresu prac zabezpieczających – górniczych i budowlanych oraz prac konserwatorskich – umożliwia odtworzenie i zachowanie pierwotnych wartości historyczno-architektonicznych dawnego obiektu. Opracowanie odpowiednich zasad, metod i sposobów ratowania podziemnych obiektów na bazie analiz teoretycznych i empirycznych wytycza kierunki prac przy zabezpieczaniu, ochronie, a także adaptacji kolejno udostępnianych wyrobisk. Problem polega na zagwarantowaniu osobom wykonującym prace zabezpieczająco-adaptacyjne maksymalnego bezpieczeństwa przy wykonywaniu tych prac. Również zabezpieczony obiekt musi spełniać odpowiednie standardy, zapewniające stuprocentowe warunki bezpieczeństwa i odpowiedni komfort turystom zwiedzającym te obiekty. W tej części artykułu skupiono się na przedstawieniu zagadnień prawnych, jakie obecnie funkcjonują w polskim ustawodawstwie i jakie powinny stanowić podstawę podczas adaptacji wyrobisk górniczych do celów turystycznych, przede wszystkim z uwagi na zapewnienie w nich bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, zabytkowe wyrobiska, udostępnianie, podziemne trasy turystyczne, aspekty prawne.

Abstract: Adaptation of historic spaces requires solving many specific and complicated engineering problems. At the same time, the cooperation of specialists is necessary, including: miners, architects, conservators, archaeologists, historians, interior designers, etc. Carrying out a full range of security works – mining, construction and conservation works – enables the reconstruction and preservation of the original historical and architectural values of the former facility. The development of appropriate principles, methods and ways of saving underground facilities based on theoretical and empirical analyzes sets the directions for work in securing, protecting and adapting subsequent excavations. The problem is to guarantee maximum safety for people performing protection and adaptation works when performing these works. The secured facility must also meet appropriate standards to ensure 100% safety conditions and appropriate comfort for tourists visiting these facilities. This part of the article focuses on presenting legal issues that currently exist in Polish legislation and which should constitute the basis when adapting mining excavations for tourist purposes, primarily due to ensuring safety there.

Keywords: safety, historic excavations, access, underground tourist routes, legal aspects.

1. Wprowadzenie

Podziemne dziedzictwo górnicze obejmujące wyrobiska, sztolnie, chodniki, korytarze jest nierozzerwalnie związane z zasobem kulturowym i naturalnym ludzkości. Obejmuje ono zabytki nieruchome, m.in. systemy i konstrukcje zabezpieczeń górniczych przestrzeni wyrobisk, a także zabytki ruchome, tj. wyposażenie techniczne (urządzenia, maszyny czy też środki transportu podziemnego), a także obiekty o wartości artystycznej (rzeźba, malarstwo) powstałe w wyniku działalności twórczej górników. To zasób będący „powierzchniową, podziemną lub podwodną pozostałością egzystencji i działalności człowieka, złożoną z nawarstwień kulturowych

i znajdujących się w nich wytworów bądź ich śladów albo zabytek ruchomy, będący tym wytworem”[1].

Współcześnie ochrona i udostępnianie tego dziedzictwa jest jednym z priorytetów projektów inwestycyjnych realizowanych w miejscowościach, w których zlokalizowane są wyżej wymienione obiekty. Tego typu interwencja wymaga dostosowania struktury konstrukcyjnej i funkcjonalnej do nowego sposobu użytkowania. W artykule autorzy skupili się na przeglądzie aspektów prawnych związanych z międzydiscyplinarnym zagadnieniem, jakim jest adaptacja wyrobisk górniczych do celów turystycznych. Wskazane zostały podstawy prawne międzynarodowe i krajowe, przedstawiono również lukę prawną, jaka ma miejsce w polskim ustawodawstwie

w odniesieniu do tych obiektów. W drugiej części artykułu natomiast przedstawiono propozycję działań, jakie należy podjąć, aby zapewnić maksymalne bezpieczeństwo zarówno podczas prowadzenia prac adaptacyjnych, jak i podczas użytkowania wykonanych już tras turystycznych.

2. Podstawy prawne w procesie adaptacyjnym

2.1. Prawo międzynarodowe

Zagadnienie ochrony i udostępniania dziedzictwa przemysłowego, którego immanentnym składnikiem jest dziedzictwo górnicze w procesie formalnoprawnym, opiera się na dokumentach doktrynalnych opracowanych przez międzynarodowe instytucje związane z Organizacją Narodów Zjednoczonych (UNESCO), organizacje pozarządowe o zasięgu międzynarodowym (afiliowana przez UNESCO Międzynarodowa Rada Ochrony Zabytków – ICOMOS) oraz Unię Europejską (Parlament Europejski, Rada Europy, Komisja Europejska). Mają one charakter manifestów o charakterze programowym i prezentują stanowisko danej organizacji w kontekście ochrony światowego dziedzictwa. „Pełnią one bardzo ważną funkcję – nazywają, porządkują, syntetyzują i normują poszczególne problemy współczesnej ochrony dziedzictwa” [2]. Istotą tych dokumentów jest sformułowanie ogólnych tez odnoszących się do procesu adaptacyjnego w kontekście zachowania dziedzictwa kulturowego i naturalnego i interpretacji jego znaczenia dla tożsamości społeczeństw, regionów i krajów [3].

W 1990 roku Rada Europejska przedstawiła rekomendację No. R(90) 20 pt. „O ochronie i konserwacji przemysłowego, technicznego i inżynierskiego dziedzictwa w Europie” [4]. To jeden z pierwszych dokumentów doktrynalnych, w przestrzeni publicznej, bezpośrednio odnoszący się do ochrony dziedzictwa przemysłowego (rys. 1).

W 2003 roku The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage (TICCIH) przedstawiło protokół pt. „The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage, July 2003” [2]. W tym dokumencie określono wytyczne kierunkowe dotyczące procesu inwestycyjnego (aspekt konserwatorski) i dopuszczono zmianę sposobu użytkowania wyżej wymienionych obiektów „w celu zapewnienia ich ochrony” [5]. Interwencja z zastosowaniem współczesnych technologii musi być odwracalna, zminimalizowana oraz udokumentowana na każdym etapie prac.

W 2013 roku Stały Komitet Rady Europy wydaje dokument pt. „Industrial Heritage in Europe”, w którym napisano:

„Dziedzictwo przemysłowe jest tematem prawdziwie europejskim: chociaż historie narodowe mogą się różnić w szczegółach, przemysłowa przeszłość jest jednym z głównych wspólnych europejskich korzeni. Nawet pierwsze kroki w kierunku dzisiejszego zjednoczenia Europa opierała na przemysle” [6].

Istotnymi dokumentami określającymi szczegółowe zasady interwencji w procesie adaptacyjnym są normy opracowane przez Europejski Komitet Standaryzacji. Struktura ich jest hierarchiczna. Dotyczy zagadnień ogólnych, czyli pojęć i definicji oraz szczegółowych odnoszących się do metod diagnostyki technicznej, konserwacji epidermicznej oraz wymagań technicznych dotyczących procesu projektowego. Dotychczas opublikowano 32 normy związane z tą tematyką.

Warto tu nadmienić, że nie ma jednoznacznie sformułowanego tego typu zagadnienia w odniesieniu do specyfiki ochrony dziedzictwa kulturowego i naturalnego podziemnych wyrobisk. Normatywne wymagania odnoszące się do szczegółowych zagadnień diagnostycznych, technicznych czy też projektowych można, po merytorycznej analizie, zastosować do realizacji procesu ratowania i udostępniania podziemnego dziedzictwa.

2.2. Jurysprudencja krajowa w procesie adaptacyjnym


W ustawie o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami w art. 6 sformułowano katalog obiektów, które mogą być zabytkami. W katalogu otwartym wymieniono zabytki kultury przemysłowej będące:

- „obiektami techniki, a zwłaszcza kopalniami, hutami, elektrowniami i innymi zakładami przemysłowymi” (zabytki nieruchomości) [1],
- „wytworami techniki, a zwłaszcza urządzeniami, środkami transportu oraz maszynami i narzędziami świadczącymi o kulturze materialnej, charakterystycznymi dla dawnych i nowych form gospodarki, dokumentującymi poziom nauki i rozwoju cywilizacyjnego” (zabytki ruchome) [7].

Warto tu zwrócić uwagę, że wpisanie kopalń na listę obiektów chronionych nie odnosi się jednoznacznie do pozostałości po nieczynnych wyrobiskach podziemnych, których eksploatacja ustała w wyniku zaprzestania prac górniczych. Pozostałości te są właściwie artefaktami, na które składają się przede wszystkim podziemne formy przestrzenne.

Systemowa ochrona zabytków podziemnych ujęta w ustawie o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, Prawie budowlanym oraz w ustawie o zagospodarowaniu przestrzennym

Rys. 1. Międzynarodowe regulacje prawne dotyczące obiektów przemysłowych



1990	2003	2013
Rada Europejska	TICCIH	Stały Komitet Rady Europy
O ochronie i konserwacji przemysłowego, technicznego i inżynierskiego dziedzictwa w Europie	The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage	Industrial Heritage in Europe

stworzyła dodatkowe instrumenty prawne pozwalające na decyzje planistyczne, które umożliwiają objęcie ochroną konserwatorską zasobu dziedzictwa podziemnego (miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego). Zgodnie z ustawą o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym zasady ochrony dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej muszą być opisane w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego [7].

Wprowadzenie w ustawie o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, jako kwalifikowanej formy ochrony, wpisu na Listę Skarbów Dziedzictwa UNESCO obiektu zabytkowego powoduje dostosowanie procesu ochrony oraz zakresu opieki do wymagań (autentyczność i integralność) zdefiniowanych w Konwencji Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Naturalnego. Obecnie na Listę Skarbów Dziedzictwa UNESCO w Polsce, czyli obiektów o znaczeniu światowym i „wyjątkowej powszechnej wartości” [8] wpisano trzy zabytkowe kopalnie właśnie ze względu na unikatowe wyrobiska:

- Królewskie Kopalnie Soli w Wieliczce i Bochni (nr ref. 32, 1978, 2008, 2013), kwalifikacja wg kat. IV,
- Kopalnia rud ołowiu, srebra i cynku wraz z systemem gospodarowania wodami podziemnymi w Tarnowskich Górach (nr ref. 1539, 2017) kwalifikacja wg kat. I, II i IV,
- neolityczna kopalnia krzemienia – „Krzemionki – pradziejowe kopalnie krzemienia” (nr ref. 6075, 2019), kwalifikacja wg kat. I, II, IV i V [2].

Zasadnicze znaczenie w procesie ochrony podziemnego dziedzictwa mają przepisy ustawy Prawo górnicze i geologiczne [9] oraz rozporządzenie w sprawie planów ruchu zakładów górniczych [10]. W tym kontekście problem ochrony dziedzictwa ujęto w rozporządzeniu ministra środowiska w sprawie planów ruchu zakładów górniczych. W załączniku 9 do tego rozporządzenia mamy zapis w pkt. 26/8, w którym na etapie sporządzania i zatwierdzania planu ruchu przedsiębiorca musi uwzględnić „sposób zabezpieczania obiektów, urządzeń lub wyrobisk stanowiących zabytki archeologiczne i inne zabytki”. Zapis ten ma niestety charakter ogólny i nie precyzuje, czy chodzi o obiekty objęte ochroną prawną, czy posiadające znamiona zabytku. Dokumentacja opisowa planu zawiera podstawowe informacje, opracowane w oparciu o inwentaryzację, klasyfikujące struktury przestrzenne (wyrobiska, szyby, sztolnie, chodniki itp.) wraz z uwzględnieniem m.in. systemów zabezpieczeń (obudowy) oraz parametrów urządzeń technicznych z identyfikacją producenta itp.

Podziemne wyrobiska to także miejsca antropogenicznie przekształconych zasobów dziedzictwa naturalnego. W artykule 5 pkt. 6, 7 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 o ochronie przyrody zdefiniowano zakres merytoryczny zasobu środowiska podlegającego ochronie. To ochrona *ex situ* gatunków roślin, zwierząt i grzybów poza miejscem ich naturalnego występowania oraz ochrona skał, skamieniałości i minerałów w miejscach ich przechowywania i ochrona *in situ* gatunków roślin, zwierząt i grzybów, a także elementów

przyrody nieożywionej, w miejscach ich naturalnego występowania [11].

Analiza wymagań prawnych odnoszących się do interwencji technicznej i konserwatorskiej w procesie zmiany sposobu użytkowania nieczynnych wyrobisk górniczych obecnie niestety nie jest dostosowana do współczesnych realiów. Prawo budowlanemu nie podlegają wyrobiska podziemne, więc wszelkie uzgodnienia w tym zakresie nie mają zastosowania przy zabezpieczaniu i adaptacji wyrobisk podziemnych. Również Prawo geologiczne i górnicze w zakresie przystosowania zabytkowych podziemi do ruchu turystycznego ogranicza się tylko do kilku wybranych, sztandarowych obiektów. Taka luka powoduje z jednej strony ograniczenie możliwości adaptacji ciekawych budowli podziemnych na atrakcyjne trasy turystyczne, a z drugiej ogromne pole do niekontrolowanego rynku „dzikich tras podziemnych” niespełniających wymogów bezpieczeństwa górniczego.

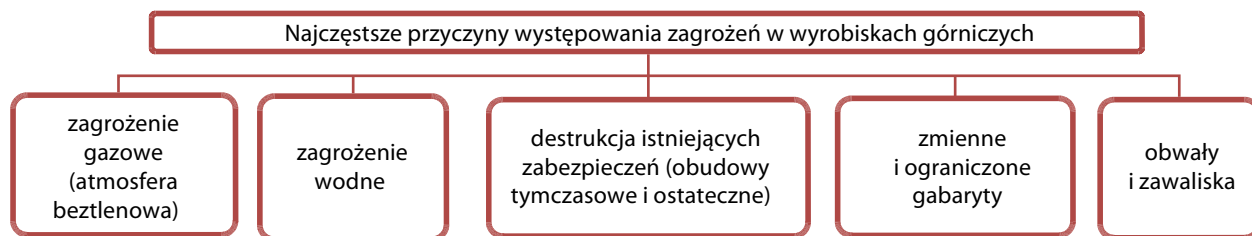
3. Interwencja metodami górniczymi

Zasadniczym problemem w procesie adaptacyjnym jest zachowanie bezpieczeństwa górotworu, w którym zlokalizowane są nieczynne wyrobiska górnicze. Opracowanie odpowiednich zasad, metod i sposobów ratowania podziemnych obiektów na bazie analiz teoretycznych i empirycznych, wytycza kierunki prac przy zabezpieczaniu, ochronie, a także adaptacji kolejno udostępnianych wyrobisk w perspektywie nadchodzących lat. Każdy podziemny obiekt pomimo pozornych podobieństw ma różnorodny charakter przestrzenny i geologiczny. Różne obiekty podziemne mają na ogół charakter unikalny i niepowtarzalny, niezbędne są więc kompleksowe badania naukowe i odmienne kryteria zabezpieczania poszczególnych obiektów.

Podziemne wyrobiska ze względu na ich stateczność można podzielić na dwie grupy:

- obiekty o trwałej używalności, charakteryzujące się dobrze zachowaną statecznością ośrodka skalnego i gruntowego samonośnego lub wzmocnionego istniejącą konstrukcją zabezpieczającą (obudowy),
- obiekty uszkodzone, zasypane lub częściowo zawalone w wyniku eksploatacyjnych procesów antropogenicznych i naturalnych powodujących dezintegrację oraz zmiany fizyczne ośrodka skalnego, w którym są zlokalizowane [12]. Zagrożenia w takich wyrobiskach mogą występować z kilku przyczyn i są szczególnie istotne przy pracach udostępniających wyrobiska do celów turystycznych, w sytuacji gdy roboty te są prowadzone przez osoby nieposiadające odpowiedniego przygotowania merytorycznego, doświadczenia praktycznego i niemające świadomości istniejących zagrożeń (rys. 2).

Zabezpieczony obiekt musi spełniać odpowiednie standardy, zapewniające stuprocentowe warunki bezpieczeństwa i odpowiedni komfort turystom zwiedzającym te obiekty. Zdarza się, że na wielu odcinkach udostępnianych podziemnych wyrobisk



Rys. 2. Zagrożenia występujące w wyrobiskach (opracowanie na podstawie [13])

brak jest niezbędnej obudowy, a w wielu rejonach mają miejsce widoczne przejawy ciśnienia górotworu, łącznie z lokalnymi obwałami skał. W wielu miejscach występuje brak właściwego oświetlenia, odwodnienia, wentylacji i dróg uciezkowych. Praktyka pokazuje, iż najkorzystniejszym byłaby sytuacja, gdyby instytucja adaptująca wyrobiska lub zarządca obiektu podziemnego stosowała podstawowe zasady w zakresie:

- wykonywania projektów z uwzględnieniem wszelkich zagrożeń mogących wystąpić przy użytkowaniu podziemnego obiektu oraz prowadzić dokumentację sposobu wykonania zabezpieczeń,
- wykorzystania technik górniczych przez zespoły doświadczone w tym zakresie,
- określenia zasad dopuszczenia obiektów podziemnych do ruchu turystycznego, z uwzględnieniem zagrożeń podziemnych,
- określenia zasad i częstotliwości monitoringu podziemnych tras turystycznych.

Wiele podziemnych wyrobisk jest często adaptowanych bez odpowiedniej dokumentacji zarówno projektowej, jak i powykonawczej. Realizowane nowe odcinki wykonywane są sposobem gospodarczym, a jedyny zakres prac udostępniających polega na odgruzowywaniu zasypanych wyrobisk. Proces badawczo-realizacyjny dla zabezpieczania i adaptacji podziemnych zabytkowych wyrobisk powinien zawierać określony wielokierunkowy program działania [14]. Program ten, eliminujący przyczyny i skutki utraty stateczności obiektów, obejmuje swym zakresem działania przedstawione w tabeli 1.

Współczesna interwencja techniczna ma na celu udostępnianie dziedzictwa podziemnego i opiera się na następujących zasadach:

- zachowanie pierwowzoru – konserwacja zabytków – wartość funkcji z zastosowaniem tradycyjnych elementów sztuki górniczej – obudowy, kaszty, zamki itp.,
- zachowanie oryginalnych historycznych struktur konstrukcyjnych – obudów lub ich pozostałości, mimo utraty nośności,
- rekonstrukcja kompletna lub fragmentaryczna zabytkowych rozwiązań technicznych oparta na analizie historycznej in situ,
- klarowna ingerencja technik i technologii współczesnych zachowująca czytelność i jednoznaczność formalną i materiałową,

Tabela 1. Działania w procesie badawczo-realizacyjnym (opracowane na podstawie [14])

Działania podczas procesu badawczo-realizacyjnego adaptacji podziemnych wyrobisk	
a)	prowadzenie obserwacji pomiarowych obiektu i podłoża
b)	rozpoznanie laboratoryjne parametrów fizykomechanicznych i wytrzymałościowych górotworu
c)	realizację badań wytrzymałościowych, analizę ich wyników oraz ekspertyzę techniczną przyczyn destrukcji materiałów i konstrukcji budowlanych zagrożonego obiektu
d)	kontrolę i pomiary jakości użytych podsadzek do wypełniania zbędnych wyrobisk
e)	obniżenie parametrów fizykomechanicznych i wytrzymałościowych użytych w przeszłości materiałów budowlanych na skutek zawodnienia, zawilgocenia, starzenia się, intensywnej wentylacji itp.
f)	badanie parametrów materiałów zastosowanych w procesie zabezpieczania elementów budowlanych
g)	ocenę możliwości zastosowania sztucznych filarów o odpowiednich parametrach i nośności
h)	badania nieniszczące dla określenia stateczności wyrobisk
i)	ocenę możliwości zastosowania sztucznych filarów o odpowiednich parametrach i nośności

- dostosowanie do zmiany sposobu użytkowania – prace metodami górniczymi, przebudowa, przybierki masywu skalnego, podsadzki, formowanie nowego kształtu wyrobiska – profilowanie wytrzymałościowe – np. komora Ważyn w kopalni soli w Bochni itp. [15].

Ważnym aspektem tego procesu jest nieodwracalność. Likwidacja i wyłączenie z systemu przestrzennego obiektu podziemnego wyselekcjonowanych wyrobisk, a także pustek w górotworze (w mniejszym zakresie) powoduje bowiem zmiany strukturalne w przestrzeni podziemnej istniejącego obiektu. Jest to przykład metody eliminacji historycznych struktur podziemnych podporządkowanej bezpieczeństwu użytkowania wybranych przestrzeni. Podstawą tego typu decyzji musi być ocena krytyczna stanu zachowania środowiska geologicznego w obrębie projektowanej adaptacji oraz klasyfikacja wyrobisk pod kątem ich wartości historycznej i przyrodniczej z uwzględnieniem ich stanu technicznego [16]. W procesie projektowania ochrony i adaptacji podziemnych wyrobisk niezbędne jest systematyczne kontrolowanie stanu technicznego podziemnych struktur naturalnych

i antropogenicznych. Monitoring podziemnych wyrobisk dotyczy przede wszystkim wykrywania zagrożeń [17]. W podziemnych wyrobiskach określony jest zakres monitoringu, który zestawiono z uwagi na dwa najważniejsze zagrożenia w tabeli 2.

Tabela 2. Zakres monitoringu w zabytkowych podziemnych wyrobiskach [18]

Zagrożenia	Segment badawczy	Monitoring
Aero-logiczne	Gazometria	zawartości metanu, CO, CO ₂ , dymu w powietrzu, parametrów gazu inertnego, pomiarów mieszaniny metanowo-gazowej w procesie odmetanowienia
	Metanometria	stężenie metanu
	Anemometria	prędkości i wydatku powietrza
	Termohigrometria	temperatury i wilgotności powietrza, temperatury górotworu
	Barometria	ciśnienia barometrycznego, różnicy ciśnień (naporu powietrza)
	Pyłometria	zapylenia powietrza, stopnia stężenia pyłu, stopnia osadzenia pyłu, zawartości wody przemijające
Geo-sferyczne	Geotechnika (mikrosejsmika, sejsmoakustyka, skaning 3D, endoskopia, pomiary instrumentalne, obserwacje wizualne itp.)	rejestracji naprężeń, wizualizacji zjawisk sejsmicznych, lokalizacji źródeł wyzwania energii, rejestracji wstrząsów górotworu, pomiary konwergencji poziomej i pionowej, prędkości rozwarstwiania stropu, propagacji spękań i szczelin w stropie i ociosie, propagacji rozwarcia spękań i szczelin
	Hydrogeologia	dopływu wód do wyrobisk

Zastosowanie przedstawionego monitoringu jest rzadko stosowane. Wymaga to bowiem dużych nakładów finansowych, rozbudowanej istniejącej podziemnej infrastruktury technicznej oraz często braku możliwości lokalizacji tzw. urządzeń stacyjnych na powierzchni.

4. Podsumowanie

Ustawodawca powinien rozpocząć przygotowanie rozporządzenia dotyczącego wymagań, które pozwolą obiekt podziemny z jego nową funkcją zakwalifikować jako obiekt użyteczności publicznej. Największą trudnością obecnie w tym

przypadku jest łączenie wytycznych i wymagań dwóch aktów prawnych obowiązujących w polskim ustawodawstwie: Prawa górniczego i Prawa budowlanego. Adaptowane wyrobiska podlegające prawu górnictwu, a wyłączane z użytkowania i poddawane likwidacji przestają podlegać pod wytyczne zawarte w tym akcie prawnym, jednocześnie nie stając się tym samym obiektem budowlanym, który musi spełniać wymogi Prawa budowlanego. Pozostaje więc tutaj niebezpieczna luka prawna pozwalająca na dowolną interpretację zasad dostosowania podziemnych wyrobisk do celów użyteczności publicznej (turystycznych, leczniczych, naukowych, kulturalnych, religijnych itp.), co może generować ryzyko wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych zagrażających bezpiecznemu użytkowaniu. W tym miejscu należy znaleźć rozwiązanie, które pozwoli zaliczyć obiekty podziemne do wymogów Prawa budowlanego lub usankcjonować, mimo zmiany jego funkcji, w wymogach Prawa górniczego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2003 nr 162, poz. 1568)
- [2] Wytyczne operacyjne do realizacji Konwencji Światowego Dziedzictwa, P. I. UNESCO, 2012
- [3] Wieja T., Ochrona i adaptacja zabytkowych podziemnych wyrobisk, Kraków, Wydawnictwo AGH, 2019
- [4] Recommendation No. R (90) 20, The protection and conservation of the industrial, technical and civil engineering heritage in Europe, 1990
- [5] The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage, The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage, dostęp: 27.03.2023, 2003
- [6] I. Heritage, S. Committee, and C. Europe, European Strategy for Promotion of Industrial Heritage, tom 1924, 10/2014
- [7] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, Dz.U. 2003 nr 80, 2016, str. 1–67
- [8] Wytyczne operacyjne do realizacji Konwencji Światowego Dziedzictwa, UNESCO
- [9] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze, Online. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20111630981>, Accessed: 23-Jun-2023
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie planów ruchu zakładów górniczych. 2017
- [11] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, str. 1–83
- [12] Mikoś T., Chmura J., Tajduś A., Górniczo-geotechniczne metody adaptacji i rekonstrukcji zabytkowych podziemi, Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne, AGH, 2014
- [13] Chmura J., Wieja T., Synergia funkcji muzealnej i komercyjnej w projektowaniu podziemnych tras turystycznych – Synergy museum and commercial functions in the design of underground routes tourist, 2015, str. 103–112
- [14] Duda Z., Mikoś T., Problemy geotechniczne ochrony podziemnych i naziemnych obiektów zabytkowych, 1999, str. 62
- [15] Mikoś T., Metodyka kompleksowej rewitalizacji, adaptacji i rewitalizacji zabytkowych obiektów podziemnych z wykorzystaniem technik górniczych, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 2005
- [16] Malik S., Kopalnia Soli Wieliczka – zabytek światowego dziedzictwa kultury, Miesięcznik WUG 6/1999, str. 37
- [17] Karsznia K., Czarnecki L., Stawowy L., System ciągłego monitoringu deformacji odkrywkowych wyrobisk górniczych a bezpieczeństwo prowadzenie robót górniczych, Górnictwo i Geoinżynieria, rok 34, zeszyt 4, 2010, str. 279–288
- [18] Trenczek S., Wojtas P., Systemowe monitorowanie bezpieczeństwa w podziemiach kopalń, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2010

Ocena nowoczesności prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegieł ceramicznych

Modernity assessment of the vacuum press used in the ceramic brick manufacturing process

dr hab. inż. Jacek Selejdak, prof. uczelni (ORCID: 0000-0001-9854-5962), Politechnika Częstochowska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9380

Streszczenie: Nowoczesność maszyn i urządzeń stosowanych w procesach wytwarzania w istotny sposób wpływa na kształtowanie jakości wyrobów. W artykule przeprowadzona została analiza nowoczesności prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegieł ceramicznych. Do oceny nowoczesności prasy wykorzystano pięciostopniową skalę Parkera. Poszczególne części podzespołów urządzenia zakwalifikowane zostały do odpowiednich kategorii, a następnie sklasyfikowano je na odpowiednim poziomie skali Parkera. Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzono, że analizowane urządzenie ogólnie można sklasyfikować na 4 poziomie skali Parkera, co oznacza, że jest to urządzenie nowoczesne.

Słowa kluczowe: skala Parkera, ABC technologii, nowoczesność.

Abstract: The modernity of machinery and equipment used in manufacturing processes has a significant impact on shaping the quality of products. In the paper, the modernity of the vacuum press used in the ceramic brick manufacturing process was analysed. The Parker's five-point scale was used to assess the modernity of the press. Individual parts of the subassemblies of the device have been classified into appropriate categories, and then classified at the proper level of the Parker's scale. On the basis of the assessment, it was concluded that the analysed device could generally be classified at 4th level of the Parker's scale, which means that it is the modern device.

Keywords: Parker scale, ABC of technology, modernity.

1. Wprowadzenie

Elementy części podzespołów maszyn i urządzeń wykorzystywanych we wszelkiego rodzaju procesach produkcyjnych wraz z upływem czasu ich eksploatacji podlegają procesom zużycia, co wpływa na dokładność i efektywność ich pracy, a w tym również funkcję bezpieczeństwa [1–6]. Większość przedsiębiorstw produkcyjnych podczas wykonywania wszelkiego rodzaju operacji w procesach wytwórczych realizuje różnego rodzaju technologie, które w praktyce realizowane są przez konkretne podzespoły maszyn i urządzeń. Technologie te mogą się różnić pod względem znaczenia doboru oraz poziomu, a ich stopień zróżnicowania zależy od konkretnego przedsiębiorstwa. W celu oceny nowoczesności części podzespołów maszyn i urządzeń realizujących różnego rodzaju technologie oraz oceny ich wartości i przydatności dla przedsiębiorstw w rozważanym okresie możemy zastosować analizę ABC technologii [3, 7, 8].

2. Charakterystyka metody ABC technologii

2.1. Skala Parkera

W celu przeprowadzenia analizy nowoczesności maszyny lub urządzenia za pomocą metody ABC technologii, która dotyczy wykorzystania w technologiach produkcji wyrobów poszczególnych części podzespołów danej maszyny

czy też urządzenia, należy zastosować pięciostopniową skalę Parkera. Skala ta składa się z następujących poziomów [3, 7, 9, 10]:

- poziom 1 – to proste części, które można wytworzyć za pomocą technik rzemieślniczych np. osłony wszelkiego rodzaju urządzeń, fundament,
- poziom 2 – to części, które można wytworzyć stosując technologie niezmienniane i znane od wielu lat, np. standardowy system chłodzenia silnika,
- poziom 3 – to części, które wyprodukowano z zastosowaniem opanowanej technologii, wymagającej odpowiedniej wiedzy technicznej np. standardowy silnik elektryczny,
- poziom 4 – to części, które wytworzono z zastosowaniem nowoczesnych technologii rynkowych np. wyświetlanie istotnych informacji o procesie lub wyrobie na ekranie pulpitu sterowniczego,
- poziom 5 – to części, które zostały wyprodukowane z zastosowaniem nowoczesnych technologii oraz rozwiązań opatentowanych i występujących jedynie w maszynie konkretnej firmy.

Zastosowanie takiej kategoryzacji daje możliwość uszeregowania nowoczesności wykorzystywanych technologii, realizowanych przez konkretne części podzespołów maszyn lub urządzeń, względem celowości ich rozwoju oraz inwestowania, czyli zadecydowania o tym, które z części powinny zostać zmodernizowane lub wymienione. Stosowane technologie

nie są od siebie odizolowane i najczęściej tworzą struktury, wykorzystujące zasady naukowego podejścia do realizowanych zadań. Zawsze jednak analiza ABC technologii pozwala na stwierdzenie istotnych możliwości technologicznych przedsiębiorstwa. Określone możliwości technologiczne można następnie odnieść do bezpieczeństwa operatorów obsługujących urządzenia, które realizują wybrane technologie. Z punktu widzenia konkurencyjności za kluczową należy uznać technologię pionierską, która pomimo poniesionych kosztów inwestycyjnych daje największe efekty konkurencyjne ze względu na małe rozpowszechnienie. Im bardziej zaawansowana technologia, tym wyższa nowoczesność poszczególnych części maszyny, a dzięki temu otrzymany wyrób może posiadać bardziej wyszukane i spersonifikowane cechy wymagane przez klienta. Ponadto wraz z nowoczesnością części podzespołów danej maszyny lub urządzenia wzrastają możliwości zastosowania systemów gwarantujących bezpieczeństwo obsługi urządzenia i stabilności procesu wytwarzania [1, 3, 7, 11–13].

2.2. Istota metody ABC technologii

W metodzie ABC technologii części podzespołów zastosowanych w danej maszynie lub urządzeniu realizujących wybraną technologię zostają podzielone na 3 podstawowe kategorie [3, 7, 14, 15]:

- kategoria A – obejmuje technologie realizowane przez części podzespołu podstawowego, jest najistotniejsza dla realizowanej technologii, do której należą fundamentalne części maszyn gwarantujące wyrobowi specjalne atrybuty i wysoką jakość,
- kategoria B – obejmuje technologie realizowane przez części podzespołu wspomagającego, często o charakterze ogólnym,
- kategoria C – obejmuje technologie realizowane przez części podzespołu pobocznego maszyny bądź urządzenia, które najczęściej nie podlegają działalności innowacyjnej użytkownika i nie mają większego znaczenia przy zakupie nowych maszyn.

Jednak wszystkie części podzespołów maszyn i urządzeń realizujących wybrane technologie, bez względu na kategorię, powinny zapewniać bezpieczeństwo obsługujących je pracowników.

3. Ocena nowoczesności prasy próżniowej

Analizie nowoczesności poddana została prasa próżniowa wykorzystywana w procesie wytwarzania cegły ceramicznej. Podstawowe parametry techniczne prasy próżniowej to:

- zewnętrzne wymiary – 2200x1400x2750 mm,
- wewnętrzne wymiary – 900x600x1800 mm,
- masa – 1980 kg,
- temperatura maksymalna – 1280°C,
- pojemność – 1000 l,
- moc – 70 kW.

Urządzenie to zapewnia odpowiedni podział gliny na odpowiednie pasma, które następnie są napowietrzane i formowane w odpowiedni kształt. Następnie za pomocą zestawu walców nadawana jest odpowiednia struktura cegieł. Zidentyfikowane podstawowe części podzespołów analizowanej prasy próżniowej i ich ocena przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Ocena nowoczesności poszczególnych części podzespołów prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegły ceramicznej

Podzespół	Lp.	Część/element maszyny	Poziom nowoczesności wg skali Parkera
Podstawowy A	A1	Układ sterowania	4
	A2	Pulpit sterowniczy	4
	A3	Układ programowania	4
	A4	Komora próżniowa	4
Pomocniczy B	B1	Układ napędowy	4
	B2	Układ hydrauliczny	4
	B3	Przecierak sitowy	4
	B4	Zestaw walców	3
Poboczny C	C1	Konstrukcja maszyny	3
	C2	Fundament	1
	C3	System smarowania	3
	C4	Oslony	3

Na podstawie przeprowadzonej analizy za pomocą metody ABC technologii wyróżnionych zostało 12 części podstawowych podzespołów prasy próżniowej (po 4 w każdej z kategorii). Zidentyfikowane części zostały podzielone na trzy grupy główne i ocenione według pięciostopniowej skali Parkera (tab. 1).

W oparciu o wyniki zawarte w tabeli 1 ocena nowoczesności zidentyfikowanych części podzespołów analizowanej prasy wg skali Parkera w sposób graficzny została przedstawiona na rysunku 1.

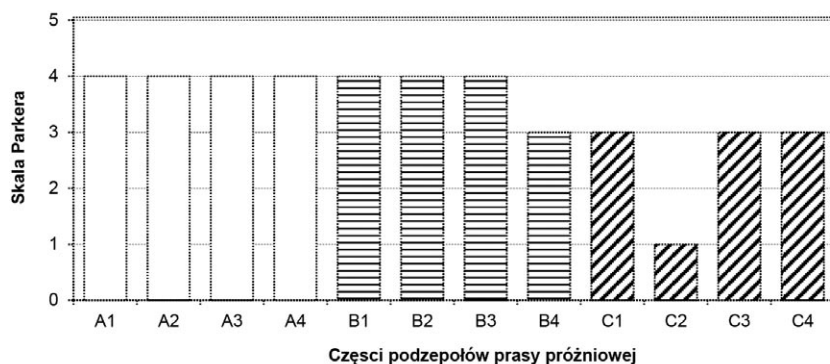
Na podstawie przeprowadzonej analizy (tab. 1 i rys. 1) stwierdzono, że spośród 12 zidentyfikowanych części podstawowych podzespołów prasy próżniowej:

- na poziomie 1 według skali Parkera sklasyfikowano tylko 1 część,
- na poziomie 3 według skali Parkera sklasyfikowano 4 części,
- na poziomie 4 według skali Parkera sklasyfikowano 7 części,
- na poziomach 2 i 5 według skali Parkera nie sklasyfikowano żadnej części.

Wykorzystując diagram Pareto-Lorenza [13], przedstawiono strukturę nowoczesności prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegły ceramicznej (rys. 2).

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że w przypadku:

- podzespołu podstawowego A – części zostały sklasyfikowane w 100% na 4 poziomie w skali Parkera (rys. 1),



Rys. 1. Struktura poziomu nowoczesności według skali Parkera części podzespołów prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegły ceramicznej



Rys. 2. Struktura poziomu nowoczesności części podzespołów prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegły ceramicznej

- podzespołu pomocniczego B – części zostały sklasyfikowane na 2 poziomach w skali Parkera (rys. 1):
 - na 3 poziomie sklasyfikowano 25% części podzespołów,
 - na 4 poziomie sklasyfikowano 75% części podzespołów;
- podzespołu pomocniczego C – części zostały sklasyfikowane na również na 2 poziomach w skali Parkera (rys. 1):
 - na 1 poziomie sklasyfikowano 25% części podzespołów,
 - na 3 poziomie sklasyfikowano 75% części podzespołów;
- całej prasy próżniowej części podzespołów (rys. 1 i 2) sklasyfikowano na:
 - 1 poziomie skali Parkera 8,33%,
 - 3 poziomie sklasyfikowano 33,33% części podzespołów,
 - 4 poziomie sklasyfikowano 58,34% części podzespołów.

W oparciu o przeprowadzoną analizę poziomu nowoczesności według skali Parkera zostały zbudowane następujące szeregi nowoczesności dla poszczególnych części prasy:

- podzespołu podstawowego A – 100% 4 poziom,
- podzespołu pomocniczego B – poziom 4 > poziom 3,
- podzespołu pomocniczego C – poziom 3 > poziom 1,
- całego urządzenia – poziom 4 > poziom 3 > poziom 1.

Na podstawie utworzonych szeregów nowoczesności wykazano, że w przypadku podzespołu podstawowego A wszystkie części sklasyfikowano na jednym 4 poziomie. W przypadku podzespołu pomocniczego B części zostały sklasyfikowane na 2 poziomach skali Parkera 4 i 3, ale 3 części sklasyfikowano na poziomie 4, a na poziomie trzecim została sklasyfikowana tylko 1 część. Analizując części podzespołu

pobocznego C, stwierdzono, że podobnie jak w przypadku podzespołu pomocniczego B wszystkie części zostały sklasyfikowane na 2 poziomach. Spośród 4 podstawowych części podzespołu pomocniczego C 3 z nich zostały sklasyfikowane na poziomie 3 skali Parkera, a tylko 1 część została sklasyfikowana na poziomie 1. W przypadku szeregu nowoczesności dotyczącego całego urządzenia największa ilość części została sklasyfikowana na poziomie 4 skali Parkera, o 3 części mniej sklasyfikowano na poziomie 3 i o 6 części mniej na poziomie 1.

4. Podsumowanie

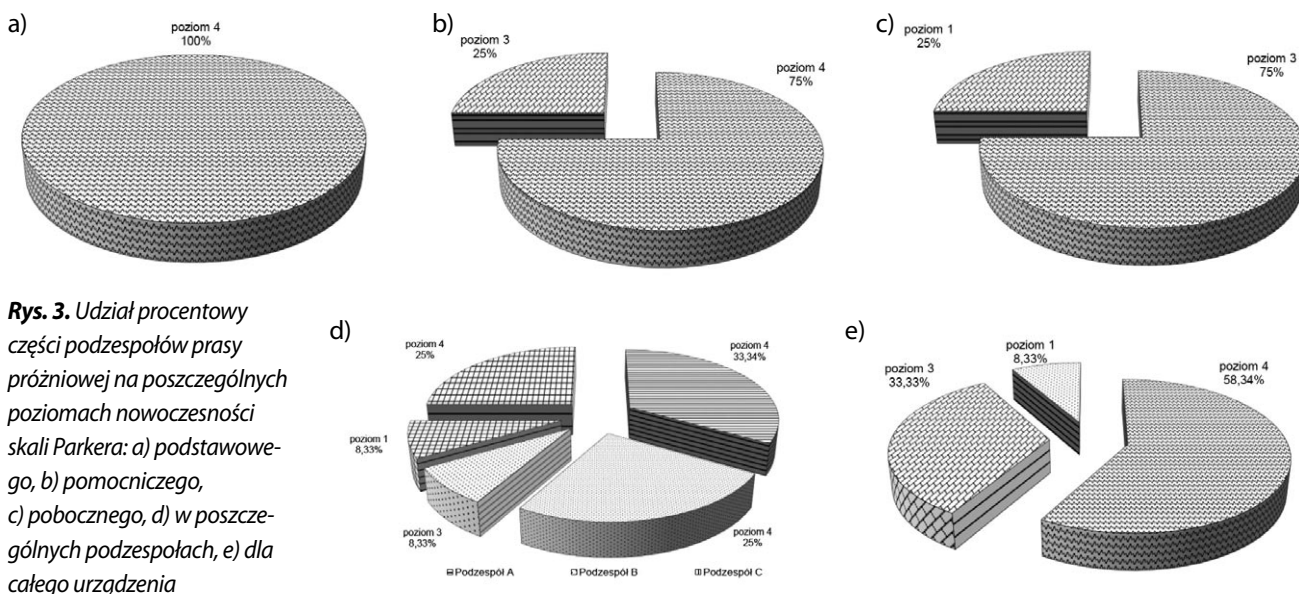
W pracy analizie poddana została ocena nowoczesności prasy próżniowej wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegły ceramicznej w wybranym przedsiębiorstwie branży budowlanej w odniesieniu do bezpieczeństwa wykorzystania tej prasy w procesie. Wykorzystanie metody ABC technologii daje możliwość

kierownictwu przedsiębiorstwa na monitorowanie nowoczesności parku maszynowego, a tym samym poziomu nowoczesności technologii realizowanych w przedsiębiorstwie przez maszyny i urządzenia, jak również warunków bezpieczeństwa personelu obsługującego park maszynowy.

W sposób graficzny za pomocą wykresów kołowych zaprezentowano udział procentowy części w podzespole podstawowym A (rys. 3a), w podzespole pomocniczym B (rys. 3b), w podzespole pomocniczym C (rys. 3c) analizowanej prasy próżniowej. Określony również został udział części w poszczególnych podzespolech w odniesieniu do wszystkich zidentyfikowanych części podzespołów urządzenia (rys. 3d) oraz udział części wszystkich podzespołów na poszczególnych poziomach skali Parkera (rys. 3e).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że nowoczesność części poszczególnych podzespołów prasy próżniowej, wykorzystywanej w procesie wytwarzania cegły ceramicznej, została sklasyfikowana na następujących poziomach nowoczesności skali Parkera:

- na poziomie 1 sklasyfikowano 1 część podzespołu pomocniczego, która stanowi 8,33% wszystkich części podzespołów urządzenia,
- na poziomie 2 i 5 nie sklasyfikowano żadnych części podzespołów urządzenia,
- na 3 poziomie sklasyfikowano 4 części podzespołów (1 część podzespołu pomocniczego oraz 3 części podzespołu pomocniczego), które stanowią 33,33% wszystkich części podzespołów urządzenia,



Rys. 3. Udział procentowy części podzespołów prasy próżniowej na poszczególnych poziomach nowoczesności skali Parkera: a) podstawowego, b) pomocniczego, c) pobocznego, d) w poszczególnych podzespołach, e) dla całego urządzenia

- na 4 poziomie sklasyfikowano 7 części podzespołów (4 części podzespołu podstawowego i 3 części podzespołu pomocniczego), które stanowią 58,34% wszystkich części podzespołów urządzenia.

Na podstawie przeprowadzonej analizy prasę próżniową sklasyfikowano na 4 poziomie skali Parkera, co oznacza, że jest to urządzenie nowoczesne, a przedsiębiorstwo za pomocą tego urządzenia może realizować konkurencyjne technologie dostępne na rynku. Na taką nowoczesność urządzenia miała wpływ przede wszystkim klasyfikacja na 4 poziomie wszystkich części podzespołu podstawowego oraz 3 części podzespołu pomocniczego. Dzięki takiej klasie nowoczesności urządzenia kierownictwo może zapewnić pracownikom bezpieczną jego obsługę oraz stabilność procesu. Bezpieczeństwo osób obsługujących urządzenie zostało zapewnione m.in. przez: spełnienie minimalnych wymagań technicznych bezpieczeństwa określonych przepisami, zastosowanie odpowiedniego oznakowania elementów sterowniczych jak również umieszczenie głównego panelu sterowania urządzenia poza strefą jego pracy i zamontowanie właściwych osłon. Podkreślić należy, że podczas przeprowadzanych badań w przedsiębiorstwie nie doszło do żadnego nieszczęśliwego wypadku związanego z obsługą przez personel analizowanego urządzenia. Jedyne wypadki, jakie odnotowano w okresie badawczym, dotyczyły drobnych urazów i spowodowane były nieuwagą pracowników. Zastosowanie w wybranym przedsiębiorstwie branży budowlanej analizy ABC technologii pozwala na porównanie wykorzystanych rozwiązań konstrukcyjnych w prasie próżniowej z obecnie panującymi na rynku trendami. Porównanie takie umożliwia realną ocenę konkurencyjności posiadanego parku maszynowego z innymi przedsiębiorstwami tej branży.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Borkowski S., Ulewicz R., Zarządzanie produkcją. Systemy produkcyjne, Humanitas, Sosnowiec, 2009

- [2] Durlik I., Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych, Agencja Wydawnicza Placet, Gdańsk, 2007
- [3] Borkowski S., Selejda J., Salamon Sz., Efektywność eksploatacji maszyn i urządzeń, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2006
- [4] Ulewicz R., Mielczarek K., Machine Operation Efficiency in the Production of Car Equipment. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021, AIP Conference Proceedings Vol.2 503. American Institute of Physics, Melville, 2022
- [5] Knop K., Mikulova P., Evaluation of the Level of Work Safety, Advancement and Efficiency of the Use of Machines and Devices on Labelling and Packaging Line and an Attempt to Compare the Results Using the Modified McKinsey Matrix. System Safety: Human – Technical Facility – Environment, red. Ulewicz R., Nikolic R. De Gruyter, Warszawa, 2019
- [6] Drozd W., Klimczak W., Analiza wypadków budowlanych jako zdarzeń niezamierzonych, Przegląd Budowlany 9–10/2022
- [7] Lowe P., Zarządzanie technologią, Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1999
- [8] Ingaldi M., Wykorzystanie analizy ABC technologii do oceny nowoczesności maszyn w branży tworzyw sztucznych, [w:] Inżynieria produkcji. Wybrane elementy zarządzania przedsiębiorstwem (red.) Prusak R., Kollmasiak C, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2014, str. 38–47
- [9] Borkowski S., Stasiak-Betlejewska R., Ocena poziomu nowoczesności maszyn elementem procesu wdrażania innowacji w przedsiębiorstwie branży budowlanej, [w:] Kreatywność i innowacje w zarządzaniu organizacjami (red.) Pabian A., Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2010, str. 340–350
- [10] Ingaldi M., Mazur M., Evaluation of the Technological Modernity of the Machines used in the Metallurgical Industry. In: Materials Research Proceedings no 24. Terotechnology XII (red.) Radek N. Materials Research Forum LLC, Millersville, 2022, str. 118–125
- [11] Pacana A., Ulewicz R., Analysis of Causes and Effects of Implementation of the Quality Management System Compliant with ISO 9001, Polish Journal of Management Studies 1/2020
- [12] Nováková R., Čekanová K., Paulíková A., Integration management system – new of requirements of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 standards, Production Engineering Archives 13/2016
- [13] Selejda J., Čorejová T., Ulewicz R., Total Quality Management. Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2016
- [14] Ingaldi M., Ocena poziomu nowoczesności wyposażenia produkcyjnego zakładu w przedsiębiorstwie branży stalowej, Hutnik-Wiadomości Hutnicze 11/2014
- [15] Krynek M., Knop K., Mielczarek K., Analysis of the modernity and effectiveness of chosen machines in the processing of high – molecular materials, Production Engineering Archives 2/2014

Wyniki kontroli małych placów budów na Dolnym Śląsku

Results of inspections of small construction sites in Lower Silesia

mgr inż. Jarosław Siegieda, starszy inspektor pracy, specjalista, Okręgowy Inspektorat Pracy we Wrocławiu

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9381

Streszczenie: W artykule zamieszczono wyniki kontroli przeprowadzonych na małych placach budowy na terenie województwa dolnośląskiego w 2022 i 2023 roku. Za małą budowę należy uważać miejsce prowadzenia prac budowlanych, na którym pracę wykonuje do 20 osób w tym samym czasie. Zakres kontroli obejmował: zagospodarowanie terenu budowy, przygotowanie do pracy, przygotowanie i organizacja budowy, stanowiska pracy, roboty ziemne i wykopy, prace na wysokości, rusztowania, maszyny i urządzenia techniczne, substancje i mieszaniny chemiczne, urządzenia i instalacje elektryczne. Najwyższy odsetek stwierdzonych nieprawidłowości dotyczył przygotowania pracowników do pracy, prac na wysokości oraz rusztowań budowlanych. Skala naruszeń przepisów, a także liczba bezpośrednich zagrożeń ujawnionych podczas kontroli małych placów budów wskazuje na konieczność działań mających na celu dostosowywanie do standardów europejskich mniejszych przedsiębiorstw budowlanych.

Słowa kluczowe: budownictwo, małe place budów, bezpieczeństwo pracy, zagrożenia, kontrole.

Abstract: The article includes the results of inspections carried out at small construction sites in the Lower Silesian province in 2022 and 2023. The audit scope included: development of the construction site, preparation for work, preparation and organization of construction, workstations, Earthworks and excavation, work at height, scaffolding, machinery and technical equipment, chemical substances and mixtures, electrical equipment and installations. The highest percentage of irregularities found concerned the preparation of workers for work, work at height and construction scaffolding. The scale of violations as well as the number of direct hazards revealed during inspections of small construction sites indicates the need for measures to bring smaller construction companies up to European standards.

Keywords: construction, small construction sites, occupational safety, hazards, inspections.

1. Wprowadzenie

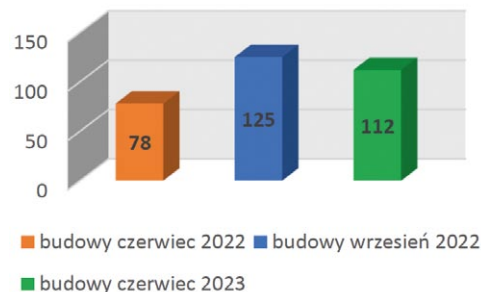
Sektor budowlany charakteryzuje się wysokim poziomem zagrożenia dla zdrowia i życia pracowników w większości krajów świata. Według [2] wskaźnik wypadkowości w krajach Unii Europejskiej wskazuje, że branża budowlana jest na trzecim miejscu, wśród wszystkich sekcji gospodarki, pod względem ogólnej liczby wypadków przy pracy; na drugim miejscu pod względem wskaźnika częstości wypadków powodujących więcej niż trzy dni nieobecności w pracy; oraz na drugim miejscu pod względem wskaźnika częstości śmiertelnych wypadków przy pracy. Niewątpliwie zjawisko wypadkowości w branży budowlanej jest wynikiem szeregu przyczyn związanych z niebezpiecznymi warunkami pracy, dużą zmiennością warunków pracy oraz niebezpiecznymi zachowaniami pracowników [3,4]. Jest to widoczne przede wszystkim w małych przedsiębiorstwach budowlanych.

W Okręgowym Inspektoracie Pracy we Wrocławiu, w ramach realizacji kontroli

małych placów budów, przeprowadzono: 97 kontroli w czerwcu 2022 roku oraz 157 kontroli we wrześniu 2022 roku na 203 budowach oraz 140 kontroli w czerwcu 2023 roku na 112 budowach (rys. 1 i 2). Podstawą realizacji kontroli były wytyczne do tematu 121C w ramach 3-letniej strategii dla sektora budowlanego Państwowej Inspekcji Pracy, ukierunkowanej na zwiększenie skuteczności działań w latach 2022–2024, realizowanej przy wsparciu inicjatyw prewencyjnych, informacyjnych i promujących bezpieczną pracę w tym sektorze, w szczególności kampanii prewencyjnej. Priorytetem działań kontrolnych jest zapobieganie lub ograniczanie zagrożeń zawodowych w środowisku pracy, w wyniku podejmowanych przez inspektora

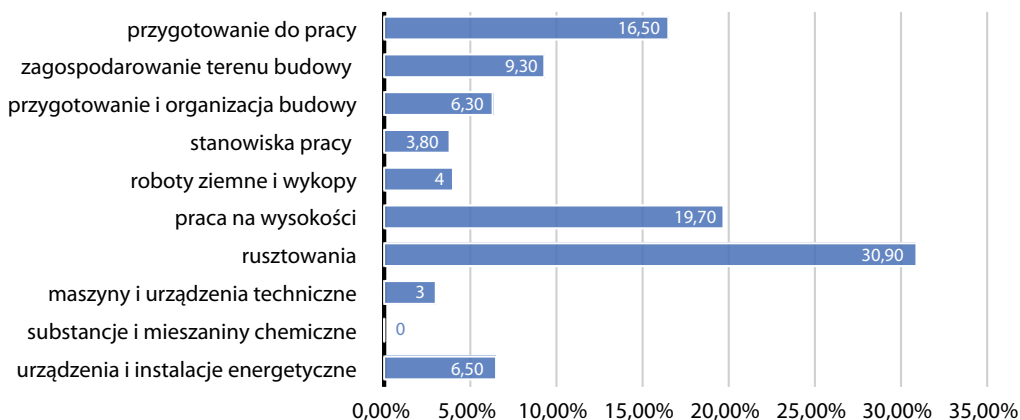


Rys. 1. Liczba kontroli małych budów

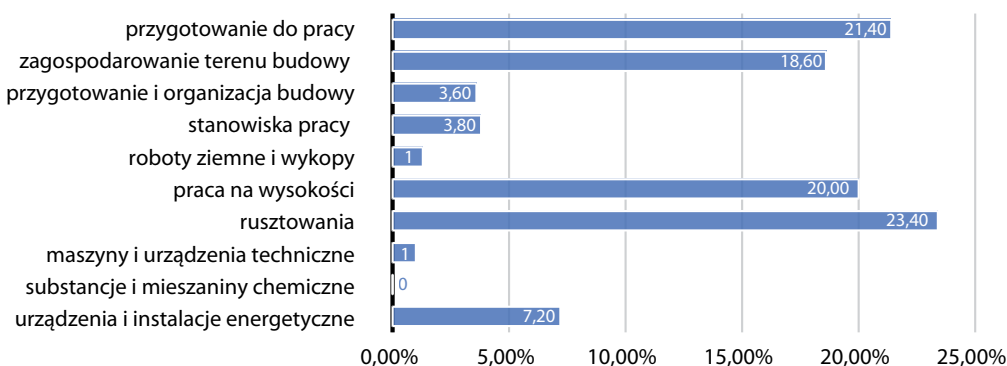


Rys. 2. Liczba skontrolowanych budów

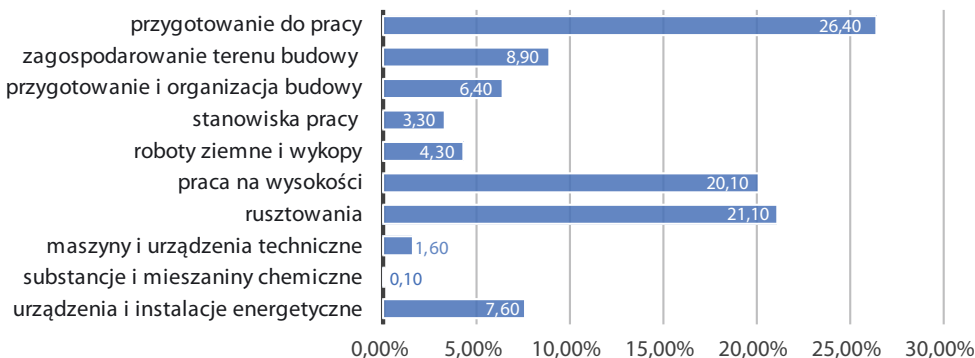
Rys. 3. Nieprawidłowości w zakresie bezpieczeństwa pracy stwierdzone w czasie kontroli przeprowadzonych w czerwcu 2022 roku



Rys. 4. Nieprawidłowości w zakresie bezpieczeństwa pracy stwierdzone w czasie kontroli przeprowadzonych we wrześniu 2022 roku



Rys. 5. Nieprawidłowości w zakresie bezpieczeństwa pracy stwierdzone w czasie kontroli przeprowadzonych w czerwcu 2023 roku



pracy środków nadzorczych oraz działań o charakterze prewencyjnym, których celem jest uzyskanie poprawy stanu bezpieczeństwa pracy na budowach, utrwalenie prawidłowych sposobów realizacji prac – zgodnie z przepisami BHP oraz rozwoju zasad kultury pracy, w tym zmiany złych nawyków wśród osób pracujących i nadzorujących [1]. Zakres kontroli obejmował: zagospodarowanie terenu budowy, przygotowanie do pracy, przygotowanie i organizację budowy, stanowiska pracy, roboty ziemne i wykopy, prace na wysokości, rusztowania, maszyny i urządzenia techniczne, substancje i mieszaniny chemiczne, urządzenia i instalacje elektryczne.

2. Wyniki kontroli małych placów budowy

Wyniki przeprowadzonych kontroli przedstawiono w formie wykresów na rysunkach 3, 4 i 5. W czerwcu 2022 roku największą liczbę nieprawidłowości, w ujęciu procentowym,

stwierdzono na rusztowaniach budowlanych, a następnie podczas prac na wysokości i w przygotowaniu do pracy. Podobną kolejność stwierdzono w badaniach przeprowadzonych we wrześniu 2022 roku. Z kolei w czerwcu 2023 roku, największą liczbę nieprawidłowości stwierdzono w przygotowaniu pracowników do pracy, a następnie na rusztowaniach budowlanych oraz podczas prac na wysokości.

3. Nieprawidłowości stwierdzone podczas kontroli rusztowań budowlanych

Badania wykazały, że upadki z rusztowań są największym potencjalnym zagrożeniem na placu budowy i każdego roku powodują znaczną liczbę ofiar śmiertelnych [5, 6]. W czasie przeprowadzonych kontroli najczęściej stwierdzanymi nieprawidłowościami związanymi z rusztowaniami budowlanymi (czerwiec 2022) były:

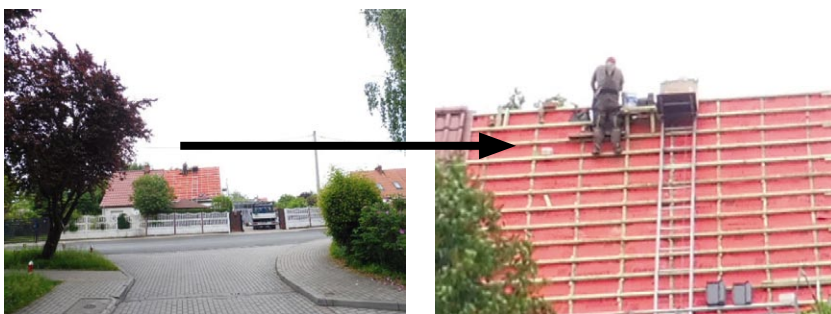


Rys. 6, 7. Widok ogólny posadowionego rusztowania



Rys. 8, 9. Widok ogólny rusztowania warszawskiego

- brak prawidłowych balustrad (poręczy ochronnych). Zgodnie z listą kontrolną, na 138 zbadanych rusztowaniach, stwierdzono: braki w 89 przypadkach i uchybienia w 34 przypadkach. Braki i uchybienia w balustradach stanowiły aż 89% wszystkich nieprawidłowości stwierdzonych w badanych rusztowaniach;
 - brak udokumentowanego odbioru rusztowań przez osoby uprawnione. Na podstawie listy kontrolnej stwierdzono, iż na zbadanych 113 przypadków stwierdzono braki w 68 przypadkach i uchybienia w 4 przypadkach. Braki i uchybienia dotyczące odbioru rusztowań stanowiły 71% nieprawidłowości wszystkich zbadanych przypadków;
 - nieprawidłowości dotyczące posadowienia konstrukcji rusztowania. Zgodnie z listą kontrolną stwierdzono, iż na zbadanych 105 rusztowaniach stwierdzono: błędy w posadowieniu w 26 przypadkach i uchybienia w 32 przypadkach. Stanowiły one 57% nieprawidłowości stwierdzonych w zbadanych rusztowaniach.
- Widoki ogólne przykładowych kontrolowanych rusztowań zamieszczono na rysunkach 6 i 7.



Rys. 10, 11. Widok ogólny wykonywanych prac dekarских

Podobną sytuację stwierdzono podczas kontroli przeprowadzonej we wrześniu 2022 roku. Najczęściej stwierdzanymi nieprawidłowościami dotyczącymi rusztowań były:

- brak na rusztowaniach prawidłowych balustrad (poręczy ochronnych). Zgodnie z listą kontrolną stwierdzono, iż na zbadanych 160 rusztowaniach stwierdzono: braki w 118 przypadkach i uchybienia w 31 przypadkach, które stanowiły aż 93% nieprawidłowości zbadanych rusztowań;
- brak udokumentowanego odbioru rusztowań przez osoby uprawnione. Na podstawie listy kontrolnej stwierdzono, iż na zbadanych 113 przypadków stwierdzono: braki w 83 przypadkach i uchybienia w 5 przypadkach. Braki i uchybienia dotyczące odbioru rusztowań stanowiły 77,9% nieprawidłowości stwierdzonych we wszystkich zbadanych przypadkach;
- nieprawidłowości dotyczące pomostów

roboczych rusztowania. Zgodnie z listą kontrolną stwierdzono, iż na zbadanych 146 rusztowaniach stwierdzono: braki w 59 przypadkach i uchybienia w 20 przypadkach. Stanowiły one 54,1% nieprawidłowości stwierdzonych w zbadanych rusztowaniach.

Przykładowe niekompletne rusztowania warszawskie przedstawiono na rysunkach 8 i 9. Widoczny jest brak prawidłowych podestów roboczych, barier ochronnych, schodni oraz podstaw.

4. Nieprawidłowości dotyczące przygotowania do pracy

W czerwcu 2023 roku największy procent nieprawidłowości i uchybień dotyczył przygotowania do pracy. Były to następujące nieprawidłowości:

- brak stosowania przez pracowników środków ochrony indywidualnej, np. hełmów ochronnych. Na podstawie listy kontrolnej, na zbadanych 354 pracownikach, stwierdzono: braki w 180 przypadkach i uchybienia w 42 przypadkach. Braki i uchybienia stanowiły 62,7% nieprawidłowości stwierdzonych w zbadanych przypadkach. Do uchybień zaliczyć można np. nieprawidłowe użytkowanie środków ochrony indywidualnej;
- braki i nieprawidłowości dotyczące uprawnień kwalifikacyjnych do obsługi maszyn budowlanych. Kontroli poddano 41 maszyn. W 18 przypadkach stwierdzono brak uprawnień, co stanowi 43,9% nieprawidłowości zbadanych przypadków.

5. Liczba i rodzaj wydanych decyzji

Podczas czynności kontrolnych inspektorzy pracy stwierdzili nieprawidłowości, które uregulowali 2145 decyzjami:

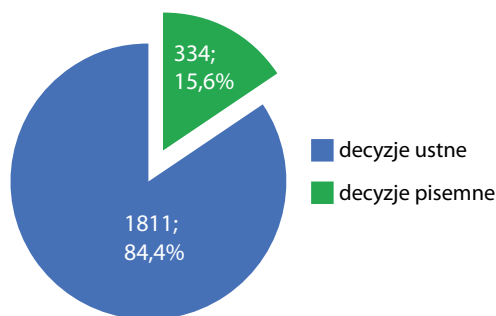
- decyzje ogółem – 2145,
- decyzje nakazowe pisemne – 334,
- decyzje ustne – 1811.

Decyzje ustne stanowiły 84,4% wszystkich wydanych decyzji.

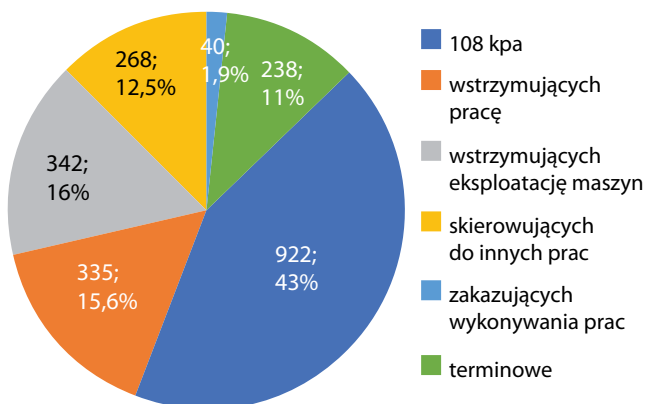
Nieprawidłowości stwierdzone podczas kontroli uregulowano decyzjami, których rodzaj przedstawia się następująco:

- liczba decyzji na podstawie art.108 kpa – 922,
- liczba decyzji wstrzymujących pracę – 335,
- liczba decyzji wstrzymujących eksploatację maszyn – 342,
- liczba decyzji skierowujących pracowników do innych prac – 268,
- liczba decyzji zakazujących wykonywania pracy – 40,
- liczba decyzji terminowych – 238.

Artykuł 108 Kodeksu postępowania administracyjnego nakłada obowiązek natychmiastowej wykonalności decyzji, gdy jest to niezbędne ze względu na ochronę zdrowia lub życia ludzkiego albo dla zabezpieczenia gospodarstwa narodowego przed ciężkimi stratami bądź też ze względu na inny interes społeczny lub wyjątkowo ważny interes strony.



Rys. 12. Procentowy udział decyzji ustnych i pisemnych wydanych na podstawie kontroli przeprowadzonej w czerwcu 2023 roku



Rys. 13. procentowy udział poszczególnych rodzajów decyzji wydanych na podstawie kontroli przeprowadzonych na małych placach budowy w czerwcu 2023 roku

W czerwcu 2023 r. skierowano do innych prac 204 na 583 skontrolowanych pracowników, tj. 35%.

Ponadto inspektorzy pracy realizując kontrole małych placów budów, stwierdzili w 385 kontrolach 517 wykroczeń przeciwko prawom pracownika. W stosunku do osób odpowiedzialnych za stan BHP wszczęto postępowanie karno-administracyjne. Inspektorzy pracy zastosowali sankcje w postaci:

- wymierzenia mandatu karnego (388 mandatów, łącznie na 436 950 zł),
- skierowania 1 wniosku do sądu o ukaranie.

6. Propozycje dotyczące redukcji zagrożeń dla zdrowia i życia

W trakcie czynności kontrolnych stwierdzono, iż rynek pracy usług budowlanych na Dolnym Śląsku jest prowadzony bardzo sprawnie. Jest to zaletą tego rynku pracy na styku granic Polski. Poziom bezpieczeństwa na małych budowlach odbiega znacznie od zasad bezpieczeństwa w stosunku do dużych budów. Tzw. „małe” budowy lub budowy prowadzone przez „tańsze firmy” bardzo często zatrudniają pracowników na umowy zlecenia, między innymi z Europy Wschodniej. Skala naruszeń przepisów, a także liczba bezpośrednich zagrożeń ujawnionych podczas kontroli małych placów budów, w ramach realizacji tematu 121C, wskazuje na konieczność działań mających na celu dostosowywanie do standardów europejskich także tego „mniejszego” rynku budowlanego.

6.1. Zaproponowane działania prewencyjne

Podczas prowadzonych kontroli małych placów budów w temacie 121C inspektorzy pracy udzielili 1434 porad technicznych, które dotyczyły między innymi:

- prac szczególnie niebezpiecznych, w tym prac na wysokości,
- rusztowań (montaż, odbiór rusztowań, uprawnienia montażystów i osób odbierających rusztowania),
- przygotowania do pracy (dobór środków ochrony indywidualnej, szkoleń z zakresu BHP, orzeczeń lekarskich),
- zagospodarowania terenu budowy (zabezpieczenie terenu budowy, dróg komunikacyjnych składowania i magazynowania materiałów na terenie budów),
- przygotowania i organizacji budowy w tym oceny ryzyka zawodowego, instrukcji bezpiecznego wykonywania robót oraz bezpośredniego nadzoru nad bezpieczeństwem i higieną pracy na stanowiskach pracy,
- odpowiedzialności osób sprawujących nadzór na terenie budowy.

6.2. Ocena stanu przestrzegania przepisów

Należy zwrócić szczególną uwagę na skalę oraz przyczyny naruszeń prawa. Według inspektorów są to:

• tolerowanie odstępstw od zasad bezpieczeństwa podczas organizacji i nadzoru prac na terenie prowadzonych budów przez:

- pracodawców i przedsiębiorców,
- osoby kierujące i nadzorujące prace ze strony pracodawców i przedsiębiorców jak: majster, brygadzysta, osoba prowadząca pracę, organizator pracy,
- kierowników budów, którzy na terenie małych budów są, bo „muszą”, bo tak stanowi prawo lub podpisana umowa z inwestorem tj. konieczność ustanowienia kierownika budowy (lub robót), który musi być wpisany do dziennika budowy,
- niska świadomość z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy przedsiębiorców powierzających wykonywanie prac na innej podstawie niż stosunek pracy (umowy zlecenia, bardzo często ustne umowy zlecenia). Przepisy zaczyna się przestrzegać w momencie kontroli lub po zaistniałych wypadkach;
- lekceważenie zagrożeń przez pracowników, pracodawców i przedsiębiorców, wynikające z niskiej świadomości potrzeby zapewnienia odpowiedniego poziomu BHP, a także z braku nawyków bezpiecznej pracy. Traktowanie zabezpieczeń jako zło konieczne, które tylko przeszkadza w pracy;
- niska jakość prowadzonych szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy. Bardzo często szkolenia z zakresu BHP są, bo muszą być. Szkolenia prowadzą BHP-owcy, którzy nie mają pojęcia o zagrożeniach występujących na budowach (brak doświadczenia), wypisują zaświadczenia jakiego sobie życzą pracodawcy lub przedsiębiorcy („mają być takie, żeby PIP nie miał się czego czepić”).

Z kolei, według wykonawców, przyczynami naruszeń prawa są:

- kłopoty finansowe wynikające z zatorów płatniczych za wykonane usługi budowlane, z przerzucenia części kosztów związanych z budową na wykonawców (niepłacenie za prace dodatkowe itp.), kosztów związanych z pandemią COVID-19, która „wywróciła” rynek pracy w budownictwie (wielu pracodawców zaczyna odrabiać straty spowodowane dodatkowymi kosztami na maseczki, środki dezynfekujące, zmiany organizacyjne itp.) oraz niskimi stawkami za roboty budowlane;
- wysokie koszty utrzymania pracownika, tj. szkolenia BHP, szkolenia dozorowe, szkolenia dotyczące uprawnień kwalifikacyjnych do obsługi maszyn i urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych, badania lekarskie, środki ochrony osobistej, ubezpieczenia (bardzo często przygotowanie pracownika do pracy sięga granicy około 2–2,5 tysiąca złotych, a pracownik pracuje tylko kilka dni i „znika” z firmy);
- mała odpowiedzialność (brak konsekwencji) pracowników za nieprzestrzeganie przez nich przepisów BHP;
- niedostosowane przepisy prawne do zmieniających się potrzeb na rynku pracy. Dotyczy to przepisów nakładających szereg obowiązków na przedsiębiorców niezależnie od ich wielkości (dotyczy to zarówno przepisów podatkowych jak i ubezpieczeniowych).

Według inspektorów i pracodawców (organizatorów prac), przyczynami naruszeń prawa pracy są:

- brak wykwalifikowanych pracowników na rynku pracy na potrzeby budownictwa,
- zatrudnianie przez pracodawców i przedsiębiorców pracowników na umowach „śmieciowych lub na czarno”,
- naganne postępowanie inwestorów lub głównych wykonawców na terenie budów, którzy kierują się głównie zyskiem liczącym jako oszczędność na procesie budowy bez uwzględnienia koniecznych nakładów np. na bezpieczeństwo.

7. Podsumowanie

Na podstawie wyników z przeprowadzonych kontroli sformułowano poniższe wnioski o charakterze legislacyjnym i prewencyjnym.

- Należy wprowadzić zmiany legislacyjne w sposobie zatrudniania pracowników. Z uwagi na specyfikę prowadzonych prac (np. prace szczególnie niebezpieczne), na terenie budów powinni być zatrudnieni pracownicy tylko na podstawie umów o pracę oraz powinien być zapewniony stały nadzór. Na skontrolowanych budowach w czerwcu 2023 r. pracowało 583 pracowników. W ramach stosunku pracy zatrudnionych było 357 (tj. 61% zbadanych), natomiast na podstawie umów cywilnoprawnych 226 osób (tj. 39% zbadanych).
- Należy wprowadzić zmiany legislacyjne dotyczące zgłaszania pracowników do ubezpieczenia społecznego. Pracownik pracujący na budowie powinien być zgłoszony do ubezpieczenia społecznego w momencie rozpoczęcia pracy, a nie w terminie do 7 dni. Bardzo często pracodawcy, czy też przedsiębiorcy tłumaczą się, iż pracownik pracuje od wczoraj na podstawie ustnej mowy zlecenie i mają jeszcze 6 dni na zgłoszenie pracownika do ubezpieczenia.
- Włączyć inne instytucje w działania prewencyjne, zwłaszcza organów samorządowych wydających pozwolenia na budowę (np. opracować broszury informacyjne dotyczące dobrych praktyk stosowanych podczas procesu budowlanego, spełnienia podstawowych obowiązków inwestorów z zakresu bhp przed rozpoczęciem robót budowlanych).
- Prowadzić działania medialne z przeprowadzonych akcji, np. informacja dotycząca statystyk nieprawidłowości z podaniem najbardziej „niebezpiecznych prac” – prac, w których było najwięcej naruszeń przepisów prawa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wytyczne do tematu nr 121C 3-letniej strategii Państwowej Inspekcji Pracy dla budownictwa na lata 2022–2024
- [2] Hoła B., Szóstak M., Analysis of the State of the Accident Rate in the Construction Industry in European Union Countries, Archives of Civil Engineering 61, 2015, str. 19–34
- [3] Haslam R., Hide S., Gibb A., Gyi D., Pavitt T., Atkinson S., Duff A., Contributing factors in construction accidents, Applied Ergonomics 36, 2005, str. 401–415
- [4] Hoła, B.; Szóstak, M. Analysis of the development of accident situations in the construction industry, Procedia Engineering 91, 2014, str. 429–434
- [5] Lin Y., Chen C., Wang T., Fatal occupational falls in the Taiwan construction industry, Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers 2/2011, str. 586–596
- [6] López Arquillos A., Rubio Romero J., Gibb A., Analysis of construction accidents in Spain, 2003–2008, Journal of Safety Research, 43, 2012, 381–388

Utrudnienia w realizacji inwestycji tramwajowych z uwagi na zagrożenia wynikające z zachowań osób trzecich

Difficulties in implementing tram investments due to threats resulting from the behavior of third parties

mgr inż. Magdalena Skiba (ORCID: 0000-0001-7998-4767), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9382

Streszczenie: Realizacja inwestycji tramwajowych jest niezwykle skomplikowana nie tylko ze względu na liniowość obiektu, ale przede wszystkim z uwagi na prowadzenie robót w zwartej zabudowie miejskiej. Intensywność ruchu pojazdów oraz pieszych powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa udziału osób trzecich w zdarzeniach niebezpiecznych na terenie budowy. Artykuł przedstawia analizę wybranych zagadnień oraz zdarzeń z udziałem osób trzecich, które wystąpiły podczas realizowania inwestycji tramwajowych na terenie Wrocławia. Zwrócono uwagę na utrudnienia wprowadzone dla pieszych na czas realizowanych inwestycji w ramach zastępczej organizacji ruchu. Uznano je za główną przyczynę powstawania wskazanych zdarzeń.

Słowa kluczowe: obiekt liniowy, torowisko tramwajowe, zastępcza organizacja ruchu.

Abstract: The implementation of tram investments is extremely complicated not only due to the linearity of the facility, but above all due to the execution of works in a compact urban tissue. The intensity of vehicle and pedestrian traffic increases the likelihood of third party involvement. The article presents an analysis of selected issues and events involving third parties that occurred during the implementation of tram investments in Wrocław. Attention was drawn to the difficulties introduced for pedestrians for the duration of the investments under replacement traffic organization. They were considered the main cause of the occurrence of the indicated events.

Keywords: linear structure, tram track, temporary traffic organization.

1. Wprowadzenie

Inwestycje drogowo-tramwajowe prowadzone w ścisłym centrum miasta powodują szereg utrudnień zarówno dla wykonawców, jak i użytkowników infrastruktury drogowej. Ograniczone miejsce na realizację prac wymusza stosowanie nietypowych rozwiązań czasowej organizacji ruchu, która w znaczący sposób komplikuje płynne przemieszczanie się, zwłaszcza dla pieszych i rowerzystów[1].

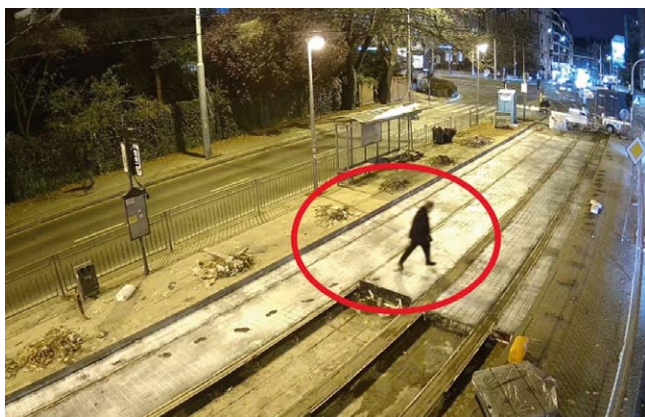
W związku z prowadzonym od 2020 roku programem modernizacji infrastruktury tramwajowej we Wrocławiu gwałtownie wzrosła liczba realizowanych inwestycji [2]. Większość zadań zaplanowano w bliskim rejonie głównych ciągów komunikacyjnych, powodując szereg utrudnień związanych z zastępczą organizacją ruchu. Radykalne zmiany wprowadzane dla użytkowników – zarówno pieszych jak i kierowców – były przyczyną licznych zdarzeń, przede wszystkim z udziałem pieszych i rowerzystów. Wśród nich wymienić można zarówno sytuacje związane z bezpośrednim zagrożeniem życia, takie jak pobicia pracowników przez osoby trzecie, jak również sytuacje o mniejszym znaczeniu, takie jak kradzieże pojazdów i sprzętu budowlanego, a także

wtargnięcia pieszych i rowerzystów na teren budowy. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na wpływ tymczasowej organizacji ruchu na możliwość pojawienia się nieprzepisowych zachowań osób trzecich. Dokonano analizy na podstawie wybranych inwestycji tramwajowych realizowanych na terenie Wrocławia.

2. Przykłady zachowań osób trzecich

2.1. Przegląd zdarzeń niebezpiecznych z udziałem osób trzecich

Wraz ze wzrostem liczby prowadzonych zadań inwestycyjnych na terenie Wrocławia rośnie prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń z udziałem osób trzecich. Realizowane zadania remontowe wiążą się z licznymi utrudnieniami dla wszystkich użytkowników. Utrudnienia dla pieszych, zwykle polegające na wydłużeniu zmienionej trasy, stanowią najwyższy stopień uciążliwości, ponieważ powodują konieczność zwiększenia nakładów czasu oraz wysiłku fizycznego. Mnogość czynników, takich jak pośpiech, rutyna czy brak koncentracji, powodują liczne, często niecelowe, wtargnięcia na teren budowy. Zdarzenia te miały



Rys. 1. Wejście pieszego na teren budowy przy ul. Wyszyńskiego



Rys. 2. Wejście pieszego na teren budowy na skrzyżowaniu ul. Legnickiej i ul. Bolesławieckiej (DOLMED) oraz spowodowane uszkodzenia nawierzchni



Rys. 3. Wjechanie rowerzysty na teren budowy na skrzyżowaniu ul. Mickiewicza i ul. Wajdy

miejsce między innymi podczas realizacji następujących zadań na terenie Wrocławia.

- Montaż zwrotnicy nr BN 209/3 wraz z wymianą nawierzchni na przystanku tramwajowo-autobusowym „Ogród Botaniczny” (rys. 1).
- Wymiana łuków na skrzyżowaniu ul. Legnickiej z ul. Bolesławiecką w ciągu ul. Złotoryjskiej (rys. 2).
- Wykonanie robót budowlanych dla Zadania: Wymiana rozjazdów w węzle Most Zwierzyniecki – ul. Mickiewicza wraz z prawem opcji (rys. 3).

2.2. Analiza zachowań osób trzecich na wybranej inwestycji tramwajowej we Wrocławiu

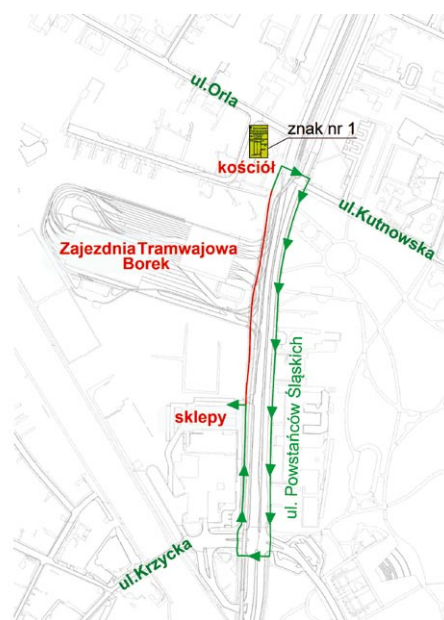
Zadanie prowadzone od maja do sierpnia 2022 roku obejmowało wymianę nawierzchni torowej, montaż rozjazdów oraz zabudowę torowiska w pasie drogowym w ciągu ul. Powstańców Śląskich. Związane było z inwestycją zaplanowaną w dalszym etapie obejmującą przebudowę zajezdni (rozpoczęcie w listopadzie 2022 r.). Obie inwestycje miały na celu poprawę realizacji zadań przewozowych oraz zwiększenie przepustowości Zajezdni Tramwajowej Borek poprzez dodanie nowych torów i rozjazdów wraz z utworzeniem dodatkowych relacji skrotnych.

Pięć nowych połączeń komunikacyjnych wykonanych w ramach powyższego zadania oznaczono na rysunku 4 kolorem czerwonym. Kolorem zielonym oznaczono trzy nowe tory zaplanowane w ramach przebudowy zajezdni realizowanej podczas kolejnej inwestycji.



Rys. 4. Nowe relacje wykonane w ramach zadania

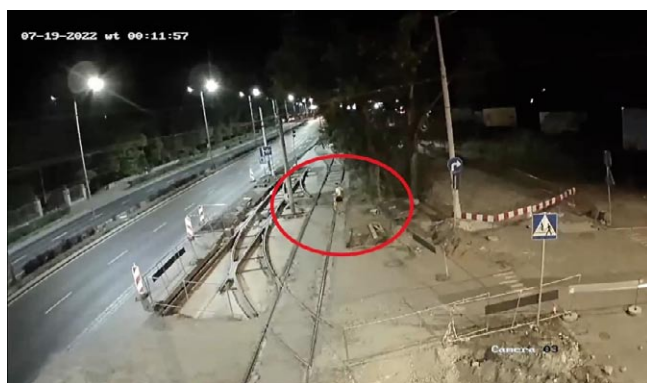
Uproszczony plan sytuacyjny przedstawia rysunek 5. Oznaczono najważniejsze punkty: Zajezdnię Tramwajową Borek, kościół oraz obszar usługowo-handlowy (sklepy, stacja paliw). Na potrzeby realizacji powyższej inwestycji wyłączono



Rys. 5. Fragment ul. Powstańców Śląskich we Wrocławiu obejmujący analizowane zadanie

z ruchu pieszo-rowerowego odcinek o długości około 300 m od kościoła znajdującego się przy ul. Powstańców Śląskich 199 do wjazdu na teren parkingu sklepu Lidl. Na rysunku odcinek wyłączony z ruchu oznaczono kolorem czerwonym. Na zielono oznaczono trasę zastępczą o długości ok. 900 m. Znak (rys. 6) informujący o zmienionej trasie umiejscowiono w ciągu chodnika zachodniego wzdłuż ul. Powstańców Śląskich na wysokości kościoła.

Projekt organizacji ruchu zastępczego został wykonany i wyniesiony w terenie na zlecenie wykonawcy po wcześniejszym zatwierdzeniu przez Wydział Inżynierii Miejskiej w Urzędzie Miejskim Wrocławia. Z uwagi na liniowy zakres prac na całym remontowanym odcinku



Rys. 7. Rowerzysta na terenie budowy

konieczne było wyłączenie ruchu pieszych i rowerzystów. W celu zabezpieczenia terenu budowy przed dostępem osób trzecich zastosowano wygradzenie w postaci znaków zakazu B-9 tj. „zakaz wjazdu rowerów” i B-41 tj. „zakaz ruchu pieszych” oraz zapór U-20. Zastosowano oznakowanie pionowe o wymiarach znaków średnich z licami odbłaskowymi wykonanymi z folii typu II generacji, tzw. plaster miodu. Znaki pionowe zostały umieszczone w taki sposób, aby dolna krawędź tarczy znajdowała się na wysokości 2,0 m od powierzchni pobocza lub 2,2 m od powierzchni chodnika.

Zgodnie z rysunkiem 5 zaplanowano alternatywne dojście dla pieszych w celu bezpiecznego dojścia pomiędzy strefą usługowo-handlową na rogu ul. Powstańców Śląskich i ul. Krzyckiej



Rys. 6. Znak nr 1

(m.in. Lidl, Rossmann) a osiedlem w rejonie kościoła. Trasa zastępcza spowodowała, że piesi i rowerzyści zostali zmuszeni do pokonania odcinka o 600m dłuższego niż dotychczasowy.

Ze względu na zamknięcie dotychczasowego ciągu komunikacyjnego wzdłuż zachodniej strony ul. Powstańców Śląskich wielokrotnie dochodziło do wtargnięcia osób niepożądanych na teren budowy. Piesi i rowerzyści bardzo często nie stosowali się do wprowadzonych znaków (rys. 6). Wymuszony objazd drugą stroną ulicy był nienaturalny dla mieszkańców z pobliskich osiedli oraz stałych użytkowników wyłączzonego ciągu komunikacyjnego. Na monitoringu z budowy zaobserwowane osoby trzecie sprawiają wrażenie zaskoczonych i zdezorientowanych (rys. 7).

3. Skutki ingerencji osób trzecich

Założono, że wszystkie zagrożenia dla ruchu zewnętrznego (m.in. piesi, rowerzyści, samochody) wynikające z zakresu prowadzonych prac zostały wyeliminowane poprzez zaprojektowaną zastępczą organizację ruchu. Podczas wszystkich analizowanych inwestycji wprowadzono oznakowanie pionowe (m.in. znaki ostrzegawcze, znaki informacyjne) oraz elementy bezpieczeństwa ruchu drogowego (zapory, zastawy, tablice skrajniowe, pacholki itp.) zgodnie z obowiązującymi przepisami [10–13].

Wtargnięcie pieszych i rowerzystów na teren budowy wynikało z rutyny i pośpiechu, jednak ze względu na projektowany rodzaj konstrukcji, tj. nawierzchnię betonową, ingerencja osób trzecich zwykle powodowała jej trwałe uszkodzenie (rys. 8-10).

4. Podsumowanie

W artykule przedstawione zdarzenia z udziałem pieszych i rowerzystów odnotowane podczas realizowanych inwestycji tramwajowych na terenie Wrocławia. Pomimo zastosowanego oznakowania oraz wygradzenia nie udało się uniknąć wtargnięcia osób trzecich na teren budowy. Wprowadzenie zastępczej organizacji ruchu skutkujące przerwaniem stałych ciągów pieszo-jezdnych oraz zastąpieniem ich nowymi trasami powodowało niepokój i zdezorientowanie użytkowników.

Czasowe obejścia na potrzeby realizowanych remontów są powszechnie stosowanym rozwiązaniem. Podobne ingerencje w trasy pieszo-rowerowe wprowadzano również w innych miastach, między innymi w Krakowie [4], Warszawie [5], Szczecinie [6] i Poznaniu [7]. Utrudnienia dla pieszych są niemożliwe do uniknięcia, należy jednak pamiętać, aby taki rodzaj rozwiązań



Rys. 8. Uszkodzenie nawierzchni na ul. Wyszyńskiego



Rys. 9. Uszkodzenie nawierzchni na ul. Wyszyńskiego

ograniczać do bezwzględnego minimum. Podczas planowania robót zlokalizowanych w centrum miasta oraz w pobliżu ważnych ciągów komunikacyjnych powinno się zwracać szczególną uwagę na prawidłowe zabezpieczenie i wygrozdzenie terenu budowy.



Rys. 10. Uszkodzenie nawierzchni na skrzyżowaniu ul. Mickiewicza i ul. Wajdy

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dąbrowski G., Torowiska tramwajowe – roboty budowlane, cz. II. Inżynier Budownictwa 7–8/2017, pełna wersja artykułu: <https://inzynierbudownictwa.pl/torowiska-tramwajowe-roboty-budowlane-pejna-wersja-artykulu/> (dostęp 17.07.2023 r.)
- [2] Skiba M., The selection analysis of solutions of temporary tram traffic organisation employed in Wrocław, Transport Problems, tom 18, 1/2023
- [3] Maciejewski A., Prawidłowa ochrona placu budowy, Inżynier budownictwa 11/2017
- [4] <https://krknews.pl/budowa-tramwaju-do-gorki-narodowej-kolejne-utrudnienia-dla-pieszacych-i-kierowcow/> (dostęp 04.03.2023 r.)
- [5] https://www.rdc.pl/aktualnosci/warszawa/utrudnienia-na-woli-w-zwiazku-z-budowa-tramwaju-na-kasprzaka-nowa-organizacja-ruchu-do-konca-roku_GJ1se3kuQnW5UDy9C3dE (dostęp 04.03.2023 r.)
- [6] <https://szczecin.se.pl/tramwaje-na-chwile-znikna-z-placu-zwyciestwaduze-zmiany-w-centrum-szczecina-aa-Uy8t-Y2Zn-Znbd.html> (dostęp 04.03.2023 r.)
- [7] <https://tramwajanaramowice.pl/2022/09/05/wylaczenie-z-ruchu-fragmentu-ciagu-pieszko-rowerowego-nad-ul-lechicka/> (dostęp 04.03.2023 r.)
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane.
- [10] Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych (Dz.U. Nr 2019, poz. 2310)
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz.U. Nr 220, poz. 2181 ze zm.)
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 września 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków zarządzania ruchem oraz wykonywania nadzoru nad tym zarządzaniem (Dz.U. z 2017 r., poz. 784 ze zm.)
- [13] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2020 r. poz. 110 z późn. zm.)

XX JUBILEUSZOWA MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

„Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym” (XX Jubilee International Scientific-Technical Conference “Materials and Energy Saving Technologies – Constructions of Optimized Energy Potential”) organizowana przez Katedrę Inżynierii Procesów Budowlanych, Wydziału Budownictwa Politechniki Częstochowskiej, **odbędzie się w dniach 8 -10 listopada 2023 r.** Konferencja jest organizowana w formie hybrydowej.

Bloki tematyczne konferencji

- Teoretyczne i metodyczne podstawy budownictwa energooszczędnego
- Energooszczędna i energetycznie aktywna architektura
- Konstrukcje budowlane, materiały i technologie energooszczędne
- Audyty, certyfikacja energetyczna i termomodernizacja konstrukcji budowlanych
- Mikroklimat wnętrza, komfort cieplny człowieka w pomieszczeniach i zdrowie człowieka
- Akustyka miejska i budowlana
- Aerodynamika obszarów miejskich
- Budownictwo hydrotechniczne
- Efektywne wykorzystanie wody i zieleni w przestrzeni miejskiej
- Odnawialne i alternatywne źródła energii wykorzystywane w budownictwie
- Zaopatrzenie w wodę i ciepło, wentylację i klimatyzację
- Wykorzystanie materiałów odpadowych w zrównoważonym budownictwie

Materiały prezentowane podczas konferencji, w formie artykułów, po uzyskaniu pozytywnych recenzji będą publikowane w różnych czasopismach, w tym czasopiśmie „Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym – Construction of Optimized Energy Potential (70 pkt).

Szczegółowe informacje: <https://wb.pcz.pl/nauka/conference-materials-and-energy-saving-technologies>

Formalne i praktyczne kwalifikacje koordynatora bezpieczeństwa i higieny pracy na terenie budowy

Formal and practical qualifications of the occupational health and safety coordinator on the construction site

dr Dariusz Smoliński (ORCID: 0009-0009-3439-884X), Uniwersytet Pomorski w Słupsku, Państwowa Inspekcja Pracy, Okręgowy Inspektorat Pracy w Gdańsku

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9383

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań odnoszące się do kwalifikacji, wiedzy i umiejętności kierowników budowy w obszarze zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, w tym sporządzania planów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Przedstawiono także propozycję ram kształcenia dla koordynatorów w obszarze bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w budownictwie.

Słowa kluczowe: budownictwo, plan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, bezpieczeństwo pracy, koordynator bezpieczeństwa i higieny pracy, ramy kształcenia.

Abstract: The article presents the results of research relating to the qualifications, knowledge and skills of site managers in the area of occupational health and safety management, including the preparation of health and safety plans. A proposal for a training framework for coordinators in the field of safety and health in construction was also presented.

Keywords: construction, health and safety plan, occupational safety, occupational health and safety coordinator, educational framework.

1. Wprowadzenie

Koordinacja w obszarze bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w założeniu miała stać się kluczowym elementem zapewnienia poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy na tymczasowych lub ruchomych placach budowy (art. 208 par. 1 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy – Dz.U. z 2022 r., poz. 1510 ze zm. oraz z 2023 r. poz. 64). W celu realizacji zadania wprowadzono do europejskiego prawa funkcję koordynatora do spraw bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na etapie przygotowania inwestycji oraz koordynatora na etapie realizacji inwestycji. Wywiązywanie się kierowników budowy z obowiązku koordynacji w obszarze bezpieczeństwa pracy budzi wiele zastrzeżeń. Jedną z kluczowych przyczyn takiego stanu jest niedostateczne kształcenie osób mających sprawować samodzielne funkcje w budownictwie w obszarze opracowywania planów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

2. Kompetencje kierownika budowy w obszarze bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

Z uwagi na bezpośrednie przypisanie kierownikowi budowy szeregu obowiązków koordynatora BIOZ powinien on posiadać niezbędną wiedzę i umiejętności w obszarze zarządzania bezpieczeństwem pracy na etapie

wykonywania inwestycji, w tym sporządzania planów BIOZ [1]. Powszechnie przyjmuje się, że koordynator powinien między innymi [1]:

- znać techniki i procesy budowlane,
- wiedzieć, jak pracować nad optymalizacją kosztów,
- posiadać gruntowną wiedzę z zakresu BHP,
- być dobrym negocjatorem,
- być w stanie komunikować się i być skutecznym w swojej pracy,
- dobrze odnosić się do wszystkich uczestników procesu.

Oznacza to, że kompetencje koordynatora BIOZ nie są jedynie kompetencjami inżynierskimi z zakresu budownictwa uzupełnionymi o elementy zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie, lecz szeregiem innych kompetencji z obszaru zarządzania zasobami ludzkimi, ekonomii i psychologii. Pomimo tego kwestie kształcenia koordynatorów BIOZ nie znalazły swojego odzwierciedlenia w europejskich i polskich ramach kwalifikacji [7]. Międzynarodowa Organizacja Koordynatorów ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Budownictwie w 2021 roku wskazała na potrzebę opracowania i wdrożenia jednolitego standardu kształcenia w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy przy robotach budowlanych [8]. Aby sprostać tej potrzebie, ISHCCO¹ stworzyło ramy kwalifikacji dla

¹ <https://www.ishcco.org/ishcco-qualification-framework/> (dostęp 1.04.2023)

koordynatorów [9]. Standard ten jednak nie został dotychczas wdrożony.

Oddzielną kwestią jest okresowe uzupełnianie wiedzy i umiejętności kierowników budowy w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy. Kierownicy budowy co do zasady powinni co 5 lat odbywać szkolenie okresowe dla osób kierujących pracownikami z uwagi, że ich praca wiąże się z odpowiedzialnością w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy [10]. Brak jest jednak wytycznych w zakresie programu takiego szkolenia adresowanego do osób sprawujących samodzielne funkcje w budownictwie w zakresie kierowania robotami budowlanymi i wypełniania obowiązków koordynatora BIOZ.

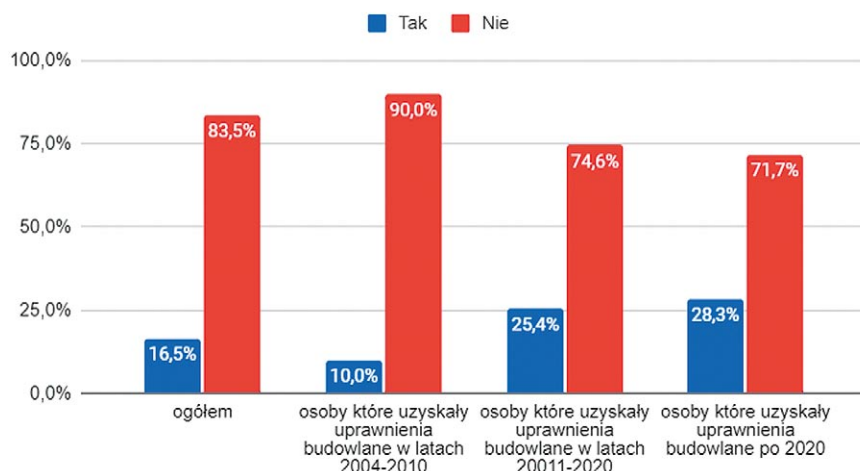
Ramowy program szkolenia nie uwzględnia specyfiki tej grupy zawodowej. Przepisy nie wskazują, że szkolenie okresowe musi obejmować takie zagadnienia, jak opracowywanie planu BIOZ; zarządzanie bezpieczeństwem pracy przy robotach budowlanych; przepisy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w budownictwie. Przepisy nie wskazują także listy kompetencji jakie należy nabyć w ramach szkolenia [11].

3. Cel badań

Wypełnienie funkcji koordynatora bezpieczeństwa i ochrony zdrowia wymaga od kierownika budowy specjalistycznej wiedzy i umiejętności. Celem badania było uzyskanie informacji w zakresie źródeł wiedzy uzyskiwanej przez kierowników budowy w obszarze zarządzania bezpieczeństwem pracy, w tym opracowywania planów BIOZ, a także samooceny posiadanych kompetencji w tym obszarze.

4. Zakres badania

Badanie ankietowe zostało przeprowadzone za pośrednictwem Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, która drogą e-mailową rozesłała do członków izby prośbę o wypełnienie ankiety. Anonimowa anketa została skierowana do osób posiadających uprawnienia do pełnienia samodzielnych funkcji w budownictwie w zakresie kierowania pracami budowlanymi. W ankiecie zadano 11 pytań odnoszących się do okresu, w którym ankietowany uzyskał uprawnienia budowlane, posiadanego wykształcenia i posiadanych szkoleń obejmujących kwestie opracowywania planów BIOZ oraz zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy na budowie, źródeł z jakich ankietowani korzystają przy pozyskiwaniu wiedzy z obszaru BHP, samooceny w obszarze wiedzy i umiejętności w badanym obszarze, oceny przydatności planów BIOZ w zarządzaniu budową.



Rys. 1. Zajęcia w zakresie sporządzania planów BIOZ w trakcie nauki zawodu; źródło: opracowanie własne

5. Wyniki badań

Ankieta została wypełniona² przez 908 osób³ pełniących samodzielne funkcje w budownictwie w obszarze kierowanie budową lub innymi robotami budowlanymi. Wśród ankietowanych 38% stanowiły osoby, które uprawnienia budowlane uzyskały przed 2004 r., tj. w okresie poprzedzającym wejście do polskiego prawa przepisów w zakresie opracowywania planów BIOZ. Pozostałe 62% ankietowanych uprawnienia budowlane uzyskało już w okresie obowiązywania przepisów wprowadzonych zgodnie z dyrektywą w sprawie wdrożenia minimalnych wymagań bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na tymczasowych lub ruchomych budowach.

Niecałe 17% ogółu ankietowanych wskazało, że w trakcie nauki zawodu na poziomie średnim (technikum) lub wyższym (studia) miało zajęcia związane z opracowywaniem planów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ). Z oczywistych powodów osoby kształcące się przed 2024 r., co do zasady, nie miały zajęć z obszaru tworzenia planów BIOZ. Odsetek osób odbywających takie zajęcia wzrasta w przypadku osób uzyskujących uprawnienia w późniejszym okresie, aż do 28% w przypadku osób uzyskujących uprawnienia po 2020 roku. 12% osób, które nie miały w ramach nauki zawodu zajęć z obszaru planów BIOZ, uzupełniło swoją wiedzę w tym obszarze w ramach kursów lub studiów podyplomowych. Daje to łącznie niespełna 30% ankietowanych, którzy zdobyli w ramach kształcenia szkolnego, akademickiego lub kursów specjalistycznych wiedzę w obszarze sporządzania planów BIOZ. Szkolenia okresowe w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy dla osób kierujących pracownikami odbyło 86% badanych. Ankietowani oceniając jakość odbytych szkoleń z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy, wskazali, że w 54% tych szkoleń zagadnienia z obszaru planów BIOZ nie były poruszane;

² Ankieta była dostępna w okresie od 17.03.2023 do 30.03.2023.

³ Liczba członków izby wynosi około 120 tys.

26% ankietowanych wskazało, że pomimo omawiania danego zagadnienia, poziom jego omówienia był na niezadowalającym poziomie; 20% ankietowanych wskazało, że tematyka była omówiona w trakcie szkolenia na zadowalającym poziomie.

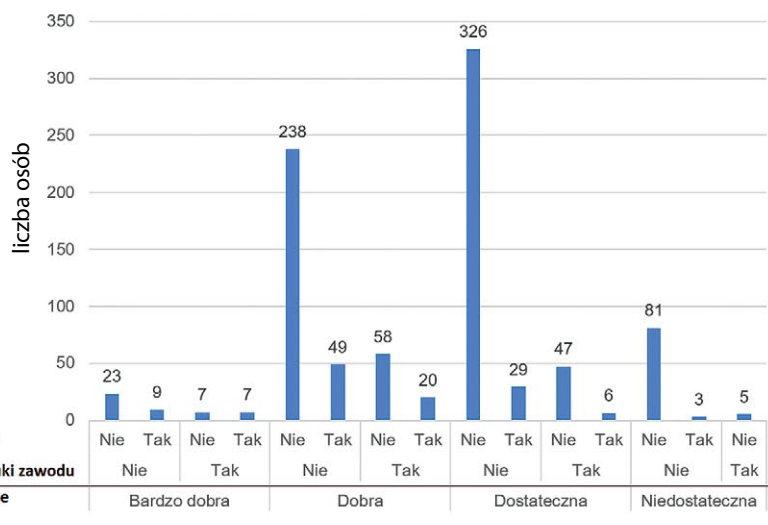
Głównym źródłem wiedzy w zakresie sporządzania planów BIOZ jest wzorowanie się na materiałach zamieszczonych w internecie (59%) oraz wzorowanie się na dokumentach sporządzanych przez inne osoby (83%). Literatura fachowa stanowi źródło informacji w około 39%.

Znacząca większość ankietowanych (90%) oceniła swoją wiedzę i umiejętności w obszarze sporządzania planów BIOZ na poziomie przynajmniej dostatecznym, w tym około 45% na poziomie przynajmniej dobrym, a 5% na poziomie bardzo dobrym. Na poziomie niedostatecznym swoją wiedzę i umiejętności oceniło około 10% ogółu badanych. W przypadku osób, które ukończyły szkolenia w zakresie sporządzania planów BIOZ odsetek osób pozytywnie oceniających swoją wiedzę i umiejętności był nieco

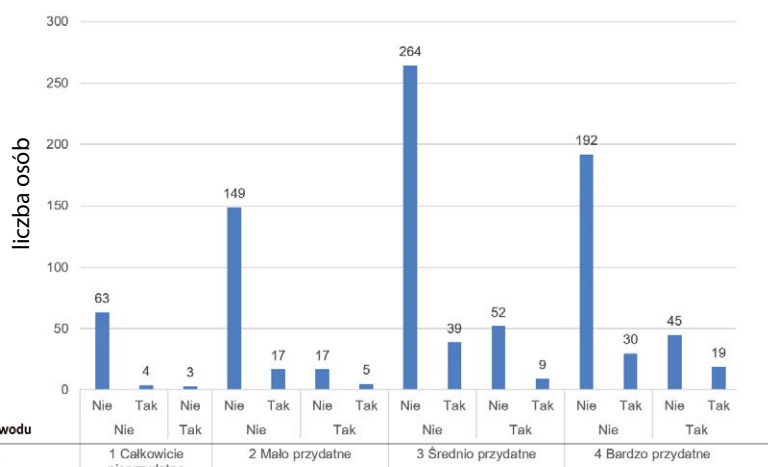
wyższy i wynosił ponad 96%, w tym większość (53%) swoją wiedzę i umiejętności oceniła na poziomie dobrym. W grupie osób, które nie ukończyły żadnego szkolenia w obszarze sporządzania planów BIOZ, odsetek osób pozytywnie oceniających swoją wiedzę i umiejętności wynosił blisko 90%. W danej grupie większość oceniła swoją wiedzę i umiejętności na poziomie dostatecznym (46%).

Przynajmniej dostateczne przygotowanie w obszarze zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy na placu budowy wskazało 95% ankietowanych. Największa grupa 52% ankietowanych wskazała na przynajmniej dobrą samoocenę przygotowania w tym obszarze. Najmniejszy odsetek (5%) badanych wskazał na niedostateczne przygotowanie do zarządzania bezpieczeństwem pracy na budowie.

Większości przypadków plany BIOZ sporządzają samodzielnie kierownicy budowy – 79% ankietowanych. W pozostałych przypadkach plany BIOZ są zlecane zazwyczaj służbie BHP. Sporządzanie planów BIOZ jako bardzo przydatne w procesie zarządzania budową wskazało 32% ankietowanych. Największa grupa ankietowanych (40%) wskazała, że sporządzanie



Rys. 2. Zależność między samooceną w zakresie sporządzania planów BIOZ a formalnym wykształceniem w tym obszarze; źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Przydatność planów BIOZ w zakresie zarządzania procesem budowlanym; źródło: opracowanie własne

planów BIOZ jest średnio przydatne. Jako mało przydatne deklaruje 21%. Jako całkowicie nieprzydatne deklaruje 8% ankietowanych. Osoby, które nie miały formalnej edukacji w obszarze sporządzania planów BIOZ, nieco słabiej oceniają przydatność tych planów niż osoby, które ukończyły edukację w tym zakresie.

6. Dyskusja

Badanie jednoznacznie wykazało, że mniej niż 30% osób pełniących samodzielne funkcje w budownictwie w ramach kształcenia lub doksztalcania zawodowego miała zajęcia związane z sporządzaniem planów BIOZ. Wskaźnik ten nie ulega poprawie w przypadku osób aktualnie kończących edukację i uzyskujących uprawnienia budowlane. Oznacza to, że znacząca większość kierowników budowy nigdy nie kształciła się w obszarze sporządzania planów BIOZ. Stanu tego nie zmienia uczestnictwo w szkoleniach z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy dla osób kierujących pracownikami, gdyż jedynie 20% przypadkach szkolenia te na zadowalającym poziomie

informują uczestników w obszarze opracowywania planów BIOZ. Równocześnie ponad połowa ankietowanych wskazywała, że głównymi źródłami wiedzy są informacje zamieszczone w internecie oraz wzorowanie się na dokumentach sporządzanych przez inne osoby. Literatura fachowa oraz materiały pozyskane w trakcie formalnego szkolenia wykorzystywane są przez mniej niż połowę ankietowanych.

Pomimo powyższych niedostatków edukacyjnych około 45% ankietowanych ocenia swoją wiedzę i umiejętności w obszarze sporządzania planów BIOZ na poziomie przynajmniej dobrym. Tyle samo (około 45%) poziom wiedzy i umiejętności ocenia jako dostateczny. Jedynie niecałe 10% ankietowanych swoją wiedzę i umiejętności w tym obszarze ocenia jako niedostateczną. Powyższa samoocena stoi w wyraźnej sprzeczności z obiektywną oceną opracowywanych planów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, zgodnie z którą jedynie około 13% planów BIOZ można uznać za spełniające wymagania prawne [16]. Wydaje się, że rozbieżność ta może wynikać z braku obiektywnego punktu odniesienia. Zgodnie z teorią Dunninga-Krugera osoby o ograniczonej wrażliwości w badanym obszarze często przeceniają swoje umiejętności. Ankietowani porównując się z innymi osobami, uznawali, że ich stan wiedzy i umiejętności nie jest niższy niż innych osób wykonujących samodzielne czynności w budownictwie. Efekt ten może być potęgowany przez brak dobrych wzorców w literaturze fachowej. Dodatkowo niewielka aktywność organów kontroli i nadzoru nad poziomem sporządzanych planów BIOZ może utrzymywać przekonanie ankietowanych, że sporządzane przez nich plany BIOZ są na stosunkowo dobrym poziomie.

Interesujące jest, że ocena przydatności planów BIOZ w procesie kierowania budową rozkłada się w przybliżeniu na 3 równe części. Pierwsza grupa wskazuje, że sporządzanie planów BIOZ jest przydatne. Drugą grupą są ankietowani, którzy mają ambiwalentny stosunek do planów BIOZ. Trzecia grupa ankietowanych uważa plany BIOZ za mało przydatne lub nieprzydatne w procesie prowadzenia budowy. Trudno się jednak oprzeć wrażeniu, że deklaracje w zakresie przydatności planów BIOZ są znacząco zawyżone do rzeczywistego stanu wykorzystania tych planów w procesie zarządzania budową. Kwestia ta niewątpliwie wymaga dalszych badań i analiz.

7. Podsumowanie

Badanie wykazało, że osoby sprawujące samodzielne funkcje w budownictwie zazwyczaj nie legitymują się formalnym przygotowaniem do sporządzania planów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz zarządzania w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy na etapie realizacji inwestycji budowlanej. Tylko niewielki procent kierujących pracami budowlanymi w trakcie nauki zawodu miało zajęcia w zakresie tworzenia planów BIOZ. Równie mały odsetek uzupełniał tę wiedzę w ramach zawodowego kształcenia uzupełniającego. Większość swoją wiedzę zdobywała w ramach edukacji nieformalnej, głównie zdobywania informacji w internecie oraz od innych

osób ze środowiska zawodowego. Taki sposób zdobywania wiedzy w wysokim stopniu wiąże się z ryzykiem, że wiedza ta będzie powierzchowna lub nierzetelna.

Wydaje się, że niezbędnym jest wzmocnienie formalnej edukacji w obszarze zarządzania bezpieczeństwem pracy na etapie realizacji inwestycji budowlanych, w tym w zakresie sporządzania planów BIOZ. Zagadnienia z tego obszaru powinny znaleźć się w programach studiów na wszystkich kierunkach inżynierii lądowej. Niezbędne jest także zwiększenie dostępności studiów podyplomowych oraz szkoleń zawodowych w obszarze zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie. Równocześnie niezbędne jest opracowanie ram kształcenia w obszarze bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w budownictwie dla kształcenia na poziomie licencjackim, magisterskim i podyplomowym.

Ważne jest także zapewnienie kształcenia okresowego dla inżynierów budownictwa w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie obejmującym zagadnienia przepisów prawnych, opracowywania planów BIOZ, zarządzania procesem budowlanym. Istotną rolę w tym procesie powinna odegrać Izba Inżynierów Budownictwa, która zrzesza osoby pełniące samodzielne funkcje w budownictwie w zakresie kierowania robotami budowlanymi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ros A. S. i in., Propozycja poprawy bezpieczeństwa w inwestycjach budowlanych poprzez wzmocnienie kompetencji koordynatorów w kwestiach BHP, *Safety Science* 54/2013 str. 92–103
- [2] Arriola R. A. i in., Uwagi techniczne dotyczące koordynacji w sprawach bezpieczeństwa i higieny robót budowlanych, Fundacja Szkoły Budowlanej, 2001
- [3] Møller J. L. i in., Kompetencje skutecznych koordynatorów BHP w projektach budowlanych. *Construction Management and Economics* 3/2021, str. 199–211
- [4] Rubio M.C. i in.: Rola inżyniera budownictwa jako koordynatora ds. bezpieczeństwa i higieny pracy w sektorze budowlanym. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 2/2008 str. 152–157
- [5] Pariafsai F. i Behzadan A. H., Podstawowe kompetencje w zakresie zarządzania projektami budowlanymi: przegląd literatury i analiza treści, *Journal of Civil Engineering Education* 4/2021
- [6] Mahmood A., Hamidaddin A. M., Shafiee M. W. M., Jakich kompetencji potrzebują kierownicy projektów? Międzynarodowa Konferencja Branży Budowlanej (ICCI), Pendang 2006, http://eprints.usm.my/2827/1/What_Competencies_Do_project_Managers_Need.pdf (dostęp 1.04.2023)
- [7] MEN, Polskie Ramy Kwalifikacji, <https://prk.men.gov.pl/polska-rama-kwalifikacji-prk-i-europejska-rama-kwalifikacji-erk/> (dostęp 1.04.2023)
- [8] Soeiro A. i in., Ramy kwalifikacji ISCCO dla koordynatorów ds. bezpieczeństwa w budownictwie. Wspólna doroczna międzynarodowa konferencja CIB WO99 i W123 2021 Zmiany i innowacje dla poprawy samopoczucia w budownictwie, Glasgow, 2021
- [9] Soeiro A., Obermaier R., Tsoulofta E., Baker P. i Bruch E., Ramy kompetencji dla bezpieczeństwa zrównoważonego budownictwa: propozycja ISHCCO, Luksemburg, 2022
- [10] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. Nr 180, poz. 1860 ze zm. oraz z 2019 r., poz. 1099), <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20041801860> (dostęp 1.04.2023)
- [11] Hardison D. i in., Identyfikacja kompetencji kierownika budowy w celu zapewnienia skutecznego bezpieczeństwa na placu budowy, *Safety Science* 65/2014, str. 45–53
- [12] Smoliński D., Praktyczne problemy związane z opracowywaniem, wdrażaniem i aktualizacją planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Część II, *Przegląd Budowlany* 93/2022

BIOZ w logistyce zaopatrzenia budowy w zasoby

BIOZ in the logistics of supplying construction resources

prof. dr hab. inż. Anna Sobotka (ORCID: 0000-0002-4477-8821), dr Dorota Pawluś (ORCID: 0000-0002-2129-6539), mgr inż. Kazimierz Linczowski (ORCID: 0000-0002-0868-1942), Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, mgr inż. Marcin Malig (ORCID: 0000-0001-8817-1557), Szpital Specjalistyczny im. Ludwika Rydygiera w Krakowie

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9384

Streszczenie: Artykuł przedstawia problematykę BIOZ logistyki zaopatrzenia budowy w zasoby, na granicy zewnętrznego łańcucha dostaw i procesów wewnętrznych, obejmujących procesy przyjęcia towarów, wjazdu i manewrowania środków transportowych, prac wyładunkowych i przeładunku na składy lub urządzenia transportu poziomego, lub pionowego wykonawcy robót. Ten obszar prac, jak wynika z przeprowadzonych badań, generuje wypadkowość i niebezpieczeństwo nie podlega właściwej uwadze uczestników przedsięwzięcia budowlanego ani też badaniom naukowym. W celu oceny stanu BIOZ w realizacji procesów zaopatrzenia budowy w zasoby wykonano badania ankietowe, a otrzymane informacje poddano analizie.

Słowa kluczowe: BIOZ na budowie, logistyka zaopatrzenia, przedsięwzięcie budowlane.

Abstract: The paper presents the problem of BIOZ of the logistics of supplying resources to the construction site, at the boundary of the external supply chain and internal processes, involving the processes of receiving goods, entry and maneuvering of the supplier's means of transport, unloading work to depots, or transshipment to the horizontal or vertical transport equipment of the works contractor. This area of work, according to the study, generates accidents and does not include the proper attention of participants in the construction project or scientific research. In order to assess the state of BIOZ in the implementation of the processes of supplying resources to the construction site, a survey was carried out, and the information obtained was analyzed.

Keywords: construction site BIOZ, procurement logistics, construction project.

1. Wprowadzenie

Nadrzędnym problemem pracy w działalności organizacji gospodarczych na budowie jest stworzenie bezpiecznych warunków pracy. W branży budowlanej w szczególności jest to podstawowa sfera bezwzględnej uwagi i troski (uwarunkowanej odpowiedzialnością prawną) każdego pracodawcy, ponieważ warunki pracy są niezwykle trudne, a statystyka wypadków śmiertelnych w pracy jest bardzo wysoka (i to pierwszego dnia pracy pracownika) [1, 2, 3].

Analiza wypadkowości i wypadków w pracy, zawarta w obszarze bezpieczeństwo i ochrona zdrowia (BIOZ) stanowi podstawowy problem. Wiele uwagi zwłaszcza w badaniach wypadkowości na budowach, ich przyczynom, zapobieganiu i innym zagadnieniom związanym z BIOZ, poświęca się głównie w odniesieniu do zasadniczych procesów/robót budowlanych, które wykonuje się na wznoszonym obiekcie [4, 5, 6]. Procesy te wspierane są procesami pomocniczymi (np. wykonywanie i przestawianie rusztowań), wśród których w dużej mierze występują procesy logistyczne, do jakich zalicza się np. transport poziomy lub pionowy wyrobów, konstrukcji, urządzeń ze składowisk do miejsca wbudowania w obiekt. Wszystkie zasoby potrzebne do budowy obiektów budowlanych są przedmiotem logistyki zaopatrzenia i dostarczane są od producentów lub ogólnie dostawców

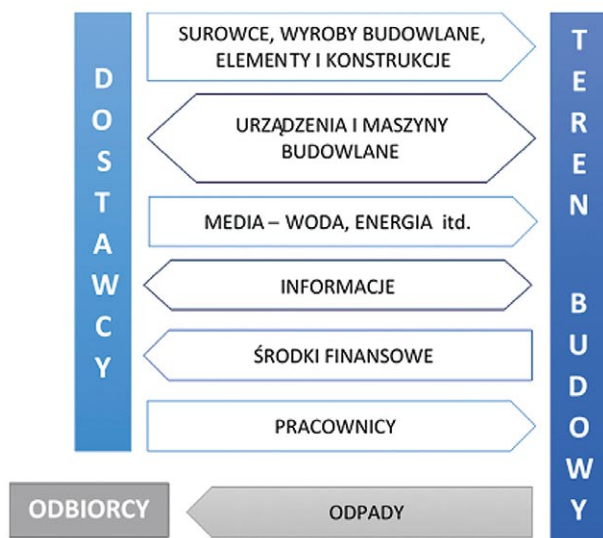
za pośrednictwem różnej konfiguracji łańcuchów logistycznych (ang. *supply chains*) [7]. W łańcuchach dostaw odbywa się wiele procesów, których wykonywanie niesie z sobą ryzyko wypadkowości i wymagają one szczególnej uwagi w zakresie zapewnienia BIOZ.

2. Logistyka budowy i logistyka strefy zaopatrzenia w zasoby

Wykonanie obiektu budowlanego wymaga dostarczenia na teren (plac) budowy ogromnych ilości wyrobów budowlanych, elementów konstrukcji obiektów, urządzeń, maszyn, wyposażenia a także pracowników (rys. 1).

Zaopatrzenie budowy w zasoby należy do obsługi logistycznej przedsięwzięcia budowlanego i sieci łańcuchów dostaw zbiegających się na terenie budowy [8]. Teren budowy, jak również fronty robót zespołów roboczych, to ostatnie ogniwo łańcuchów dostaw zasobów do wykonywania robót i obiektów budowlanych.

Na placu budowy realizowane są procesy logistyczne dwóch sfer funkcjonowania przedsiębiorstw: zaopatrzenia i produkcji. „Docierają” tu strumienie zarówno przepływów fizycznych zasobów, jak i przepływy informacji. Logistyka zaopatrzenia i produkcji są ze sobą powiązane, chociażby przestrzeganiem koncepcji zarządzania budową, które usprawniają



Rys. 1. Zasoby dostarczane na plac budowy

i redukują koszty budowy, podnosząc jakość usług budowlanych. Są to np. metoda Just-in-Time.

Zadania logistyki zaopatrzenia na placu budowy to [8]:

- zamawianie dostaw zasobów;
- przyjęcie dostaw, w tym kontrola jakości;
- zorganizowanie składów otwartych, wiat i magazynów na surowce, wyroby i konstrukcje budowlane;
- roboty przeładunkowe: rozładunek środków transportu zewnętrznego (dostawcy) i składowanie w wyznaczonych składach (placach składowych otwartych, magazynach, w wykonywanym obiekcie);
- transport pionowo-poziomy z miejsca składowania w miejsce wbudowania w obiekcie;
- zamawianie urządzeń budowlanych, wskazanie ich usytuowania, zgłoszenie do Urzędu Dozoru Technicznego w celu dopuszczenia ich do eksploatacji (tych urządzeń, które tego wymagają);
- zorganizowanie placów i miejsc parkingowych dla środków transportu kołowego i maszyn budowlanych oraz magazynów na drobny sprzęt budowlany;
- ustalenie zapotrzebowania na pracowników, zespoły i бригады robocze, zapewnienie im zaplecza administracyjno-socjalnego (biura, szatnie, umywalnie, jadalnie) a także na dużych placach budów transportu do miejsc pracy;
- zorganizowanie sieci komunikacyjnej transportowej na placu budowy i dróg dojazdowych (od istniejących do ogrodzenia placu budowy);
- zaopatrzenie budowy w wodę, energię elektryczną, instalacje sanitarne itd. z podłączeniem się do istniejącej infrastruktury;
- zorganizowanie łączności komunikacji zewnętrznej i wewnętrznej na placu budowy (sieć łączności, dostęp do intranetu, internetu, GPS);
- wywóz gruntu i ewentualne odprowadzenie wody z wykopów;
- segregacja odpadów budowlanych i ich wywóz.

Realizacja zadań i procesów logistycznych wymaga odpowiedniej infrastruktury i wyposażenia terenu budowy a także przestrzegania wymagań i zasad BIOZ. Infrastrukturę tworzą środki techniczne, sposoby ich użycia, a także systemy ich wykorzystania. W oparciu o nią realizowane są podstawowe procesy logistyczne:

- przyjmowanie i składowanie wyrobów na placach składowych, w wiatkach, magazynach i na/wewnątrz, wznoszonych obiektach budowlanych;
- przemieszczanie wyrobów budowlanych w poziomie i pionie (przede wszystkim za pomocą żurawi budowlanych);
- wymiana, przyjmowanie, przechowywanie, przetwarzanie itd. informacji (telefony, radiotelefony, systemy komputerowe, internet, a także monitoring realizacji procesów logistycznych).

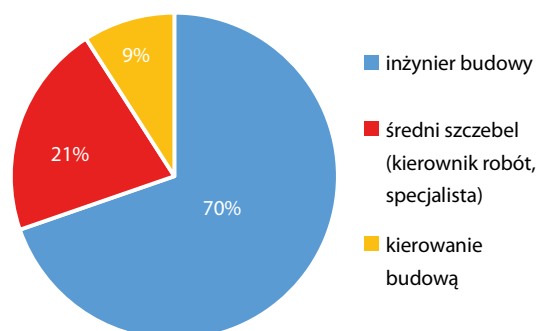
Nadrzędnym problemem pracy na budowie jest stworzenie bezpiecznych warunków pracy. Za bezpieczeństwo pracy i ochronę zdrowia pracowników odpowiada kierownik budowy, a jego działania w tym zakresie uregulowane są odpowiednimi przepisami, m.in. [1, 2].

W związku z tym także realizacja zadań logistycznych na terenie budowy i zorganizowanie infrastruktury logistycznej placu muszą być podporządkowane zasadom i przepisom bezpieczeństwa. W celu oceny stanu bezpieczeństwa pracy podczas realizacji zadań logistyki zaopatrzenia budowy w zasoby przeprowadzono badania ankietowe o charakterze pilotażowym.

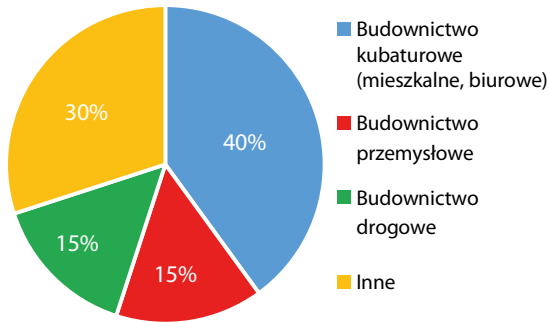
3. Badania ankietowe i ich wyniki

Badania przeprowadzone zostały za pomocą ankiety online, na przełomie maja i czerwca 2023 roku. W badaniu uczestniczyły 33 osoby pracujące w sektorze budownictwa. Pierwsza część ankiety dotyczyła logistyki dostaw, głównie wyrobów budowlanych na teren budowy. W drugiej części ankietowani odpowiadali na pytania z zakresu przestrzegania BIOZ podczas dostaw materiałów.

Średni staż pracy badanych osób to 4,67 lat. Najwięcej osób pracowało na stanowisku inżyniera budowy (rys. 2), a więc osoby młode. Rodzaj działalności prowadzonej jest zróżnicowany z przewagą budownictwa kubaturowego – budynki wielorodzinne mieszkalne, biurowe, domy jednorodzinne (rys. 3).



Rys. 2. Stanowisko w hierarchii organizacyjnej (opracowanie własne)

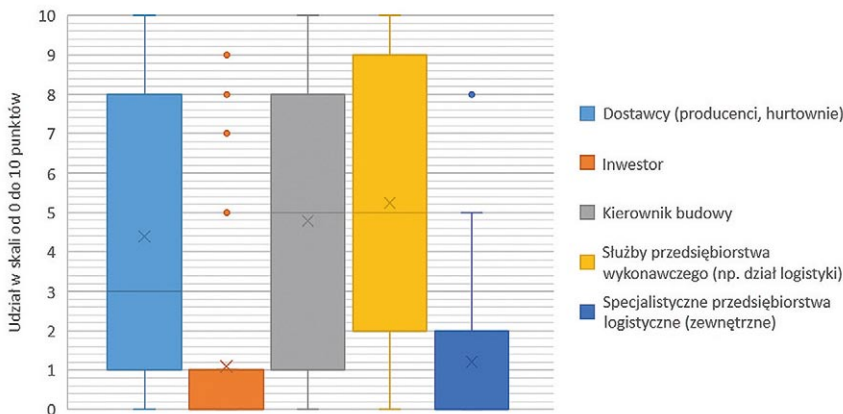


Rys. 3. Rodzaj działalności budowlanej (opracowanie własne)

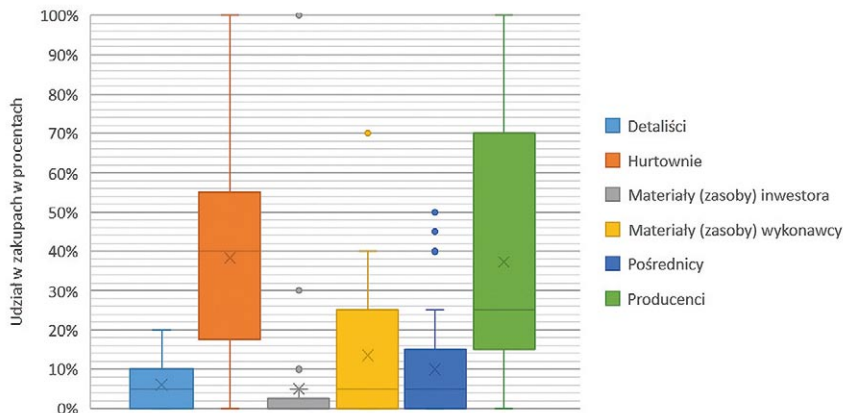
Respondenci pracowali też w branży kolejowej, mostowej, a także przy budowie farm wiatrowych i gazociągów przemysłowych (30%).

Te wyniki świadczą też o strukturze działalności budowlanej i rodzaju popytu.

Jednostki organizacyjne przedsiębiorstw odpowiedzialne za obsługę logistyczną budowy oraz procesy logistyczne w robotach budowlanych, w skali od 0 do 10 przedstawiono na rysunku 4. Najczęściej zajmują się logistyką specjalne jednostki organizacyjne przedsiębiorstw. Ale też korzysta się z outsourcingu (specjalistycznych organizacji). Respondenci dodatkowo wymieniali inżyniera budowy oraz podwykonawców, którzy oferowali usługę budowlaną wraz z zaopatrzeniem w zasoby.



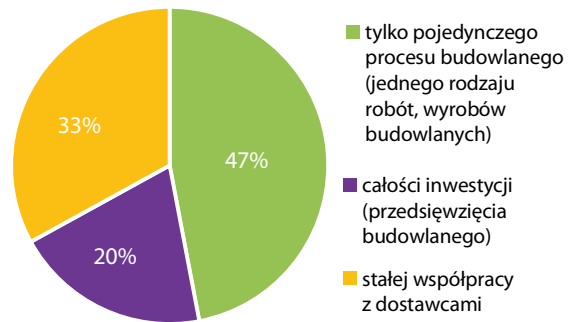
Rys. 4. Jednostki zajmujące się obsługą logistyczną budowy (opracowanie własne)



Rys. 5. Źródła dostaw zasobów na budowę (opracowanie własne)

Wyniki na temat udziału miejsca zaopatrzenia (zakupów) w zasoby: u producentów, w hurtowniach, detalistów, pośredników, lub wyrobów budowlanych inwestora oraz wykonawców przedstawiono na rysunku 5.

Na podstawie informacji uzyskanych z kolejnego pytania (rys. 6) wynika, że zwykle relacja dostawca-odbiorca, w logistyce zaopatrzenia budowy, dotyczy jednego rodzaju towaru. W drugiej części ankiety badani odpowiadali na pytania z zakresu bezpieczeństwa pracy w procesach logistyki za-

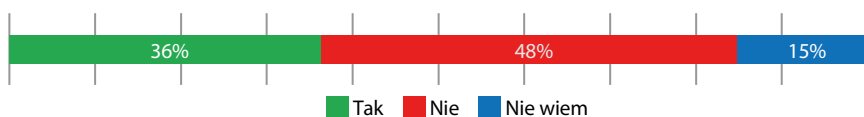


Rys. 6. Zakres obsługi logistycznej zewnętrznej (opracowanie własne)

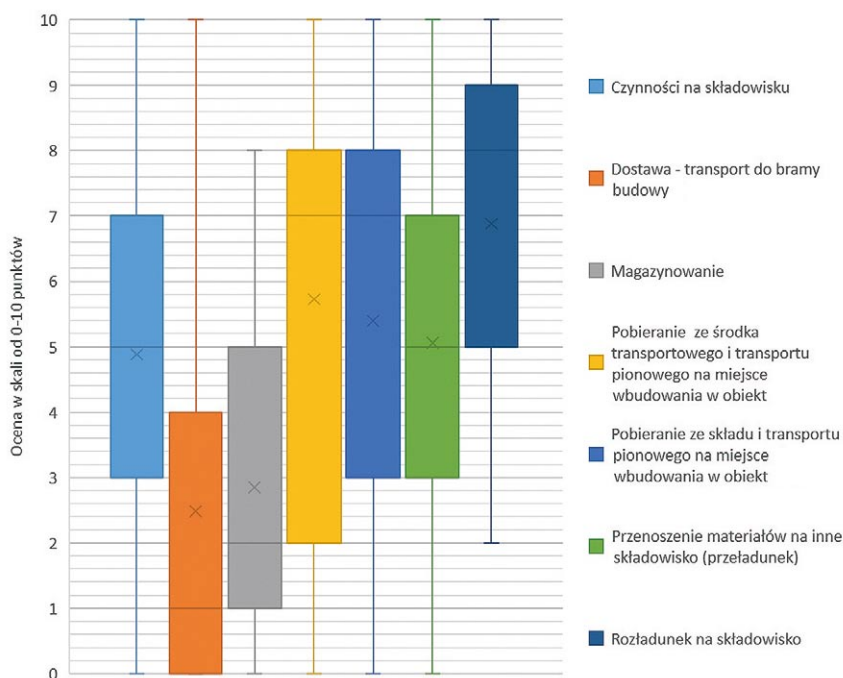
opatrzania placu budowy w zasoby. Jako źródła i czynniki generujące ryzyko naruszenia bezpiecznej pracy podczas procesów logistycznych wymieniono w ankiecie kolejno: niewielki i nieuporządkowany teren budowy, nieprawidłowe zabezpieczenie materiałów transportowych, nieostrożne zachowanie pracowników, brak ich przeszkolenia, brak komunikacji, brak środków ochrony indywidualnej, stosowanie sprzętu niesprawnego lub niedostosowanego do transportu danego materiału, brak wcześniejszego przygotowania miejsca rozładunku, pośpiech.

Odpowiedzi na pytanie: „Czy są opracowane i stosowane procedury systemu zarządzania bezpieczeństwem łańcuchów dostaw na budowę, np. wg normy ISO 28000:2007?” przedstawiono na rysunku 7. Przeważała odpowiedź negatywna. Podobne odpowiedzi były na temat zamieszczania informacji BIOZ na etapie przygotowywania dokumentacji projektowej: 42% – na tak, 42% – na nie, 16% – nie wiem. Natomiast 58% respondentów stwierdziło, że w planach BIOZ opracowywanych w fazie wykonawstwa znajduje się informacja na temat bezpiecznej pracy w łańcuchach dostaw.

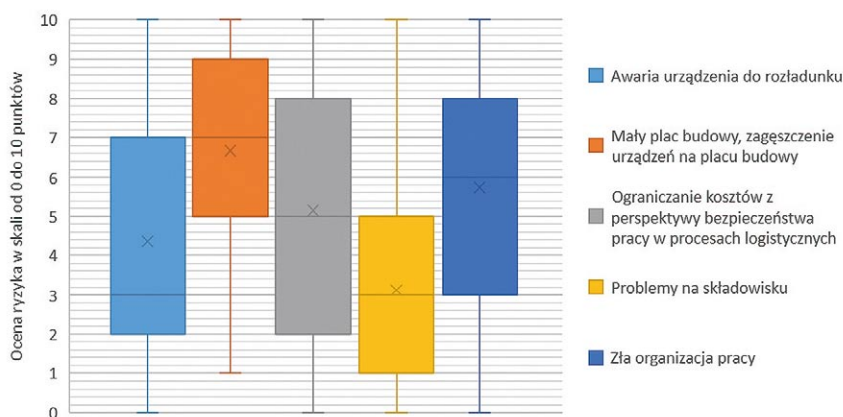
W kolejnym pytaniu spośród podanych procesów ankietowani wybrali jako proces, w którym najczęściej występują



Rys. 7. Stosowanie procedur zarządzania (opracowanie własne)



Rys. 8. Zagrożenia bezpieczeństwa pracy w poszczególnych procesach (opracowanie własne)



Rys. 9. Przyczyny zaistnienia niebezpiecznych sytuacji i wypadków (opracowanie własne)



Rys. 10. Zespoły dokonujące rozładunku (opracowanie własne)

zagrożenia dla bezpiecznej pracy – rozładunek dostawy na składowisko (ocena w skali 0 do 10 pkt) (rys. 8). Z przyczyn zaistniałych niebezpiecznych sytuacji i wypadków ankietowani najwyższą notę przyporządkowali małemu

terenowi budowy oraz „zagęszczeniu” urządzeń na placu budowy. Noty pozostałych czynników zostały przedstawione na rysunku 9.

Jako skutki zaistnienia danego czynnika powodującego wypadek respondenci najczęściej wymieniali: uszkodzenie ciała pracownika, straty spowodowane uszkodzeniem wyrobu budowlanego, uszkodzenie wykonanych fragmentów (elementów) budynku, opóźnienie prac, konsekwencje dla kierownictwa budowy, kary finansowe.

Najczęściej na budowach o sposobie załadunku wyrobów decyduje kierownik robót/majster (odpowiedź 14 osób), dostawcy/hurtownie (10 osób), a także wskazywano producenta. Podobnie ankietowani odpowiedzieli na temat decyzji o wyborze środka transportowego, 15 osób wskazało kierownika/nadzór budowy, a 8 osób – dostawców i hurtownie. Wyniki odpowiedzi na pytanie: „Kto dokonuje rozładunku jednostek transportowych dostawcy na placu budowy?” ilustruje rysunek 10.

Do najczęściej stosowanych urządzeń w realizacji procesów logistycznych na terenie budowy ankietowani zaliczyli: żurawie, w tym żurawie przeładunkowe, wózki widłowe, ładowarki, koparki, pompy do betonu. Do wyładunku najczęściej są używane urządzenia należące do wykonawcy (23 z 33 osób), następnie dostawców (13 z 33 osób), a 5 z 33 osób wskazało wynajem.

W kolejnym pytaniu ankietowanych poproszono, aby ocenili w skali od 1 do 10, czy miejsce do rozładunku jest odpowiednio przygotowane i czy są strefy bezpiecznego rozładunku. Średnia z odpowiedzi ankietowanych wyniosła: 6,73 pkt. W ten sam sposób respondenci, ze średnią 6,17 pkt. ocenili pytanie: czy podczas kompletowania elementu transportowego na obiekt, place przeładunkowe/wstępne montażu są wydzielone i zastosowano system zabezpieczeń? Ponad 90% badanych twierdząco odpowiedziało na pytanie:

czy pracownicy zatrudnieni do robót rozładunkowo-załadunkowych są przeszkoleni w zakresie BHP oraz stanowiska pracy związanego z rozładunkiem (np. sygnalista żurawia)? W ostatnim pytaniu dotyczącym zabezpieczenia ładunku do najczęściej stosowanych ankietowani zaliczyli kolejno: pasy i linki

transportowe, kartony, folie, stretche, palety, oznakowanie, odpowiednie ułożenie, plandeki, podkładki, zawiesia, łańcuchy.

4. Analiza i dyskusja wyników

Przeprowadzone badania mają charakter pilotażowy z uwagi na małą liczbę respondentów. Współczynnik zgodności Kendalla, w pytaniach ocenianych w skali od 0 do 10 pkt., ma wartość w granicach od 0,3 do 0,6. Jednakże można uznać, że uzyskane wyniki z przeprowadzonych badań dają pogląd na sytuację BIOZ w odniesieniu do procesów logistyki zaopatrzenia w zasoby, pełniących rolę pomocniczą, lecz istotną, warunkujących realizację procesów technologicznych. Bezpieczne przyjmowanie na teren budowy i przemieszczanie wyrobów oraz urządzeń wymaga odpowiedniego zaplanowania, zorganizowania pracy, zapewnienia właściwej infrastruktury (placów, urządzeń itp.), kontroli. Czynniki i źródła generujące sytuacje niebezpieczne są niemal na każdym etapie obsługi łańcuchów dostaw zasobów na budowę.

Jak wynika z badań, wprowadzanie procedur zarządzania bezpieczeństwem łańcuchów dostaw nie jest priorytetem na budowach. Ponad 60% odpowiedzi potwierdza to zjawisko. Pomimo że jest obowiązek i są opracowywane plany BIOZ w dokumentacji projektowej i wykonawczej to nie są one rozpowszechniane (udostępniane) i wykorzystywane w praktyce. Badania wykazują wiele problemów na etapie odbioru zasobów, których konsekwencje to ryzyko wypadkowości. Ważnym powodem jest brak miejsca na składowanie i wyładunek materiałów. Obecnie inwestycje realizowane są w gęstej zabudowie, w której każdy dodatkowy metr wiąże się z kosztami, dlatego przestrzeń, w której mogą być składowane materiały ograniczana jest do minimum. W ciągu ostatnich kilku lat ceny materiałów gwałtownie się zmieniają – rosną, w związku z tym zamówienia i dostawy realizowane są z dużym wyprzedzeniem, zajmując i tak ograniczoną powierzchnię składowania. Z tego względu może być również brak wygodzonych miejsc bezpiecznym przeładunkom dostaw. Często wyładunek jest prowadzony w pobliżu ciągów komunikacyjnych bądź z samych ciągów, co stwarza duże ryzyko i jest niedozwolone. Rozładunek materiałów to proces, w którym pracownicy najbardziej są narażeni na wypadki. Powodem oprócz ww. jest również pośpiech pracowników, brak ich przeszkolenia, a także opóźnienia dostaw, problemy w komunikacji (przekazie informacji), jak również nieprzemyślane decyzje. np. wybór nieodpowiednich narzędzi do wyładunku (nawet ich brak), miejsca składowania lub wbudowania, przemieszczanie niezgodnie z przepisami BHP.

Równie ryzykowne są procesy ich transportu do miejsca wbudowania, zwłaszcza za pomocą żurawi. Przy składowaniu prefabrykatów na placu składowym powinna być uwzględniona kolejność ich wbudowania wskazana w projekcie montażu konstrukcji. Nieodpowiednio zabezpieczony ładunek może stwarzać zagrożenie zdrowia, a nawet życia pracowników. Przy pracach załadunkowych i rozładunkowych nie można

przemieszczać ładunku nad kabiną kierowcy samochodu, pomimo że ma on obowiązek opuszczenia jej i przebywania poza zasięgiem pracy żurawia.

Wypadki na budowach oprócz oczywistych konsekwencji dotyczących zdrowia i życia pracowników związane są z ponoszeniem kosztów, w tym społecznych. Podczas wypadków występują także uszkodzenia: budynku, maszyn, materiałów. Nakładane są także kary finansowe. Związane są one nie tylko z brakiem przestrzegania przepisów BHP, ale również z późniejszymi opóźnieniami na budowie, które je generują.

Wiele problemów w zapewnieniu BIOZ w procesach logistyki zaopatrzenia niesie ograniczona przestrzeń placu budowy. Większość z wymienionych w badaniach zadań logistycznych na terenie budowy wymaga określonej powierzchni (np. miejsc na lokalizację składów, budynków tymczasowych, zasięgu pracy żurawi). Coraz częściej na terenach zurbanizowanych prowadzi się budowy w miejscach o ograniczonej powierzchni przeznaczonej na teren budowy. Zdarza się, że w miejscu budowy w ogóle nie ma możliwości utworzenia zaplecza, a dodatkowo transport materiałów na budowę może utrudniać ruchliwa ulica. Fakt ten należy uwzględnić już w fazie przygotowania inwestycji budowlanej do realizacji, na przykład poprzez dobranie odpowiednich technologii i systemów budowy obiektów oraz technologii robót budowlanych. Takie podejście może skutkować zmniejszeniem ryzyka zagrożenia wypadkami. Przykładem może być zamiana zamierzonej technologii wznoszenia budynków z prefabrykowanych elementów betonowych, wytworzonych w wytwórniach zaplecza, a wymagających przestrzeni wokół wznoszonego budynku (miejsc na usytuowanie żurawi, miejsc na ewentualne place składowe i rozładunkowe), na zastosowanie technologii prefabrykacji na wznoszonym obiekcie, tj. zastosowanie systemu podnoszenia stropów uprzednio wykonanych w poziomie parteru wielokondygnacyjnego budynku (np. metoda Youtz-Slick – lift-slab). Warto zauważyć zalety w kontekście BIOZ w rozwijającym się zastosowaniu w budownictwie technologii druku 3D. Nawet bez zmiany koncepcji budowy można stosować bezpieczniejsze sposoby obsługi logistycznej w odniesieniu tylko do technologii poszczególnych robót budowlanych: zamiast agregatu do wykonywania tynków umieszczanego na zewnątrz wykonywanego obiektu, co wymaga składowania w pobliżu materiałów do sporządzenia zaprawy – zastosowanie gotowej mieszanki dostarczonej na plac budowy do silosu (zajmującego małą przestrzeń), z podłączonym agregatem tynkarskim. Badania wskazują na pozytywne zachowania i działania w kontekście BIOZ. Respondenci ocenili, że ponad 90% pracowników zatrudnionych do robót rozładunkowo-załadunkowych jest przeszkolonych w zakresie BIOZ oraz stanowiska pracy związanego z rozładunkiem.

Należy zwrócić uwagę na konieczność uwzględniania zadań logistycznych przedsięwzięcia budowlanego i zarządzania logistyką we wszystkich etapach cyklu inwestycji budowlanej począwszy od etapu koncepcji, planowania i programowania inwestycji poprzez wykonanie obiektów budowlanych

do etapu eksploatacji i likwidacji obiektu. Konceptje obsługi logistycznej przedsięwzięcia wpływają na zagospodarowanie terenu budowy i warunki wokół budowanych obiektów, a przyjęte technologie robót budowlanych wpływają na przyjmowane konceptje obsługi logistycznej i związane z tym BIOZ.

5. Podsumowanie

Problematyka stanu i zapewnienia bezpieczeństwa pracy w budownictwie jest podstawowym zagadnieniem realizacji przedsięwzięć budowlanych. Na każdym etapie cyklu przedsięwzięcia budowlanego należy uwzględniać ryzyko wystąpienia zagrożenia wypadkowego i podejmować decyzje, które mają na względzie BIOZ. Procesy logistyczne zarówno sfery zaopatrzenia, jak i produkcji są od siebie uzależnione, również wpływają wzajemnie na ich bezpieczne wykonywanie, tj. na bezpieczeństwo pracy na budowie. Zasady bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, których należy przestrzegać podczas realizacji budowy, muszą być uwzględniane w opracowywanych planach logistycznych danej budowy, tzn. w planach dostaw materiałów, urządzeń itd. i planach innych zadań i procesów logistycznych realizowanych na placu budowy. Z punktu widzenia logistyki placu budowy i zarządzania logistycznego w planie BIOZ powinny być opracowane zasady bezpieczeństwa podczas realizacji procesów związanych z „przepływem zasobów” na placu budowy, tzn. dostarczeniem na plac budowy i wbudowaniem w wykonywany obiekt. Są to zasady i przeciwdziałanie zagrożeniom występującym przede wszystkim podczas:

- transportu, rozładunku i przechowywaniu, uzależnione od rodzaju wyrobów budowlanych;
- stosowania typowo logistycznych urządzeń lub „ogólnobudowlanych” wykorzystywanych do celów logistycznych na terenie budowy.

Niewątpliwie z przeprowadzonych badań wynika wniosek zwrócenia większej uwagi na problematykę BIOZ w fazie planowania i projektowania przedsięwzięcia budowlanego, a w szczególności przestrzegania zasad BIOZ w praktyce, podczas realizacji procesów budowlanych: zasadniczych, pomocniczych i logistycznych. Na tym etapie należy przyjmować, uwzględniając uwarunkowania realizacyjne, lokalizacyjne i inne, technologie budowania w aspekcie zarządzania bezpieczeństwem pracy. Proponowane technologie budowania z kolei narzucają systemy obsługi logistycznej budowy, o różnym poziomie zagrożenia BIOZ podczas wykonywania procesów logistycznych i produkcyjnych. Dążenie do wyboru technologii „przyjaznej” bezpiecznej pracy w budownictwie jest istotnym zagadnieniem inżynierskim, społecznym i menedżerskim.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 23 czerwca 2003 r. (Dz.U. Nr 120, poz.1126 z dn. 10 lipca 2003 r., w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu BIOZ
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. (Dz.U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401) w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych
- [3] Sosnowska-Mach M., Kaczorek K., Przegląd wybranych zagranicznych aktów prawnych związanych z bezpiecznym prowadzeniem robót budowlanych, Przegląd Budowlany 9–10/2022, str. 66–69
- [4] Błazik-Borowa E., Szer J., Analiza etapów tworzenia i użytkowania rusztowań z uwagi na bezpieczeństwo użytkowników, Budownictwo i Architektura 13(2)2014, str. 333–340, ISSN 1899-0665
- [5] Hoła B., Bezpieczeństwo pracy w procesach budowlanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2016
- [6] Drozd W., Badania cech terenu budowy i ich wpływu na bezpieczeństwo prowadzenia robót budowlanych przy obiektach nieliniowych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2017
- [7] Witkowski J., Zarządzanie łańcuchem dostaw, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2010
- [8] Sobotka A., Logistyka przedsiębiorstw i przedsięwzięć budowlanych, Wydawnictwo AGH, Kraków, 2010

KURS SPECJALISTY NADZORU BUDOWY I EKSPLOATACJI RUSZTOWAŃ



Kurs jest przeznaczony dla:

- inżynierów z uprawnieniami budowlanymi, którzy na co dzień nadzorują budowę rusztowań oraz odbierają je do eksploatacji i chcą zwiększyć swoje kompetencje w tym zakresie;
- specjalistów BHP, którzy dbając o bezpieczeństwo na budowach chcą mieć większą świadomość zagrożeń związanych z budową i eksploatacją rusztowań;
- doświadczonych monterów i brygadzystów, chcących podnieść swoje kompetencje i jeszcze bardziej świadomie wykonywać swoją pracę;
- kadry inżynieryjno-technicznej, której praca związana jest z nadzorem nad budową i eksploatacją rusztowań.

Korzyści dla Uczestników

Uczestnicy podczas kursu:

- zdobędą kompetencje związane z nadzorem - kurs prowadzą fachowcy-praktycy z wieloletnim doświadczeniem w branży;
- szczegółowo omówią z prowadzącymi m.in. takie zagadnienia, jak: wykonanie szkicu zabudowy, obowiązkowa i dodatkowa dokumentacja rusztowań, podstawy statyki konstrukcji, obmiarowanie rusztowań;
- zaznajomią się szczegółowo z aktualnie obowiązującymi przepisami dotyczącymi rusztowań;
- otrzymają obszerny materiał szkoleniowy, stanowiący kompendium wiedzy dotyczącej rusztowań.

Uczestnicy szkolenia, po zdaniu egzaminu przed Komisją powołaną przez Polską Izbę Gospodarczą Rusztowań, otrzymują zaświadczenie PIGR o ukończeniu kursu.

SARS-CoV-2 jako szkodliwy czynnik występujący w środowisku pracy branży budowlanej

SARS-CoV-2 as a harmful factor in the construction industry work environment

dr inż. Mariusz Szóstak (ORCID: 0000-0003-4439-6599), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, mgr inż. Maria Szalek, Wydział Górnictwa, Geologii i Geoinżynierii, Politechnika Wroclawska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9385

Streszczenie: Panująca od 2020 roku pandemia COVID-19, wywołana przez koronawirusa SARS-CoV-2, w sposób znaczący odcięła swoje piętno na branży budowlanej. Swoiste apogeum nastąpiło wraz z wprowadzeniem przez władze publiczne obostrzeń dotyczących swobody poruszania się, zamknięcia granic, a także dodatkowych obowiązków nałożonych na pracodawców związanych z zapobieganiem rozprzestrzenianiu się pandemii. W pracy przedstawiono wyniki przeprowadzonych, wśród przedsiębiorstw budowlanych, badań ankietowych w zakresie radzenia sobie z przypadkami wirusa SARS-CoV-2 na terenie budowy.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo i higiena pracy, czynnik szkodliwy, czynnik biologiczny, wirus SARS-CoV-2, COVID-19.

Abstract: The COVID-19 pandemic that has been prevalent since 2020, caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, has significantly left its mark on the construction industry. A certain apogee occurred when public authorities introduced restrictions on freedom of movement, closing borders, as well as additional obligations imposed on employers related to preventing the spread of the pandemic. The paper presents the results of a survey conducted among construction companies on how to deal with cases of the SARS-CoV-2 virus on construction sites.

Keywords: occupational health and safety, harmful factor, biological factor, SARS-CoV-2 virus, COVID-19.

1. Wprowadzenie

Stały oraz szybki rozwój budownictwa, jaki obserwuje się na przestrzeni ostatnich lat oraz wysoki, według danych Głównego Urzędu Statystycznego, wskaźnik wypadkowości powoduje, że zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy jest istotnym aspektem dla każdego realizowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Od uczestników procesu inwestycyjnego, a w szczególności od wykonawców robót budowlanych, wymaga się, aby planowane przez nich działania zmierzały w kierunku bezpiecznych dla pracowników warunków pracy. Aspekt bezpieczeństwa pracy należy uwzględniać zarówno na etapie realizacji inwestycji, tj. podczas opracowywania Planu Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia, jak również na etapie planowania i projektowania, podczas opracowywania Instrukcji o Bezpieczeństwie i Ochronie Zdrowia. Opracowanie tych dokumentów wynika z odpowiednich aktów prawnych [1].

Zgodnie z Kodeksem pracy [2] duża liczba różnych czynników środowiska występujących w środowisku pracy niesie za sobą obowiązek poinformowania o nich przez pracodawcę pracowników oraz zapewnienia właściwej ochrony pracowników przed ich występowaniem. Szczególnie istotne jest to w sytuacji, kiedy w środowisku pracy pojawia się nowy, dotąd niewystępujący, szkodliwy czynnik, który w znaczący sposób oddziałuje na zdrowie i życie człowieka. W takiej sytuacji znaleźli się pracodawcy w momencie pojawienia

się wirusa SARS-CoV-2, który spowodował ogromne zmiany zarówno w funkcjonowaniu przedsiębiorstw budowlanych, jak i w samej branży budowlanej.

Przepisy prawne wprowadzone w związku z wybuchem pandemii COVID-19, wywołanej przez koronawirusa SARS-CoV-2, wymusiły na pracodawcach zmianę sposobu organizacji pracy, wprowadzenie specjalnych wytycznych oraz wymagań, a także wdrożenie odpowiednich środków ochronnych zapewniających bezpieczne i higieniczne warunki pracy. Celem przeprowadzonych badań było zweryfikowanie, czy wprowadzone przez wykonawców robót budowlanych rozwiązania przyniosły oczekiwane korzyści w zakresie radzenia sobie z przypadkami wirusa SARS-CoV-2 na terenie budowy.

2. Podstawowe informacje na temat wirusa SARS-CoV-2

Wirus SARS-CoV-2 to zakaźny wirus wywołujący chorobę COVID-19. Zamiennie nazywany jest on również jako drugi koronawirus ciężkiego ostrego zespołu oddechowego lub koronawirus. Pierwsze zachorowania tym wirusem pojawiły się w chińskim mieście Wuhan, w prowincji Hubei w Chinach w listopadzie 2019 r. Wirus okazał się wysoce zakaźny i szybko rozprzestrzenił się na wiele rejonów świata. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) [3] 11 marca 2020 r. ogłosiła pandemię nowego koronawirusa, alarmując o rosnących zakażeniach na świecie. W Polsce pierwszy przypadek

zdiagnozowano 4 marca 2020 r. [4]. Był nim „pacjent zero” – tak określa się pierwszą osobę, u której wykryto objawy zakażenia wirusem na konkretnym obszarze.

Wirus SARS-CoV-2, pod względem oddziaływania na organizm człowieka, klasyfikuje się do grupy czynników szkodliwych, a dokładniej do szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. Zgodnie z Kodeksem pracy [2] w razie zatrudnienia pracownika w warunkach narażenia na działanie szkodliwych czynników biologicznych pracodawca stosuje wszelkie dostępne środki eliminujące narażenie, a jeżeli jest to niemożliwe, ograniczające stopień tego narażenia, przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki. Potwierdzeniem tego, że wirus SARS-CoV-2 jest szkodliwym czynnikiem biologicznym, było umieszczenie go w wykazie szkodliwych czynników biologicznych. W Rozporządzeniu Ministra Zdrowia w grupie wirusów znajduje się koronawirus zespołu ostrej niewydolności oddechowej 2 (wirus SARS-CoV-2), który został zakwalifikowany do grupy 3 zagrożenia [5]. Grupa 3 zagrożenia to czynniki, które mogą wywoływać u ludzi ciężkie choroby, są niebezpieczne dla pracowników, a rozprzestrzenienie ich w populacji ludzkiej jest bardzo prawdopodobne. Zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia. Mimo, że pracownicy budowlani nie byli narażeni zawodowo na ten czynnik, jednak w budownictwie wirus ten miał wpływ na organizację pracy jako ogólne zagrożenie występujące na całym świecie.

3. Regulacje prawne w zakresie BHP wprowadzone w związku z epidemią COVID-19

Wprowadzenie na terenie Polski stanu zagrożenia epidemiologicznego oraz później stanu epidemii w związku z zakażeniami wirusem SARS-COV-2 zmieniło funkcjonowanie wielu branż, szczególnie w zakresie BHP.

Ogłoszony stan zagrożenia epidemicznego obowiązywał od 14 marca 2020 r. do 20 marca 2020 r. i wynikał z ustawy z dnia 2 marca 2020 r. [6]. W związku z rosnącą liczbą zakażeń akt ten został uchylony 20 marca 2020 r. i zastąpiony Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie ogłoszenia stanu epidemii [7]. W związku z epidemią COVID-19 w środowisku pracy pojawił się nowy szkodliwy czynnik – wirus SARS-CoV-2, a w związku z nim nowe zagrożenie. W większości przedsiębiorstw zagrożenie to nie dotyczyło określonego procesu pracy, lecz sytuacji epidemiologicznej występującej na terenie Polski, jednak zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 11 grudnia 2020 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki, pracodawca miał obowiązek dokonania aktualizacji oceny ryzyka zawodowego, na jakie jest lub mógł być narażony pracownik [5].

W związku z rozwojem sytuacji, jaką obserwowano na początku marca 2020 r., w Polsce wprowadzono za pomocą

ustawy [8] m.in.: czasowe ograniczenie określonego sposobu przemieszczania się, czasowe ograniczenie funkcjonowania określonych instytucji lub zakładów pracy, obowiązek wykonania określonych zabiegów sanitarnych, jeżeli wykonanie ich wiąże się z funkcjonowaniem określonych obiektów produkcyjnych, usługowych, handlowych lub innych obiektów. Pracodawcy przedsiębiorstw budowlanych musieli od tej pory podjąć działania, które w znaczący sposób wpłyną na bezpieczeństwo i ochronę pracowników przed szkodliwym działaniem wirusa SARS-CoV-2. Wprowadzenie właściwych procedur, wytycznych, zaleceń oraz środków sprzyja zachowaniu ciągłości procesu pracy przy zachowaniu najwyższych standardów BHP.

W ostatnim roku krzywe przedstawiające liczbę osób wyleczonych oraz zgonów uległy wyłuszczeniu i od roku 2022 utrzymują się na stałym poziomie, dlatego główny inspektor sanitarny zawniósł o odwołanie stanu epidemicznego. W związku z tym w Polsce z dniem 1 lipca 2023 r. został odwołany stan zagrożenia epidemicznego. Moc utraciło Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 maja 2022 r. w sprawie ogłoszenia stanu zagrożenia epidemicznego [9].

4. Wpływ wirusa SARS-CoV-2 na branżę budowlaną

Badanie wpływu wirusa SARS-CoV-2 na branżę budowlaną należało rozpocząć od zbadania czynników determinujących globalny rynek budowlany w czasie pandemii COVID-19. Zgodnie z [10] konsekwencje pandemii COVID-19, jakie zaobserwowano w 2020 r., to m.in.: opóźnienia w łańcuchu dostaw związane z lockdownem wprowadzonym w większości państw, problemy w Chinach związane z brakiem w dostawach prądu oraz niewywiązywanie się ze zobowiązań kredytów, problem z wykształconą zawodowo kadrą pracowników, rosnące koszty wysyłki, wzrost poziomu inflacji.

Problemy, z jakimi zmagali się globalny sektor budowlany, odbiły swoje piętno również na polskim sektorze budowlanym. Według [11] wstrzymano największe inwestycje prowadzone w Polsce. Na rynku budowlanym zaczęto sygnalizować problem z dostępem do podwykonawców i materiałów, który wynikał z opóźnień dostaw podzespołów z Niemiec, Włoch, Hiszpanii, Chin oraz Azji. To z kolei przełożyło się na wartość produkcji budowlano-montażowej na przestrzeni lat.

Na podstawie danych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny [12] można zaobserwować w 2019 r. spadek wartości produkcji budowlano-montażowej. Konsekwencją takiej sytuacji mógł być wpływ pandemii COVID-19 na sektor budowlany. Zamknięcie granic, ograniczenia w dostawie towarów i usług, ograniczenia w produkcji komponentów potrzebnych w branży budowlanej, czasowe ograniczenie sprzedaży sklepów budowlanych, kryzys związany z ograniczeniem środków pieniężnych na inwestycje z uwagi na niepewną sytuację to tylko niektóre czynniki, które mogły się

do tego przyczynić. Taka sytuacja nie byłaby możliwa, gdyby nie wprowadzenie właściwych działań związanych z organizacją pracy oraz BHP.

W związku z sytuacją wywołaną pojawieniem się wirusa SARS-CoV-2 oraz wprowadzonym stanem zagrożenia epidemiologicznego i stanem epidemii „Porozumienie dla Bezpieczeństwa w Budownictwie” opracowało zbiór zasad bezpieczeństwa w zapobieganiu COVID-19 [13] oraz przygotowało graficzne zalecenia, które mogły zostać wykorzystane na budowach w trakcie trwania epidemii COVID-19. Zbiór zasad bezpieczeństwa i wytycznych w zapobieganiu COVID-19 zawierał zagadnienia dotyczące działań chroniących pracowników przed zarażeniem wirusem, a w szczególności zasady te dotyczyły: utrzymywania dystansu społecznego (odległości 1,5 m między stanowiskami pracy), codziennej dezynfekcji powierzchni wspólnych, zachowywania odległości i dezynfekcji przy wejściu na budowę, zajmowania co drugiego miejsca w pojazdach w drodze do pracy w pojazdach o liczbie miejsc powyżej 9 osób, organizacji przerw śniadaniowych w różnych odstępach czasowych, ograniczenia wyjazdów, szkoleń i spotkań bezpośrednich, a także rozmieszczenia informacji, plakatów i środków dezynfekcyjnych na placu budowy.

5. Badania ankietowe

Celem prowadzonych badań była ocena stanu faktycznego wprowadzonych wytycznych i ich respektowania na budowie. W ramach badań opracowano kwestionariusz dotyczący „Sytuacji branży budowlanej w zakresie radzenia sobie z przypadkami wirusa SARS-CoV-2 na budowie”. Kwestionariusz badań został udostępniony w formie on-line za pomocą opracowanego formularza Google na stronach internetowych skierowanych do pracowników służby BHP oraz inżynierów budownictwa, a także został rozesłany do wiodących przedsiębiorstw budowlanych w Polsce. Badanie zostało przeprowadzone w okresie marzec–maj 2023 roku.

Struktura kwestionariusza uwzględniała zarówno pytania zamknięte, jak i otwarte, przy czym zdecydowanie przeważały pytania typu zamkniętego. W wybranych pytaniach o charakterze zamkniętym uwzględniono odpowiedź „inne”, z możliwością uzupełnienia odpowiedzi o treść, która nie znalazła się w zaproponowanym przez autorów formularzu. W wyniku realizacji badania uzyskano łącznie 50 ankiet, a dane z kwestionariuszy zostały poddane analizie statystycznej.

Ankieta składała się z 15 pytań: 11 zamkniętych i 4 otwartych. Pytania obejmowały takie zagadnienia jak: pełniąca funkcja w przedsiębiorstwie w trakcie procesu inwestycyjnego (po 04.03.2020 – początek epidemii koronawirusa SARS-CoV-2 w Polsce), staż pracy na zajmowanym stanowisku pracy, wielkość zakładu pracy, rodzaj realizowanych inwestycji. Respondenci zostali zapytani również:

- czy zostały wprowadzone jakieś środki zaradcze w celu ochrony pracowników przed zakażeniem się wirusem SARS-CoV-2? Jeśli tak, to jakie?

- jakie środki zaradcze zostały wprowadzone dodatkowo w celu ochrony pracowników przed zakażeniem się wirusem SARS-CoV-2?
- czy wprowadzono inne niż wskazane procedury mające na celu lepsze zabezpieczenie pracowników przed wirusem SARS-CoV-2? Jeśli tak, to jakie?
- czy wprowadzone środki zaradcze w celu ochrony pracowników przed zakażeniem się wirusem SARS-CoV-2 (wskazane we wcześniejszych pytaniach) nadal obowiązują?
- czy wprowadzone zmiany wpłynęły znacząco na zmianę organizacji pracy?
- jak stosowane zmiany wpłynęły na organizację pracy?
- czy pracownicy przestrzegali ustalonych wytycznych i procedur?
- jeżeli pracownicy nie przestrzegali ustalonych wytycznych i procedur, to jakie były przyczyny nieprzestrzegania ustalonych wytycznych i procedur?
- czy wprowadzone wytyczne oraz procedury były w jakikolwiek sposób kontrolowane przez organy nadzoru BHP?
- jeżeli wprowadzone wytyczne oraz procedury były kontrolowane przez organy nadzoru BHP, to jak kontrolowano wprowadzenie wytycznych i procedur?

6. Próba badawcza i jej charakterystyka

Na ankietę odpowiedziało 50 osób: 31 mężczyźni i 19 kobiet. Biorąc pod uwagę pełnioną funkcję w przedsiębiorstwie, największą grupę respondentów stanowili: inżynierowie budowy (30%) oraz specjaliści BHP (18%). Razem ta grupa stanowiła prawie połowę respondentów. Spośród stanowisk pracy związanych bezpośrednio z branżą budowlaną ankietowani reprezentowali następujące stanowiska pracy: inżynier budowy (30%), kierownik budowy (10%), kierownik robót budowlanych (8%), inspektor nadzoru inwestorskiego (4%), co stanowi 52% wszystkich respondentów. W przypadku pracowników branży BHP respondenci zatrudnieni byli na następujących stanowiskach: specjalista BHP (18%), główny specjalista BHP (14%), inspektor BHP (8%), starszy specjalista BHP (4%), co stanowi 44%. Jedna osoba zadeklarowała, że jest właścicielem firmy oraz jedna osoba zadeklarowała praktykę w dziale BHP. Wśród respondentów najczęściej występującą odpowiedzią był staż pracy: 6–10 lat (26%), 4–5 lat (24%) oraz 2–3 lata (22%).

Analiza wielkości zakładu pracy, zgodnie z podziałem stosowanym przez Główny Urząd Statystyczny (GUS), wykazała, że najczęściej wybieraną odpowiedzią na pytanie o wielkość zakładu pracy, była odpowiedź „duże przedsiębiorstwo” (28%), następnie „małe przedsiębiorstwo” (22%) oraz „średnie przedsiębiorstwo” (20%).

Wśród respondentów najwięcej osób pracowało podczas budowy nowych budynków przemysłowych (19%), mieszkalnych (18%), biurowych (11%) i handlowo-usługowych (11%). Najmniej respondentów reprezentowało osoby biorące udział w pracach z zakresu infrastruktury, infrastruktury wod-

no-kanalizacyjnej, infrastruktury kolejowej, obiektów hydrotechnicznych. Otrzymana charakterystyka realizowanych rodzajów robót potwierdziła faktyczny stan polskiego sektora budowlanego.

7. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- wśród respondentów najczęściej stosowanymi środkami zaradczyimi w celu ochrony pracowników przed zakażeniem się wirusem SARS-CoV-2 były: płyny do dezynfekcji na budowach; stosowanie środków ochrony indywidualnej (noszenie maseczek ochronnych, przyłbic); ulotki, broszury, plakaty informacyjne dotyczące ochrony zdrowia oraz postępowania w czasie epidemii; wdrożenie systemu informowania o nowych zakażeniach; utrzymywanie odległości minimum 1,5 m między stanowiskami pracy tam, gdzie to jest możliwe;
- stosowane przez respondentów dodatkowe środki zaradcze obejmowały: ograniczenie organizacji wyjazdów szkoleń i spotkań bezpośrednich; organizację spotkań lub szkoleń w formie multimedialnej, wideokonferencji; wyznaczenie przerw śniadaniowych w różnych odstępach czasu; testowanie pracowników;
- w celu lepszego zabezpieczenia pracowników wprowadzono następujące rozwiązania: kwarantanna poczty; praca zdalna (tam, gdzie to było możliwe); fizyczne oddzielenie stanowisk pracy; przegrody przy sąsiadujących ze sobą stanowiskach pracy; podział kierownictwa budowy na dwie zmiany tygodniowe (jeden tydzień praca zdalna, drugi tydzień na budowie); zachęcanie pracowników do szczepień;
- 70% respondentów oceniło, że wprowadzone zmiany wpłynęły znacząco na zmianę organizacji pracy. Z kolei 30% odniosło się negatywnie do wprowadzonych zmian. Argumenty przeciw, jakie podali respondenci to głównie: dodatkowe obowiązki związane epidemią; opóźnienia w branży; zmniejszenie wydajności pracy; zwiększenie czasu na wykonywanie zadań; spadek wydajności pracowników; pogorszenie atmosfery w firmie; maski i okulary (zastosowane jednocześnie stwarzały większe zagrożenie wypadkowe);
- 68% ankietowanych potwierdziło, że pracownicy przestrzegali ustalonych wytycznych i procedur. Z kolei 32% jako powód nieprzestrzegania wytycznych wymieniło m. in.: zmęczenie sytuacją pandemiczną; trudność wykonywania pracy przy noszeniu maseczek; ignorancja; lekceważenie; polityka; zbyt szybkie tempo prac;
- w większości przypadków wprowadzone wytyczne oraz procedury były kontrolowane przez organy nadzoru BHP, potwierdziło to 52% respondentów. Były one kontrolowane przez zewnętrzne organy, np. kontrolę PIP oraz przez wewnętrzne organy, np. inspektora BHP na budowie, wizytacje dyrektora, liderów ochrony przeciw COVID-19, patrole;
- rozluźnienie sytuacji pandemicznej, które obserwuje się od maja 2022 r., spowodowało, że wprowadzone środki

zaradcze w celu ochrony pracowników przed zakażeniem się wirusem SARS-CoV-2 w 94% już nie obowiązują.

8. Podsumowanie

Mimo że w ostatnich latach miała miejsce pandemia COVID-19, przeprowadzone badania potwierdziły, że branża budowlana poradziła sobie z koronawirusem i mogła skutecznie realizować proces inwestycyjny. Wymagało to jednak wdrożenia odpowiednich środków, wytycznych oraz procedur, a kluczowa okazała się świadomość na temat istniejącego źródła zagrożenia. Procedury oraz wytyczne, które wprowadzono w zakresie radzenia sobie z przypadkami wirusa w środowisku pracy, pomogły w utrzymaniu ciągłości pracy.

Na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych potwierdzono, że słuszną formą ochrony przed wirusem SARS-CoV-2 w środowisku pracy branży budowlanej było przestrzeganie ustalonych wytycznych i procedur w zakresie BHP. Nie można o tym zapominać, bo jak pokazują wyniki badań, rozluźnienie sytuacji epidemicznej przyczyniło się do ich nieprzestrzegania. Zatem tak ważne jest ciągle informowanie pracowników o możliwości występowania w środowisku pracy szkodliwego czynnika, jakim jest wirus SARS-CoV-2. Nadal należy informować pracowników o zagrożeniu z nim związanym i podkreślać ważność przestrzegania ustalonych wytycznych oraz procedur.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz.U. 2003 r. nr 120, poz. 1126)
- [2] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. 1974 nr 24 poz. 141 z późn. zm.)
- [3] Nowakowska E., Michalak S. S., Covid-19 – Disease Caused By Sars-Cov-2 Infection – Vaccine And New Therapies Research Development. Postępy Mikrobiologii – Advancements of Microbiology, 2020
- [4] Kucharska I., Koronawirus – wirus SARS-CoV-2., Główny Inspektorat Sanitarny, Biuletyn Kwartalny Rządowego Centrum Bezpieczeństwa 30/2020
- [5] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 11 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz.U. 2020 r., poz. 2234)
- [6] Ustawa z dnia 2 marca 2020 r. o szczególnych rozwiązaniach związanych z zapobieganiem przeciwdziałaniem i zwalczaniem COVID-19, innych chorób zakaźnych oraz wywołanych nimi sytuacji kryzysowych (t.j. Dz.U. 2021 r., poz. 2095 z późn. zm.)
- [7] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie ogłoszenia na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu epidemii (Dz.U. 2020 r., poz. 491 z późn. zm.)
- [8] Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz.U. 2008 nr 234 poz. 1570 z późn. zm.)
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 14 czerwca 2023 r. w sprawie odwołania na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu zagrożenia epidemicznego (Dz.U. 2023 r., poz. 1118)
- [10] Blanchard G., Impacts of the COVID-19 Pandemic on the Manufacturing and Construction Industry in 2022, 2022
- [11] Oksiński M., Wpływ epidemii na budownictwo w 2020 r., Inżynier Budownictwa, 11/2020
- [12] Kurlę Z., Kuchno E., Kuniewicz E., Nocko A., Pinkiewicz M., Produkcja budowlano-montażowa w 2021 r., Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Lublinie, Ośrodek Statystyki Budownictwa, Warszawa, Lublin, 2022
- [13] Porozumienie dla Bezpieczeństwa w Budownictwie: COVID-19 Koronawirus, Zbiór zasad bezpieczeństwa w zapobieganiu COVID-19

Wirtualne środowisko szkoleniowe dla zrobotyzowanych i zautomatyzowanych terenów budowy

Virtual training environment for robotic and automated construction sites

dr inż. Mariusz Szóstak (ORCID: 0000-0003-4439-6599), prof. dr hab. inż. Bożena Hoła (ORCID: 0000-0001-6630-8065), dr inż. Tomasz Nowobilski (ORCID: 0000-0002-0599-7108), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, dr inż. Piotr Grzempowski (ORCID: 0000-0003-0162-8759), Wydział Górnictwa, Geologii i Geoinżynierii, Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9393

Streszczenie: Nieustanny postęp technologiczny prowadzi do coraz większego uzależnienia pracowników budowlanych od zrobotyzowanych i zautomatyzowanych maszyn budowlanych. Pomimo wielu korzyści płynących z automatyzacji i robotyzacji sektora budowlanego istnieje wiele zagrożeń związanych ze stosowaniem zaawansowanych technologii. Pojawiające się nowe zagrożenia, które wynikają z interakcji maszyna/robot-człowiek, mogą zostać zminimalizowane poprzez poprawę jakości prowadzonych szkoleń pracowników. Jedną z możliwości podniesienia jakości takiego procesu jest prowadzenie szkoleń w warunkach wirtualnej rzeczywistości. W artykule przedstawiono wirtualne środowisko szkoleniowe dla zrobotyzowanych i zautomatyzowanych terenów budowy oraz wyniki uzyskane na podstawie kursu pilotażowego przeprowadzonego w ramach projektu o akronimie SafeCROBOT.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pracy, wirtualna rzeczywistość, budownictwo, kurs pilotażowy.

Abstract: Constant technological progress leads to an increasing dependence of construction workers on robotic and automated construction machines. Despite the many benefits of automation and robotization in the construction sector, there are many risks associated with the use of advanced technologies. Emerging new threats resulting from machine/robot-human interaction can be minimized by improving the quality of employee training. One of the possibilities to improve the quality of such a process is to conduct training in virtual reality. The article presents a virtual training environment for robotic and automated construction sites and the results obtained on the basis of a pilot course conducted as part of the project acronym SafeCROBOT.

Keywords: occupational safety, virtual reality, construction, pilot course.

1. Wprowadzenie

Z każdym rodzajem działalności ludzkiej związane jest ryzyko pojawienia się niebezpiecznych zdarzeń zagrażających życiu i zdrowiu człowieka. Niebezpieczne zdarzenia prowadzą do wypadków przy pracy, których skutkiem mogą być straty materialne, urazy o różnym stopniu ciężkości, a nawet śmierć pracownika. Z ustaleń inspektorów pracy wynika, że wśród przyczyn wypadków przy pracy zaistniałych w 2021 r., dominującą grupę stanowiły przyczyny ludzkie (46,7%), następnie organizacyjne (36,8%) oraz techniczne (16,5%). Spośród przyczyn ludzkich dominowało nieprawidłowe zachowanie się pracownika, w tym nieznanostwo lub lekceważenie przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Kontrole Państwowej Inspekcji Pracy w Polsce dotyczące bezpieczeństwa pracy w budownictwie wykazały, że najwięcej nieprawidłowości występuje w obszarze związanym z przygotowaniem pracowników do wykonywania tych prac. Poważnym problemem, z jakim spotykają się inspektorzy pracy,

jest niska skuteczność systemu szkoleń w Polsce w dziedzinie BHP, brak u pracowników dostatecznej wiedzy w zakresie obowiązujących przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy wynikających m.in. z ustawy [1] i rozporządzeń [2, 3] oraz wiedzy o długotrwałych skutkach pracy w narażeniu na czynniki niebezpieczne występujące na terenie budowy. Ponadto zauważalna jest niska jakość szkoleń, niegwarantująca uzyskania niezbędnej wiedzy, zwłaszcza specjalistycznej, dotyczącej organizacji prac na terenie budowy. Pracownicy uzyskują zaświadczenie o ukończeniu szkolenia, głównie w zakresie wiedzy ogólnej, przekazywanej często w sposób powierzchowny.

Głównym celem projektu było opracowanie innowacyjnego, angażującego i interaktywnego środowiska szkoleniowego opartego na technologii wirtualnej rzeczywistości, które pozwoli na przekazywanie pracownikom budowlanym niezbędnych umiejętności i wiedzy w zakresie interakcji z zautomatyzowanymi i zrobotyzowanymi maszynami budowlanymi. Celem artykułu jest przedstawienie

możliwości zastosowania nowoczesnej technologii wirtualnej rzeczywistości do prowadzenia szkoleń z zakresu bezpieczeństwa pracy.

2. Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości do szkoleń pracowników na terenie budowy

Wirtualna rzeczywistość jeszcze do niedawna kojarzona była głównie ze obszarem rozrywki, w szczególności z grami komputerowymi [4]. Obecnie wirtualna rzeczywistość wkracza do wielu branż i zyskuje popularność w dziedzinie szkoleń w zakresie poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy [5]. Jednym z kierunków zastosowań wirtualnej rzeczywistości są także narzędzia edukacyjne, które wspomagają proces szkolenia dotyczący zróżnicowanych stanowisk pracy [6].

Głównym celem szkoleń, również zajęć praktycznych, jest uzupełnienie i doskonalenie posiadanych umiejętności i kwalifikacji zawodowych. Niezależnie od przyjętej formy szkoleń (instruktaż, kurs, samokształcenie kierowane, seminarium), aby osoba ucząca się osiągnęła określone w karcie zajęć (szkolenia) efekty uczenia się, kształcenie powinno być prowadzone w warunkach jak najbardziej przypominających rzeczywiste warunki pracy i w sposób interesujący oraz angażujący dla uczestników.

W dzisiejszych czasach, w dobie cyfryzacji oraz nowinek technologicznych, tradycyjne metody szkoleń, polegające na uświadamianiu oraz poszerzaniu wiedzy pracowników w oparciu tylko o wykłady czy seminaria przestają być wystarczające i ciekawe dla ich uczestników. Szczególnie zauważalne jest to w przypadku młodszych inżynierów, pracowników z tzw. pokolenia „Z”, których oczekiwania odnośnie do formy przekazywania wiedzy są coraz wyższe [7]. Mają oni potrzebę bycia zaangażowanym w proces nauki i nie chcą być tylko pasywnymi słuchaczami [8]. Przeprowadzone badania potwierdzają, że uczestnicy szkoleń z zakresu bezpieczeństwa na placu budowy, prowadzonych z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości, chętnie uczestniczą w tego rodzaju szkoleniach [9].

3. Wirtualne środowisko szkoleniowe dla zrobotyzowanych i zautomatyzowanych terenów budowy

W ramach projektu badawczego nr 2020-1-UK01-KA202-079176 „Virtual reality immersive safety training environment for robotised and automated construction sites”, finansowanego przez europejski program ERASMUS+, opracowano immersyjne i interaktywne narzędzie szkoleniowe oparte na wirtualnej rzeczywistości. Projekt realizowany był w latach 2020–2022 przez następujące instytucje: University of the West of England, Bristol (Wielka Brytania), Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales, Murcia (Hiszpania), Bildungszentren des Baugewerbes e.V, Krefeld (Niemcy) i Politechnikę Wrocławską (Polska).

Dzięki interdyscyplinarności zespołu projektowego, w którego składzie znajdowali się zarówno eksperci ds. bezpieczeństwa i higieny pracy oraz programiści, możliwe było opracowanie scenariuszy szkoleniowych, związanych ze zautomatyzowanymi i zrobotyzowanymi terenami budów, obejmujących pracę bezzałogowego statku powietrznego (drona), autonomicznego pojazdu transportowego, robota wyburzeniowego oraz koparki. W opracowanych scenariuszach szkoleniowych uwzględniono przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy oraz dobre praktyki, tj. działania dążące do ograniczenia narażenia pracowników na zagrożenia i zmniejszania wypadkowości. Opracowanych zostało dziesięć różnych scenariuszy:

- scenariusz 1: dron – przygotowanie do lotu bezzałogowym statkiem powietrznym na terenie budowy w ciągu dnia,
- scenariusz 2: dron – lot bezzałogowym statkiem powietrznym podczas sprzyjających warunków atmosferycznych,
- scenariusz 3: dron – lot bezzałogowym statkiem powietrznym podczas niesprzyjających warunków atmosferycznych,
- scenariusz 4: dron – przygotowanie do lotu bezzałogowym statkiem powietrznym na terenie budowy w nocy,
- scenariusz 5: autonomiczny pojazd transportowy – warunki panujące wewnątrz budynków (w pomieszczeniach) na terenie budowy,
- scenariusz 6: autonomiczny pojazd transportowy – warunki panujące na terenie budowy,
- scenariusz 7: zdalnie sterowany robot wyburzeniowy – praca w zamkniętej przestrzeni,
- scenariusz 8: zdalnie sterowany robot wyburzeniowy – postępowanie z robotami wyburzeniowymi na zewnątrz budynku (na terenie budowy),
- scenariusz 9: zdalnie sterowany robot wyburzeniowy – postępowanie z robotami wyburzeniowymi wewnątrz budynku (w pomieszczeniach),
- scenariusz 10: zdalnie sterowane maszyny budowlane (koparka) – praca na terenie budowy.

Każdy z opracowanych scenariuszy dotyczy pojedynczego zastosowania wybranego zautomatyzowanego lub zrobotyzowanego sprzętu podczas prowadzenia prac budowlanych. Aplikacja została opracowana w języku angielskim, hiszpańskim, niemieckim oraz polskim.

Do opracowania narzędzia szkoleniowego zastosowano następujące oprogramowanie:

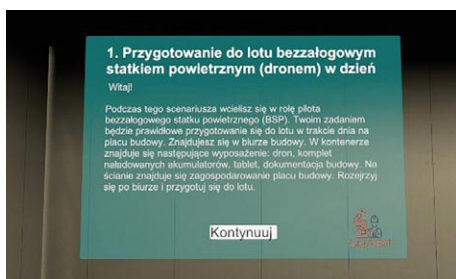
- Autodesk Revit – oprogramowanie do modelowania informacji o budynku dedykowane dla architektów, inżynierów, projektantów, wykonawców robót,
- Blender – oprogramowanie dedykowane do przetwarzania, modelowania, renderowania, animacji grafik 3D,
- Unity3D – oprogramowanie do tworzenia gier wieloplatformowych oraz aplikacji/systemów w widoku trójwymiarowym (3D). Do opracowania narzędzia szkoleniowego zastosowano jeden z powszechnie stosowanych silników gier, jako środowisko odpowiednie dla tego typu narzędzi.

Do użycia narzędzia szkoleniowego niezbędny jest:

- komputer do zainstalowania i uruchomienia narzędzia szkoleniowego: SafeCRobot,
- urządzenie do wirtualnej rzeczywistości gogle VR, np. Oculus Rift S lub wyższe.

• kabel pozwalający na połączenie gogli VR do komputera. Po uruchomieniu aplikacji użytkownik zostaje przeniesiony do wirtualnego pomieszczenia, w którym zostaje mu zaprezentowane menu główne z podstawowymi danymi o projekcie oraz aplikacji, interfejs wyboru języka oraz interfejs wyboru scenariusza, z krótkim jego opisem. Następnie użytkownik wybiera scenariusz, który ma zostać uruchomiony. Po uruchomieniu wybranego scenariusza pojawia się okno powitalne wraz z informacją o scenariuszu (rys. 1). W trakcie scenariusza osoba szkolona ma możliwość poruszania się za pomocą teleportacji oraz interakcji z niektórymi obiektami wirtualnymi. Teleportacja ułatwia korzystanie ze scenariuszy, ponieważ pozwala przenieść się użytkownikowi bezpośrednio w obszar działania, bez konieczności fizycznego przemieszczania się. Sterowa-

Rys. 1.
Informacja
o przykładowym scenariuszu



Rys. 2 Okno
z pytaniami dla
przykładowego
scenariusza
nr 2



nie położeniem w środowisku wirtualnym oraz interakcja z obiektami odbywa się za pomocą przycisków na kontrolerach. Podczas realizacji scenariusza wyświetlone zostaje okno z pytaniami, na które użytkownik musi udzielić odpowiedzi w oparciu o obserwację otoczenia oraz posiadaną i zdobytą wiedzę (rys. 2). Dla każdego scenariusza przygotowanych jest 5 pytań. Na zakończenie, na podstawie udzielonych odpowiedzi, wyświetlany jest wynik szkolenia. Szkolenie uznaje się za zaliczone, jeżeli uczestnik udzieli poprawne odpowiedzi na wszystkie pytania zawarte w scenariuszu. W przypadku niepowodzenia osoba szkolona może ponownie przystąpić do scenariusza i wypełnić test raz jeszcze lub wrócić do głównego menu i uruchomić inny scenariusz.

4. Scenariusze szkoleniowe na przykładzie bezzałogowego statku powietrznego

Opracowana aplikacja bazuje na różnych scenariuszach (1–10) zawierających: opis scenariusza, wirtualne środowisko oraz test wiedzy do rozwiązania dla uczestnika szkolenia. W każdym scenariuszu uczestnik szkolenia wciela się w rolę operatora, w zależności od scenariusza: drona, pojazdu transportowego, robota wyburzeniowego lub kopalni. Poszczególne scenariusze opracowano w taki sposób, aby odzwierciedlały one odmienne warunki pracy, a test wiedzy opracowany został tak, aby swoim zakresem obejmował różnorodne sytuacje. I tak np. scenariusze 1–4 dotyczą obsługi, przez uczestnika szkolenia, bezzałogowego statku powietrznego i obejmują następujące zagadnienia: przygotowanie do lotu dronem na terenie budowy w ciągu dnia (scenariusz 1) oraz w trakcie nocy (scenariusz 4), a także lot dronem podczas sprzyjających (scenariusz 2) oraz niesprzyjających warunków atmosferycznych (scenariusz 3).

Celem scenariuszy 1 i 4 jest pokazanie uczestnikom szkolenia, w jaki sposób należy przygotować się do pracy z dronem, w zależności od pory prowadzenia prac, w dzień lub w nocy. Przed przystąpieniem do testu sprawdzającego wiedzę, uczestnik szkolenia ma za zadanie rozejrzeć się po pomieszczeniu, w którym się znajduje (kontener budowlany) i zdecydować, które elementy są niezbędne do prawidłowego zaplanowania i wykonania nalotu. Podczas udzielania odpowiedzi na pytania testowe uczestnik szkolenia pytany jest m.in. o uprawnienia zezwalające obsługę drona, niezbędne oznakowanie podczas prowadzenia nalotu w dzień oraz w nocy itp.

Z kolei celem scenariuszy 2 i 3 jest pokazanie uczestnikom szkolenia, w jaki sposób należy, w sposób bezpieczny, wykonywać nalot na terenie budowy, w zależności od panujących warunków atmosferycznych (sprzyjających/niesprzyjających). W trakcie tego scenariusza uczestnik szkolenia (ponownie operator drona) znajduje się na terenie budowy nowo wznoszonego, wielokondygnacyjnego budynku. W otoczeniu widoczne jest zaplecze budowy, żuraw wieżowy, maszyny budowlane oraz inni pracownicy, co zostało przedstawione na rysunku 3.

W tych scenariuszach w przestrzeni powietrznej porusza się dron. W lewej dłoni uczestnik szkolenia trzyma wirtualny kontroler, za pomocą którego ma podgląd m.in. do kamery zamontowanej na dronie. Scenariusze pozwalają na pełną obserwację terenu budowy (360°). Podczas sprawdzenia wiedzy uczestnik szkolenia pytany jest m.in. o zachowanie podczas sytuacji awaryjnych, np. jak należy się zachować w sytuacji, kiedy pilot straci widok z kamery drona lub w momencie pojawienia się na kontrolerze komunikatu o niskim poziomie akumulatorów/baterii.

Wszystkie opracowane scenariusze mają nauczyć i utrwalić u uczestników szkolenia wiedzę na temat bezpiecznej pracy

Rys. 3.

Przykładowe otoczenie dla scenariusza 2 i 3 (źródło: aplikacja SafeCROBOT)



na zautomatyzowanych i zrobotyzowanych terenach budowy oraz prawidłowe zachowanie się na stanowisku pracy. Opracowany sposób szkolenia pozwala na zwiększenie poziomu realności odczuć.

5. Kurs pilotażowy wykorzystujący aplikację SafeCROBOT

W okresie od marca do maja 2023 roku zostały przeprowadzone pilotażowe kursy wśród studentów Politechniki Wrocławskiej kierunków: budownictwo oraz bezpieczeństwo i higiena pracy z wykorzystaniem opracowanej aplikacji szkoleniowej SafeCROBOT. W kursach łącznie udział wzięło 100 osób. Wszyscy uczestnicy, biorący udział w kursach, zostali poproszeni o wypełnienie opracowanego przez zespół projektowy kwestionariusza badań. Większość badanych stanowili mężczyźni, w wieku 22 lata, co odpowiada osobom znajdującym się na 3 roku studiów inżynierskich. Wszystkie osoby biorące udział w szkoleniu pozytywnie zaliczyły szkolenie.

Po odbytych szkoleniu wszyscy uczestnicy zostali poproszeni o wypełnienie kwestionariusza oceniającego odbyte szkolenie. Uczestnicy kursów pilotażowych byli ogólnie zadowoleni z odbytych zajęć, a z otrzymanych wyników wpływa wnioski, że uczestnicy poszerzyli swoją wiedzę i zrozumieli cel projektu SafeCROBOT. Osoby szkolone uznały kurs za interesujący i motywujący do dalszej nauki. Ponadto stwierdziły, że kurs był dobrze zorganizowany, z jasną treścią i dobrą atmosferą pracy. Zespół dydaktyczny również został oceniony pozytywnie. Szczegółowe informacje na temat skuteczności przeprowadzonego kursu pilotażowego zostaną omówione w odrębnym artykule.

6. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych kursów pilotażowych uzyskano bardzo pozytywne reakcje użytkowników na szkolenie prowadzone w wirtualnym środowisku. Korzyści zastosowania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP to m.in.:

- bezpieczeństwo – możliwość symulowania niebezpiecznych środowisk i sytuacji bez zagrożenia dla życia i zdrowia uczestnika szkolenia,
- większe zaangażowanie uczestnika szkolenia – w porównaniu do tradycyjnych wykładów i/lub ćwiczeń;

- uczenie poznawcze i behawioralne w jednym – możliwość sprawdzenia wiedzy teoretycznej i umiejętności w praktyce, w realistycznych sytuacjach;
- Niestety zagadnienia bezpieczeństwa i higieny pracy nie są traktowane priorytetowo w programie dydaktycznym, a absolwenci uczelni kształcących na kierunku: budownictwo lub bezpieczeństwo i higiena pracy są przygotowujący głównie do projektowania, kierowania lub nadzorowania robót budowlanych. Zdaniem autorów praktyczna znajomość problemów związanych z zagrożeniami panującymi na terenie budowy z całą pewnością przełoży się korzystnie na bezpieczne projektowanie konstrukcji budowlanych, bezpieczne kierowanie pracami na placu budowy. Zaobserwowana skuteczność programu pilotażowego przeprowadzonego wśród studentów kierunku budownictwo oraz bezpieczeństwo i higiena pracy na Politechnice Wrocławskiej, przy poziomie przygotowania kursanta niższym niż absolwenta uczelni wyższej i pracownika bez doświadczenia w budownictwie, pozwala oczekiwać dobrych rezultatów również w praktyce zawodowej. Ogólna pozytywna ocena i chęć dalszego rozwoju scenariusza pokazuje znaczenie dla dalszego badania i wdrażania wirtualnej rzeczywistości jako metody szkoleniowej.

Podziękowanie

Praca jest wynikiem realizacji przez autorów projektu badawczego nr 2020-1-UK01-KA202-079176 „Virtual reality immersive safety training environment for robotised and automated construction sites”, finansowanego przez europejski program Erasmus+ (<https://safecrobot.pwr.edu.pl>).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz.U. 1974 nr 24, poz. 141, z późn. zm.)
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. 2003 nr 47, poz. 401)
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 września 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych (Dz.U. 2001 nr 118, poz. 1263, z późn. zm.)
- [4] Shi Y., Du J., Ahn C. R., Ragan E., Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers' fall risk behavior using virtual reality, *Automation in Construction* 104, 2019, str. 197–214
- [5] Radiani J., Majchrzak T. A., Fromm J., Wohlgenannt I., A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda, *Computers & Education*, 147, 2020, str. 103778
- [6] Ifanov J. P., Salim S., Syahputra M. E., Suri P. A., A Systematic literature review on implementation of virtual reality for learning, *Procedia Computer Science* 216, 2023, str. 260–265
- [7] Szóstak M., Napiórkowski M., Wirtualna rzeczywistość w szkoleniach BHP w budownictwie – obawy i oczekiwania, *Builder* 3/2023, str. 16–19
- [8] Azhar S., Han D., Dastider S. G., Arch M., Immersive VR Modules for Construction Safety Education of Generation Z Students. *EPIC Series in Built Environment* 1/2020, str. 482–490
- [9] Zhang M., Shu L., Luo X., Yuan M., Zheng X., Virtual reality technology in construction safety training: Extended technology acceptance model, *Automation in Construction* 135, 2020, str. 104113

Gospodarka materiałami azbestowymi w aspekcie bezpieczeństwa życia i pracy

Management of asbestos materials in terms of life and work safety

dr hab. Małgorzata Ulewicz, prof. PCz (ORCID: 0000-0001-8766-8393), Wydział Budownictwa, Politechnika Częstochowska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9394

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono najnowsze dane statystyczne (2020–2021) odnośnie wielkości produkcji górniczej azbestu, handlu azbestem surowym i wyrobami azbestowymi na świecie. Scharakteryzowano uwarunkowania prawne gospodarki azbestem i wyrobami azbestowymi oraz nowy trend przetwarzania azbestowych odpadów flotacyjnych. Zidentyfikowano zasoby wyrobów azbestowo-cementowych wbudowanych w pokrycia dachowe w 27 krajach Unii Europejskiej. Podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, czy doniesienia naukowe o skutkach wdychania włókien azbestowych mają wpływ na działania w zakresie gospodarki azbestem i odpadowymi materiałami azbestowymi, a także czy te działania uwzględniają bezpieczeństwo pracowników.

Słowa kluczowe: azbest, płyty azbestowo-cementowe, gospodarka wyrobami azbestowymi, bezpieczeństwo pracy.

Abstract: This article presents the latest statistical data (2020 and 2021) on the volume of asbestos mining production, trade in raw asbestos and asbestos products in the world. The legal conditions of asbestos and asbestos products management as well as the new trend of asbestos flotation waste processing are characterized. Resources of asbestos-cement products incorporated into roofing materials in 27 countries of the European Union were identified. An attempt was made to answer the question whether the knowledge of the effects of inhaling asbestos fibers affects the activities in the field of asbestos and asbestos waste management, and whether they take into account the safety of employees.

Keywords: asbestos, asbestos-cement boards, management of asbestos products, work safety.

1. Wprowadzenie

Od szeregu lat w krajach Unii Europejskiej, i nie tylko, mówi się i pisze o szkodliwym wpływie na zdrowie ludzkie azbestu, czyli włóknistych krzemianów. Według definicji amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (United States Environmental Protection Agency) pojęciem „azbest” określa się sześć rodzajów minerałów. Są to: azbest serpentynowy (chryzotyl) i amfibolowy (krokidolit, amozyt, antofyllit, aktynolit, tremolit). Właściwości fizyczne i chemiczne tych minerałów przedstawiono w pracy [1]. W obrocie handlowym, a także prawodawstwie, dla minerałów tych stosuje się numer rejestru CAS (Chemical Abstracts Service) [2]. Azbest jest niebezpieczną substancją rakotwórczą, klasyfikowaną w kategorii 1A w rozporządzeniu WE 1272/2008. Spośród sześciu rodzajów minerałów najbardziej niebezpiecznymi dla zdrowia są krokidolit i amozyt. Włókna azbestowe unieruchomione (zestalone) w matrycy materiału nie stanowią zagrożenia dla zdrowia, ale uwolnione do powietrza z uszkodzonych wyrobów azbestowych (np. zużytych wyrobów, podczas prac demontażowych), czy też podczas prac wydobywania i przetwórstwa minerałów azbestowych stanowią realne zagrożenie dla

człowieka. Wdychanie włókien jest przyczyną szeregu chorób (tj. azbestoza, międzybłoniak), które rozwijają się bardzo wolno, a objawy nowotworów mogą wystąpić nawet po 40 latach od kontaktu z azbestem.

Włókna azbestowe z uwagi na swoje właściwości fizyko-mechaniczne znalazły zastosowanie w ok. 3000 różnych wyrobach przemysłowych. Największą ilość włókien azbestowych (ponad 80%), głównie chryzotylu, wykorzystano do produkcji azbestowo-cementowych wyrobów budowlanych. Ponadto materiał ten stosowany był (a w niektórych krajach dalej jest) do izolacji termicznej instalacji przesyłowych, elementów instalacji wodnej i kanalizacyjnej, wyrobów tekstylnych (np. rękawice, tkaniny azbestowe), wykładzin ciernych, klocków hamulcowych, czy mas ognioodpornych [3–5]. Pomimo że w literaturze można znaleźć szereg doniesień o szkodliwości tego materiału, a wiele krajów podjęło próbę uregulowania gospodarki użytymi wyrobami azbestowymi, materiał ten jest wciąż wokół nas obecny. Nadal aktualne jest pytanie, czy i kiedy świat będzie wolny od włókien azbestowych. Czy życie w pobliżu terenów poinwestycyjnych i poeksploatacyjnych oraz prace demontażu i utylizacji zużytych wyrobów są bezpieczne?

2. Uwarunkowania prawne stosowania włókien azbestowych

Z najnowszych doniesień wynika, że na świecie do października 2022 roku jedynie 66 krajów zakazało stosowania azbestu [6], spośród 195 krajów należących do Organizacji Narodów Zjednoczonych i tzw. państw-obszerników przy ONZ. W powstałych krajach azbest i wyroby azbestowe wciąż są w obrocie handlowym [7]. W Polsce produkcji wyrobów zawierających azbest, w tym płyt azbestowo-cementowych powszechnie stosowanych w sektorze budowlanym, zakazano w 1997 roku (Dz.U. 1997, nr 101, poz. 628), a w krajach Unii Europejskiej wszystkich sześciu rodzajów włókien azbestowych od 1 stycznia 2005 r. (dyrektywa 1999/77/WE). We wszystkich krajach UE, zgodnie z rozporządzeniem 1907/2006/WE z dnia 18 grudnia 2006 r., w zakresie dotyczącym wprowadzania do obrotu i stosowania włókien azbestu i wyrobów zawierających włókna azbestu, dopuszczone jest wprowadzanie do obrotu i stosowanie diafragm do istniejących instalacji elektrolitycznych zawierających azbest chryzotylowy oraz stosowanie wałów z azbestu chryzotylowego stosowanych do ciągnięcia szkła w zainstalowanych lub znajdujących się w użytkowaniu przed 1 stycznia 2005 r., do czasu ich zużycia lub do czasu, kiedy będą dostępne substytuty bezazbestowe, w zależności od tego, która okoliczność wystąpi wcześniej. Rozporządzenie 2016/1005/WE zezwala na stosowanie diafragm azbestowych do 31 grudnia 2025 roku. Obecnie spośród pięciu instalacji elektrolitycznych w odniesieniu, do których państwa członkowskie wniosowały o wprowadzenie tego wyłączenia działają dwie – w Szwecji i Niemczech. Na świecie szereg państw, które wprowadziło zakaz wydobywania i produkcji, nadal importuje włókna azbestowe lub wyroby zawierające włókna azbestowe. Przykładem mogą być Stany Zjednoczone, które zaprzęstały produkcji azbestu w 2002 roku, ale wciąż importują ten materiał, tj. klocki hamulcowe dla przemysłu naftowego, uszczelki oraz produkty ciemne [8].

3. Produkcja górnicza azbestu

Na przestrzeni dwudziestu lat obserwuje się spadek produkcji górniczej azbestu. Spadek ten w 2021 roku, w odniesieniu do roku 2000 wyniósł ok. 2 mln Mg. Światowa produkcja górnicza azbestu w 2021 roku wyniosła 1 300 000 Mg (tab. 1) i była niestety większa o 4,6% w porównaniu do 2020 roku [8]. Ponadto wiele krajów posiada duże zasoby tego surowca, chociaż dostępne informacje są często niewystarczające dla dokładnych analiz. Największe oszacowane zasoby mają kraje takie, jak Rosja, Chiny i Brazylia, które wynoszą odpowiednio 110 mln Mg (Rosja), 15 mln Mg (Chiny) oraz 11 mln Mg (Brazylia). Natomiast kraje takie jak: Kazachstan i Zimbabwe nie ujawniają ilości swoich zapasów (szacuje się, że są duże). Niepokój powinien budzić fakt, że jedna firma w Zimbabwie rozpoczęła w 2019 r. produkcję azbestu z odpadów

Tabela 1. Światowa produkcja górnicza azbestu w 2000 i 2021 roku, Mg [8]

Kraj	2020	2021
Brazylia	154 000	190 000
Chiny	130 000	130 000
Kazachstan	250 000	230 000
Rosja	699 000	700 000
Zimbabwe	10 000	-
Razem	1 240 000	1 300 000

poflotacyjnych powstałych w procesie wydobywania i przerobu tego minerału. Średnia miesięczna produkcja w 2019 roku kształtowała się na poziomie 500 Mg. Firma w 2020 r. starała się pozyskać fundusze na wznowienie działalności kopalni King Mine (część kompleksu wydobywczego Gaths) w Mashava i Shabanie Mine (Zvishavane). Oszacowano, że przy pełnej wydajności kopalni King Mine będzie produkować 75 000 Mg azbestu rocznie. Jednak w 2021 roku nie zaktualizowano danych statystycznych odnośnie tego projektu (brak również informacji o przyznanej dofinansowaniu). Również w Kazachstanie rozważana jest kwestia recyklingu odpadów poflotacyjnych (nagromadzonych w ilości ok. 300 mln Mg) przez lokalny zakład przetwórczy (z siedzibą w mieście Zhetikara, region Kostanay). Zakład ten w latach sześćdziesiątych przetworzył ok. 310 mln Mg rud azbestu [9]. Niepokój powinny wzbudzać również plany recyklingu odpadów firmy Alliance Magnesium Inc. (AMI) z Quebec (Kanada) polegające na przekształceniu pozostałości po wydobywaniu azbestu i odzysku z nich magnezu. Rząd zainwestował już ponad 40 mln dolarów z funduszy publicznych w projekt tej firmy. W wyniku prowadzenia przez ponad 130 lat wydobywania metodą odkrywkową w regionach Quebecu powstało ok. 800 milionów Mg pozostałości (piaskowe gruz) [10]. Z doniesień prasowych wynika, że rząd prowincji Quebec jest gotów przyznać Firmie gwarancje, aby mogła wziąć 58 mln dolarów kredytu na budowę nowej kopalni azbestu pod warunkiem zachowania zasad bezpieczeństwa.

4. Handel azbestem i wyrobami zawierającymi azbest

Obecnie na całym świecie zużywa się ponad 2 mln Mg azbestu rocznie [11]. Organizacje lobbujące na rzecz azbestu cieszą się wciąż silnym poparciem rządu i przemysłu w Rosji, Indiach, Meksyku i wielu rozwijających się krajach. W 2021 roku, jak wynika ze statystyk handlowych prezentowanych przez Bank Światowy, zarówno eksport jak i import azbestu (tab. 2) i wyrobów azbestowych był wciąż duży. W 2021 roku największymi importerami azbestu (produkt handlowy oznaczony kodem HS 252500) były Indie, Indonezja, Chiny. W sumie 50 krajów importowało azbest o wartości 4 498 201 500 \$ USA. Natomiast największymi eksporterami azbestu były Federacja Rosyjska, Brazylia, Chiny, Indie. W sumie 50 krajów

Tabela 2. Eksport i import azbestu (kod handlowy produktu HS 252400) w 2021 roku kluczowych dystrybutorów, Mg [7]

Kraj	Import	Eksport	Kraj	Import	Eksport
Rosja	-	600 569 000	Bułgaria	-	153 375
Indie	409 987 000	1 857 440	Brazylia	-	153 571 000
Indonezja	130 038 000	-	Szwecja	1 182 000	-
Chiny	140 088 000	8 605 990	Pakistan	1 600 000	-
Uzbekistan	86 192 800	-	Salwador	1 108 630	-
Sri Lanka	71 441 500	-	Boliwia	536 000	-
Tajlandia	32 640 300	-	Azerbejdżan	782 000	-
Wietnam	29 091 700	2 786	USA	100 000	461 000
Tadżykistan	23 710 600	-	Peru	200 000	-
Myanmar	80 206 900	-	Angola	431 334	-
Republika Kirgiska	12 012 500	-	Malezja	2 761 530	23 025
Zimbabwe	2 694 910	-	Kambodża	288 000	-
Białoruś	8 464 530	13	Unia Europejska	1 338 320	-

eksportowało azbest o wartości 2 508 608 000 \$ USA [7]. Znacznie więcej państw wiaż eksportuje i/lub importuje wyroby zawierające włókna azbestowe. Statystyka handlowa Banku Światowego obejmuje 12 grup produktów zawierających ten niebezpieczny materiał. Wśród tych produktów są między innymi wyroby klasyfikowane kodem HS 681120 – Wyroby z azbestocementu, włókno-cementu celulozowego lub podobne; arkusze, płyty, płytki i podobne artykuły, inne niż arkusze faliste; HS 681190 – Wyroby z azbestocementu, włókno-cementu celulozowego lub podobne; HS 681220 – Azbest; artykuły z nich, przędza i nici, nawet wzmocnione, HS 681240 – Azbest; tkaniny lub dzianiny, z mieszaniny na bazie azbestu lub azbestu i węgla magnezu, nawet wzmocnione, HS 681110 – Wyroby z azbestocementu, włókno-cementu celulozowego lub podobne; arkusze faliste, HS 681130 – Wyroby z azbestocementu, celulozy i włókno-cementu

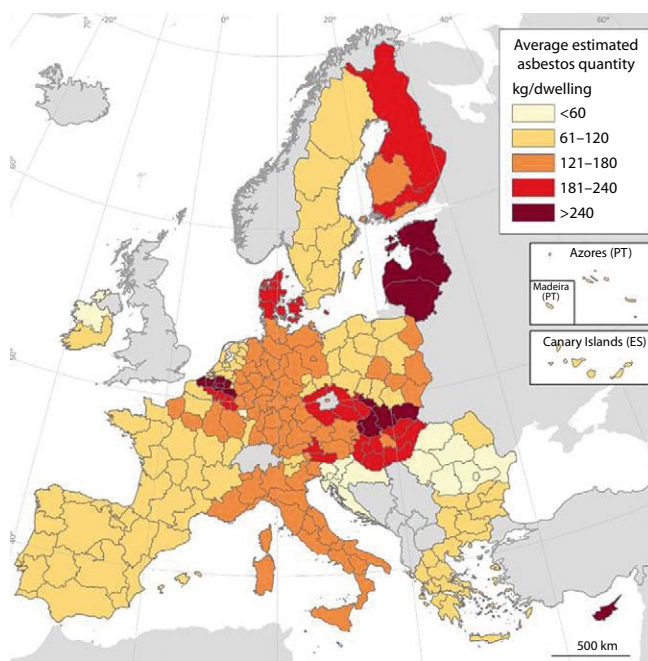
lub podobne; rury, przewody rurowe i łączniki rur lub przewodów rurowych. Analiza tych danych wyraźnie pokazuje, że wyroby zawierające włókna azbestowe wciąż są w obrocie handlowym w wielu krajach. Przykładowo w tabeli 3 przedstawiono dane odnośnie tylko jednej grupy wyrobów o kodzie handlowym HS 681120 dla największych dystrybutorów tych wyrobów. Szacuje się, że globalny popyt na azbest prawdopodobnie utrzyma się w dalej, szczególnie w przypadku rur cementowych, blachy dachowej i innych materiałów budowlanych w krajach Azji [8].

5. Wyroby azbestowe w budownictwie

Najczęstszym źródłem narażenia na działanie azbestu w istniejących budynkach są dachy azbestowo-cementowe, które zawierają od 10 do 20% włókien azbestowych. Do wytwarzania

Tabela 3. Eksport i import wyrobów z azbestu, celulozy i włókno-cementu lub podobne; arkusze, płyty, płytki i podobne artykuły, inne niż arkusze faliste (kod handlowy HS 681120) w 2021 roku, Mg (dla największych dystrybutorów) [7]

Kraj	Eksport	Import	Kraj	Eksport	Import
USA	207 561	255 240	Wietnam	1053	24 534
Tajlandia	801 582	544	Estonia	322	5 072
Unia Europejska	174 639	53 676	Polska	193	16 640
Belgia	125 811	25 414	Peru	1033	3 664
Węgry	315 962	16 068	Korea	394	81 528
Niemcy	40 508	21 060	Hongkong	506	12 677
Salwador	81 058	19 512	Rumunia	402	7 632
Malezja	153 921	20 615	Kanada	1678	158 329
Czechy	68 121	3598	Argentyna	436	4 538
Turcja	37 870	515	Nowa Zelandia	96	77 298
Litwa	39 360	1093	Szwecja	78	23 638
Kostaryka	49 374	11	Ekwador	3165	16 373
Irlandia	37 931	27 419	Brazylia	20 518	3 201
Austria	14 414	4953	Australia	4461	31 363
Indie	9 770	27 063	Rosja	7156	34 069
Szwajcaria	8384	5709	RPA	1 1904	10 121
Indonezja	80 067	17 171	Filipiny	145	32 646
Dania	8572	52 114	Kolumbia	31 954	122
Francja	18 051	6727	Włochy	1079	10 138



Rys. 1. Szacunkowa średnia ilość azbestu w budynkach mieszkalnych w krajach UE-27, [14]

tych azbestowo-cementowych materiałów, które na całym świecie zostały wbudowane w różne obiekty budowlane, wykorzystano najczęściej (70–90%) wydobytych włókien azbestowych [12]. Inne popularne produkty z cementu azbestowego to arkusze ścienne, rury kanalizacyjne, kształtki do odprowadzania wody deszczowej, izolacja rur ciepłej wody, zbiorniki wody pitnej, panele oddzielające i kanały wentylacyjne. Zawartość włókien azbestowych (surowego azbestu) w takich produktach wynosi ok. 15% [13].

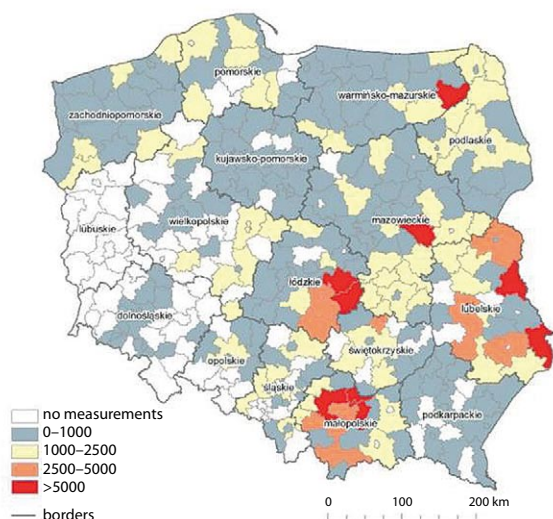
Popularność azbestu, pomimo licznych doniesień o jego szkodliwości, wciąż w krajach rozwijających się rośnie. Niedrogie, produkowane masowo materiały budowlane nadal cieszą się dużym zainteresowaniem i są wbudowywane w obiekty budowlane. Zwolennicy twierdzą, że azbest chryzotylowy (biały) jest bezpieczny, gdy jest używany w kontrolowanych warunkach. Natomiast kraje bardziej rozwinięte gospodarczo, w tym kraje UE wprowadziły zakaz stosowania materiałów azbestowych w budownictwie. Jednak nim wszedł on w życie, obiekty budowlane wznoszone w latach 1970–1990 w krajach Unii Europejskiej często zawierały znaczne ilości azbestu. Szacunkową średnią ilość azbestu w budynkach mieszkalnych w krajach UE-27 przedstawiono na rysunku 1. W większości regionów Europy Środkowej na mieszkanie przypada średnio ponad 120 kg azbestu. Mniej narażona na działanie azbestu są Rumunia, Chorwacja i Irlandia, gdzie średnia ilość azbestu w przeliczeniu na mieszkanie wynosi poniżej 60 kg [14].

Obecnie Polska jest pierwszym i jedynym krajem w Unii Europejskiej, która podjęła wyzwanie wycofania z użytkowania wszystkich wyrobów zawierających azbest. Rada Ministrów w maju 2002 roku przyjęła krajowy „Program usuwania azbestu i wyrobów zawierających azbest stosowanych na terytorium Polski” (M.P. 2009, nr 50, poz. 735). Jego realizacja

zaplanowana została na lata 2003–2032. Obecnie w Polsce zidentyfikowano ponad 8,5 mln Mg wyrobów zawierających azbest, z czego jedynie ponad 1,5 mln Mg poddano procesowi unieszkodliwiania, a nadal ponad 6,9 mln Mg czeka na unieszkodliwienie. Niektóre wyroby azbestowe nadal nie zostały zidentyfikowane i wprowadzone do bazy azbestowej podlegającej Ministerstwu Rozwoju i Technologii. Spośród 2477 polskich gmin tylko 2464 (99%) przekazało dane o osobach fizycznych, a 2365 (91%) o osobach prawnych w posiadaniu, których znajdują się obiekty zawierające materiały azbestowe [15]. Z raportu Najwyższej Izby Kontroli wynika, że rozbieżności co do ilości azbestu zawartego w Bazie Azbestowej w stosunku do danych posiadanych w tym zakresie przez jednostki samorządu terytorialnego wystąpiły w 18 z 23 skontrolowanych gminach (co stanowi 78,2%). Na statystyki zbieranych danych największy wpływ miała terminowość przesyłania raportów, w skrajnych przypadkach opóźnienia sięgały blisko czterech lat [16].

6. Stężenie włókien azbestu w powietrzu

W Polsce wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń czynników szkodliwych dla zdrowia człowieka w środowisku pracy określone są w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 r., poz. 1286). Zgodnie z rozrządzeniem wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) włókien azbestu w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy wynosi 0,1 włókna/1 cm³. W polskich przepisach nie określono natomiast dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń powietrza wewnątrz budynków ani też w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego pobytu ludzi. Oceniając wyniki pomiarów stężenia azbestu wewnątrz budynków i/lub pomieszczeń, za najwyższą akceptowalną wartość stanu higienicznego powietrza eksperci przyjmują wartość NDS [17]. Z badań [18] wynika, że stężenie włókien azbestu w powietrzu w 2004 roku w siedmiu powiatach na terenie Polski było powyżej 5 000 włókien na 1 m³, a w latach 2005–2013, przekraczało ten poziom tylko w jednym powiecie. W 2004 roku najwyższe średnie stężenia włókien azbestu w powietrzu odnotowano w powiecie łódzkim (w Zgierzu odnotowano 8 150 włókien/m³) i lubelskim (w Kraśniku – 8229 włókien/m³). Natomiast w 12 powiatach w powietrzu nie wykryto obecności żadnych włókien azbestu (rys. 2). Autorzy pracy nie wykazali jednak żadnej korelacji pomiędzy wielkością stężenia włókien w powietrzu mierzoną dla poszczególnych powiatów a zinventaryzowaną ilością na tym terenie wyrobów azbestowo-cementowych, czy też działalnością na tym terenie zakładów produkujących takie wyroby (przez szereg lat działało w Polsce 28 zakładów zajmujących się wytwarzaniem/przewarzeniem różnych wyrobów azbestowych).



Rys. 2. Stężenie włókien azbestowych w powietrzu w powiatach [18]

7. Skutki oddziaływania włókien azbestowych

Z szacunków Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) wynika, że obecnie ok. 125 mln ludzi na świecie jest narażonych na działanie azbestu w miejscu pracy. WHO zespólnie z Międzynarodową Organizacją Pracy (ILO) w 2003 roku ogłosiły globalny program „Eliminacji chorób związanych z azbestem”, kiedy oszacowano, że ok. 100 000 zgonów rocznie jest spowodowanych chorobami, tj. azbestozależny rak płuc, międzybłoniak i pylica azbestowa, powstałymi w wyniku zawodowej ekspozycji na włókna azbestowe. Ponadto szacuje się, że kilka tysięcy zgonów rocznie można przypisać narażeniu na działanie włókien azbestowych w środowisku życia (następstwo pozazawodowego narażenia na azbest) [19].

Spośród wszystkich schorzeń związanych z oddziaływaniem włókien azbestowych, najwięcej ofiar pochłania rak płuc, a następnie międzybłoniak. W 2017 roku roczna globalna śmiertelność spowodowana narażeniem na azbest wynosiła ok. 237 000 osób. Rok wcześniej (2016 r.) na choroby związane z azbestem zmarło 222 321 osób na całym świecie, w tym 39 275 w USA [11] i ok. 66 808 w krajach UE-27 [20]. Obecnie szacuje się, że w wyniku obciążenia azbestem na całym świecie odnotowuje się rocznie 239 000–243 223 zgonów. Warto zwrócić uwagę, że tylko niewielki ułamek chorób jest rejestrowany jako związany z azbestem i objęty rekompensatą [21]. Ryzyko zachorowania na nowotwór w wyniku oddziaływania włókien azbestowych zależy od rodzaju azbestu, właściwości fizykochemicznych włókien, okresu i intensywności narażenia, a w niektórych przypadkach również od współekspozycji na inne czynniki rakotwórcze (np. palenie tytoniu, węglowodory aromatyczne, metale ciężkie). Badania wyraźnie wskazały, że największe ryzyko zachorowania istnieje w przypadku narażenia na włókna amfiboli, następnie włókna mieszane (amfibol i chryzotyl) i wreszcie włókna chryzotylowe. Naukowcy są zgodni, że intensywność ekspozycji wymagana do wytworzenia międzybłoniaka może być niższa niż w przypadku

raka płuc lub zwłóknienia płuc (azbestoza). Takiej zgodności nie ma w odniesieniu do istnienia progu, poniżej którego nie ma znacząco zwiększonego ryzyka zachorowania na międzybłoniaka i raka płuc w wyniku intensywności oddziaływania azbestu. Wszyscy zgodnie twierdzą, że ryzyko zachorowania na raka płuc lub międzybłoniaka jest niewielkie przy dziennych poziomach narażenia na włókna poniżej 0,1 włókna/cm³ [22]. Również w rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 2018 roku (Dz.U. 2018 r., poz. 1286) w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, liczba włókien 0,1 w cm³ jest dzienną dopuszczalną wartością czynnika szkodliwego w środowisku pracy.

Jak wynika z najnowszych danych statystycznych, w Polsce w latach 2016–2019 największą zachorowalność na nowotwory złośliwe stwierdzono u mieszkańców województw świętokrzyskiego (483 zachorowania na 100 tys. ludności) i pomorskiego (478 przypadków), a najmniej u mieszkańców województw mazowieckiego i podlaskiego – mniej niż 360 nowych przypadków na 100 tys. mieszkańców. Odnotwane przypadki to zachorowania ogółem, nie tylko związane z chorobą zawodową [23]. Odnotowanych przypadków chorób zawodowych w Polsce w 2020 r. było ogółem 1850, z czego pylica płuc stanowiła 26,5% (490 przypadków) ogółu chorób zawodowych. W tej grupie chorób pylica azbestowa stanowiła 20,4% (100 przypadków), a pozostałe to pylica górników kopalń węgla (297 przypadków, 60,7% ogółu wszystkich pylic płuc) oraz pylica krzemowa (79 przypadków, 16,1%). Współczynnik zapadalności na choroby zawodowe związane ogółem z pylicą płuc, w 2020 roku, wyniósł 3,0, w przeliczeniu na 100 000 pracujących. Jest to więcej niż średnia przypadająca na lata 1970–2015 (69 przypadków/rok), kiedy ogółem odnotowano 3 110 przypadków azbestozy, z czego 68% stwierdzono u mężczyzn. Statystyczny pacjent z rozpoznaną azbestozą, jako chorobą zawodową, to osoba w wieku ponad 65 lat, z co najmniej 15-letnim stażem pracy w narażeniu na pył azbestu [3, 24].

8. Bezpieczeństwo pracy w sektorze budowlanym w aspekcie oddziaływania włókien azbestowych

W sektorze budowlanym ryzyko narażenia na działanie azbestu związane jest przede wszystkim z oddziaływaniem rozproszonych w powietrzu włókien azbestowych podczas prac budowlanych, tj. renowacje, modernizacje i rozbiórka obiektów budowlanych. Szacuje się, że na działanie azbestu narażonych jest od 4,1 do 7,3 mln pracowników, z czego 97% pracowników pracuje w sektorze budowlanym, w tym w zawodach pokrewnych (tj. dekarze, hydraulicy, stolarze, układacze podłóg), a 2% w branży gospodarowania odpadami. Nowotwory zawodowe są pierwszą przyczyną zgonów związanych z pracą w UE, a 78% nowotworów zawodowych uznanych w państwach członkowskich jest związanych z azbestem. W związku z tym przeciwdziałanie narażeniu

na działanie azbestu w miejscu pracy jest jednym z priorytetów strategicznych ram UE dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy na lata 2021–2027 [20].

Biorąc pod uwagę, że azbest nadal znajduje się na wielu budynkach, w tym w domach prywatnych, konieczne jest kompleksowe i zintegrowane podejście do procesu jego demontażu i utylizacji. Ochrona pracowników sektora budowlanego, przed narażeniem na działanie azbestu jest szczególnie ważna, ponieważ UE wdraża Europejski Zielony Ład, który zakłada zwiększenie tempa renowacji budynków, gdyż odpowiadają one za 36% emisji gazów cieplarnianych. Ponieważ szacuje się, że w 2050 r. ponad 85% istniejących budynków nadal będzie funkcjonować, renowacje w zakresie efektywności energetycznej będą miały zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia celów Europejskiego Zielonego Ładu. Wiele budynków o niskiej charakterystyce energetycznej wzniesionych z użyciem azbestu, podczas renowacji może w znacznym stopniu zwiększyć liczbę osób narażonych na negatywne oddziaływanie azbestu. Oczekuje się, że liczba narażonych pracowników, obecnie 4,1–7,3 mln, będzie rosła o 4% rocznie przez następne 10 lat [20].

Warto podkreślić, iż tak dużej ilości materiału azbesto-cementowego wbudowanego w obiekty, zarówno w kraju jak i całej UE, nie uda się szybko zdemontować i utylizować. Dlatego w celu bezpiecznego użytkowania tych wbudowanych w obiekt materiałów azbestowych, należy dokonać oceny ich stanu i możliwości dalszego bezpiecznego użytkowania. Wyroby w złym stanie technicznym, z widocznymi uszkodzeniami powinny być zdemontowane i zutylizowane. Natomiast wyroby niezakwalifikowane do wymiany powinny zostać zabezpieczone przez pokrycie wyrobów lub powierzchni zawierających azbest szczelną powłoką z głęboko penetrujących środków wiążących azbest, posiadających odpowiednią aprobatę techniczną. Na rynku dostępne są polimerowe farby elewacyjne (np. akrylowe (np. preparat Emulbit) akrylowo-silikonowe (np. Aksibet) lub na bazie żywicy silikonowej (np. preparat StoSilico). Można również zabezpieczyć materiał azbestowy poprzez zabudowę przestrzni, w której się znajduje ten materiał, szczelną przegrodą. W Polsce, prace zabezpieczające, podobnie jak demontażowe, powinny być prowadzone zgodnie z zasadami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobów i warunków bezpiecznego użytkowania i usuwania wyrobów zawierających azbest (Dz.U. 2004 r. nr 71, poz. 649).

9. Podsumowanie

Negatywne oddziaływanie włókien azbestowych, zarówno wolnych, jak i uwalnianych z wbudowanych materiałów budowlanych jest znane i udokumentowane. Wprowadzony zakaz stosowania i użytkowania wyrobów zawierających azbest jest zasadny, ale niestety obejmuje mniej niż połowę państw na świecie (66 z 195). Ponadto w krajach UE

dyrektywa dopuszcza wyjątki w stosowaniu wyrobów zawierających azbest (diafragmy azbestowe i wały), a w niektórych krajach na świecie dalej prowadzone jest wydobycie minerałów azbestowych (Brazylia, Rosja, Chiny, Zimbabwe i Kazachstan). Kilka państw (Zimbabwe, Kazachstan i Kanada) prowadzi lub zamierza prowadzić odzysk włókien azbestowych z odpadów. W krajach UE najwięcej azbestu znajduje się w wyrobach budowlanych, które wraz z prowadzeniem prac remontowych i modernizacyjnych będą musiały być zdemontowane i zutylizowane. Pracownicy kopalni i zakładów przetwórczych, podobnie jak pracownicy na budowie podczas prowadzenia prac remontowych, narażeni są na oddziaływanie szkodliwych włókien azbestowych. Biorąc pod uwagę ich szkodliwość, zakaz wydobywania włókien azbestowych i stosowania wyrobów je zawierających powinien obejmować wszystkie kraje, a zapewnienie bezpieczeństwa pracy z wyrobami azbestowymi powinno być jednym z priorytetów strategicznych wszystkich państw.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Łuniewski S., The removal of asbestos and asbestos – containing products as the component of waste management, *Ekonomia i Środowisko* 3/2017, str. 146–158
- [2] <https://www.epa.gov/asbestos>
- [3] Oziembło-Brzykczy S., Niebezpieczny azbest, Państwowa Inspekcja Pracy, Warszawa, 2019
- [4] Pyssa J., Rokita G. M., The asbestos – Occurrence, using and the way of dealing with asbestic waste material, *Mineral Resources Management* 23, 2007, str. 49–61
- [5] <https://www.atac.org.uk>
- [6] National Asbestos Bans [on] http://ibasecretariat.org/alpha_ban_list.php
- [7] <https://wits.worldbank.org>
- [8] U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January, 2023
- [9] Baigenzhenov O., Khabiyev A., Mishra B., Aimbetova I., Yulusov S., Temirgali I., Kuldeyev, Y., Korganbayeva Z., Asbestos waste treatment – an effective process to selectively recover gold and other nonferrous metals, *Recycling* 7/2022, str. 85
- [10] <https://montrealgazette.com/news/local-news/too-good-to-be-true-transforming-asbestos-mining-residue-into-money>
- [11] <https://www.asbestos.com/asbestos/statistics-facts/>
- [12] Lee E. S., Kim Y. K., Asbestos Exposure Level and the carcinogenic risk due to corrugated asbestos-cement slate roofs in Korea, *International Journal Environmental Research and Public Health* 18, 2021, str. 6925
- [13] Gualtieri A. F., Mineral fibre-based building materials and their health hazards, in: *Toxicity of Building Materials*, 2012, str. 166–195, <https://doi.org/10.1533/9780857096357.166>
- [14] Maduta C., Kakoulaki G., Zangheri P., Bavetta M., Towards energy efficient and asbestos-free dwellings through deep energy renovation, EUR 31086 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022
- [15] <https://bazaazbestowa.gov.pl/pl/>
- [16] Raport NIK (LOL.430.003.2022) – Usuwanie wyrobów zawierających azbest, Warszawa, 2022
- [17] <https://www.prawo.pl>
- [18] Krówczyńska M., Wilk W., Environmental and Occupational Exposure to Asbestos as a Result of Consumption and Use in Poland, *International Journal Environmental Research and Public Health*, 16, 2019, str. 2611
- [19] <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-07-02>
- [20] Brussels, 28.9.2022 COM(2022) 488 final
- [21] Takala J., Global elimination of asbestos and asbestos-related diseases, *Safety and Health at Work*, 2022, 13, S66
- [22] Rodilla J. M. R., Cerrada B. C., Pujadas C. S., Delclos G. L., Benavides F. G., Fiber burden and asbestos-related diseases: an umbrella review, *Gac Sanit.*, 36(2)2022, str. 173–183
- [23] Dane GUS: Zdrowie i ochrona zdrowia, Warszawa, 2019, 2020, 2021
- [24] Świątkowska B., Hanke W., Choroby zawodowe w Polsce w 2020 roku, *Medycyna Pracy* 73, 2022, str. 427–433

Budowanie kultury bezpieczeństwa w organizacji – elementy systemu i praktyka jego tworzenia

Building a safety culture in the organization – elements of the system and the practice of its creation

Agata Westfalewska (ORCID 0009-0004-3672-055X), starszy specjalista ds. BHP, Agnieszka Pankau (ORCID 0009-0003-6315-2335), główny specjalista ds. zrównoważonego rozwoju, Skanska SA.

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9395

Streszczenie: Budowanie bezpiecznego środowiska pracy wymaga technicznego i proceduralnego podejścia, jednak jak pokazują doświadczenia dojrzałych organizacji oraz nowe teorie zarządzania nie może się do tego ograniczać. Obok wspomnianych działań potrzeba jednocześnie rozwijać odpowiednią kulturę organizacyjną, skupioną na wartościach. Stworzenie wspierającej kultury wymaga jednak wielu planowych działań oraz czasu. W artykule zamierzamy przybliżyć te elementy systemu, które w przypadku naszej organizacji okazały się najistotniejsze oraz podzielić się wieloletnim doświadczeniem z pracy nad kulturowym aspektem zarządzania bezpieczeństwem, by zainspirować innych do budowania postaw, które chronią życie.

Słowa kluczowe: budownictwo, bezpieczeństwo, kultura bezpieczeństwa, Skanska.

Abstract: Building a safe work environment requires a technical and procedural approach, but as the experience of mature organizations and new management theories show, it cannot be limited to this. In addition to the measures mentioned above, there is a need to simultaneously develop an appropriate organizational culture focused on values. However, creating a supportive culture requires a lot of planned activities and time. In this article, we intend to introduce those elements of the system that, in the case of our organization, proved to be the most relevant, and share our years of experience working on the cultural aspect of safety management to inspire others to build attitudes that protect life.

Keywords: construction, safety, safety culture, Skanska.

1. Wprowadzenie

W kształtowaniu bezpiecznych warunków pracy w organizacji niezbędne jest budowanie kultury bezpieczeństwa. Bez kultury bezpieczeństwa nie możemy mówić o zarządzaniu bezpieczeństwem. Więc na początek musimy sobie odpowiedzieć, co to jest kultura i czym jest dla nas? Jak my ją rozumiemy? Z wielu dostępnych definicji nie można wybrać jednej najlepszej czy jedynie dobrej [1]. Na nasze potrzeby możemy przyjąć, że ogólnie kultura jest społecznym systemem czasowo-przestrzennym związanym z działalnością człowieka [1]. I dalej, przechodząc z poziomu ogólnego kultury do poziomu organizacji można wskazać na kulturę organizacyjną, która jest określana jako system wartości i norm zachowań odnoszących się do sfery kontaktów międzyludzkich w samym przedsiębiorstwie lub z jego otoczeniem [2]. Kultura bezpieczeństwa jest częścią większej kultury organizacyjnej. W każdej organizacji na kulturę składa się zbiór czynników psychologicznych, społecznych i organizacyjnych, związanych z systemem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, zachowaniami pracowników, a także ich cechami indywidualnymi [3]. Dla rozwoju

kultury bezpieczeństwa w organizacji na wysokim poziomie niezbędne są między innymi spójne wartości, świadomi liderzy, zaangażowani pracownicy, ocena ryzyka, planowanie, analizy wypadków i zdarzeń, cykliczne badania klimatu oraz wizja kultury bezpieczeństwa.

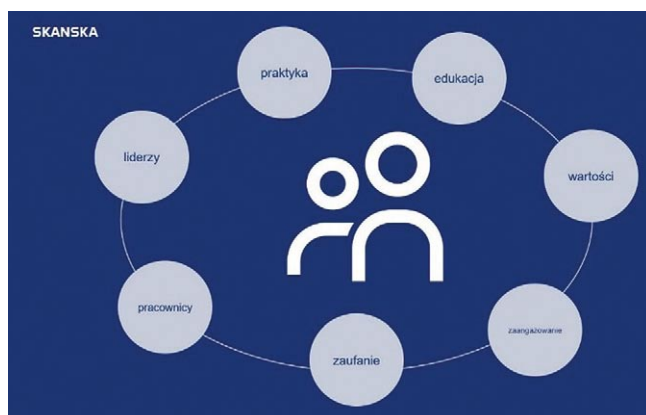
Celem artykułu jest przybliżenie tych elementów systemu, które w przypadku organizacji Skanska okazały się najistotniejsze, oraz podzielenie się wieloletnim doświadczeniem z pracy nad kulturowym aspektem zarządzania bezpieczeństwem, aby zainspirować innych do budowania postaw, które chronią życie.

2. Elementy kultury bezpieczeństwa

2.1. Spójne wartości

Obecnie generalni wykonawcy, w tym należący do Porozumienia dla Bezpieczeństwa w budownictwie, przedstawiają w narracji publicznej swoje wartości w zakresie bezpieczeństwa, etyki, czy ogólnie zrównoważonego rozwoju. Możemy zobaczyć hasła troski o życie i zdrowie pracowników, to że najważniejsze jest bezpieczeństwo, że liczy się przede wszystkim człowiek. Powyższe hasła przekładają się na misje, plany

czy strategii działalności danego wykonawcy. Tak samo jest w Skanska, gdzie jedną z wartości jest – Troszczy się o życie, czyli troska o ludzi i środowisko. Istotna dla każdego człowieka jest spójność wyznawanych wartości. Trudno rozdzielić wyznawane wartości na te prywatne i te zawodowe. Jeśli pracownik ceni każde życie i są dla niego ważne zwierzęta, rośliny, otaczające środowisko, to bardzo trudno będzie mu pracować w firmie o innym systemie wartości. Pracownik kochający zwierzęta nie będzie pracował w uboju lub w firmie prowadzącej doświadczenia na zwierzętach, bowiem wystąpi dysonans poznawczy, czyli zderzenie wartości wyznawanych przez pracownika z wartościami proklamowanymi przez firmę. A tylko spójne wartości stanowią podstawę do nawiązania relacji, do stworzenia zaangażowania pracowników, a tym samym do kształtowania spójnej kultury bezpieczeństwa w danej firmie czy organizacji.



Rys. 1. Elementy budowania kultury bezpieczeństwa

2.2. Świadomi liderzy

Elementem kultury bezpieczeństwa w organizacji są przede wszystkim świadomi liderzy, którzy kierują zespołami pracowników czy to w biurze czy na budowie. Na projektach są to menedżerowie projektów, kierownicy budowy, kierownicy robót czy majstrowie. Lider jest nie tylko liderem, z mianowania czy awansu, ale przede wszystkim posiada kompetencje do pełnienia tak bardzo ważnej funkcji czy stanowiska. Prawo nakłada na kierowników ogromną odpowiedzialność, która wprost wynika z prawa budowlanego, ale również z racji wyznawanych wartości. Zaangażowanie w wartości to nie tylko promowanie i głoszenie haseł, ale też pokazanie i spójne stosowanie tych wartości w codziennym życiu prywatnym i w pracy. Lider mający taką ważną funkcję, w sposób ciągły, powinien pracownikom dawać przykład, jak się zachowywać, zarówno pod kątem bezpieczeństwa, ale też i etyki, która również jest związana z tymi wartościami. Dla każdego lidera oprócz odpowiedzialności karnej wynikającej z obowiązujących przepisów prawnych kluczowa jest odpowiedzialność za pracowników i ich rodziny. Tutaj bowiem chodzi o ludzkie zdrowie i życie. Lider w trudnej sytuacji musi zdobyć się na odwagę przeprowadzenia trudnej rozmowy czy podjęcia decyzji w krótkim czasie.

Świadomy lider wie, że nie można oddzielić zarządzania bezpieczeństwem od realizacji projektu. I rzeczywiście jest tak, że jak projekt jest dobrze zaplanowany, zorganizowany, z dobrze przypisanymi odpowiedzialnościami, to jest bezpiecznie i czysto. Projekt z jednej strony jest bezpieczny, a z drugiej strony jest projektem, który osiąga najlepsze wyniki. Lider nie obawia się również kosztów związanych z bezpieczeństwem. Oczywiście do bezpiecznego projektu potrzebne są odpowiednie planowanie i zasoby, ale z drugiej strony mamy koszty ewentualnego wypadku, które są nie do przewidzenia. Lider nie tylko stoi na czele zespołu, ale jest jego częścią. Lider prowadzi zespół, w którym ważny czuje się i jest każdy pracownik, również pracownik podwykonawcy. Tylko w ten sposób przez cały projekt wskazuje, że bezpieczeństwo jest częścią realizacji, a konsekwencja i spójność w działaniu przynoszą spodziewane efekty. Lider zarządza zespołem, w którym każdy czuje się dobrze i komfortowo, niezależnie od funkcji czy stanowiska, jakie pełni. I ten zespół ma jeden wspólny cel – bezpieczna realizacja projektu. Aby to osiągnąć, lider przede wszystkim rozmawia z pracownikami, wymienia się pomysłami na projekt, na realizację każdego zadania, zaprasza pracowników do analiz wypadków. W kulturze bezpieczeństwa liderzy nie tylko przekazują pracownikom ważne informacje, ale pracownicy czują, że mogą przyjść do swojego szefa z każdą sprawą. Zaangażowanie pracowników i relacje z nimi są o tyle istotne, bo dzięki nim tworzy się swego rodzaju baza danych o wypadkach, o zagrożeniach, o ryzykach w danym miejscu pracy.

2.3. Wizyty bezpieczeństwa

Dobrą praktyką już od kilku lat w Skanska są wizyty bezpieczeństwa, podczas których liderzy odwiedzają projekty i skupiają się głównie na sferze bezpieczeństwa. Te wizyty mają na celu pokazanie, zwłaszcza na tych trudniejszych projektach, w tych trudniejszych zespołach, że każdy ma wpływ na bezpieczeństwo. To nadanie każdemu pracownikowi zaufania i odpowiedzialności za wykonywanie zadań, pokazanie, że każdy pracownik ma wpływ na to, co robi i w jaki sposób. To wpływa na bezpieczeństwo jego i innych pracowników. Wizyty bezpieczeństwa to również okazja do rozmowy. Przy kształtowaniu kultury bezpieczeństwa należy podkreślać, że bardzo ważne są relacje międzyludzkie, empatia i otwartość na człowieka. Z punktu widzenia lidera wizyty bezpieczeństwa to również oddanie czasu pracownikom. Pracownicy na projektach, jak widzą dyrektora czy prezesa, który przyjeżdża i odwiedza ich projekt, czują się dostrzeżeni i docenieni. Jeśli lider z prawdziwym zaangażowaniem przyjeżdża na projekt, obserwuje i naprawdę chce rozmawiać z pracownikami, to wizyty są dodatkowo motywujące. Pojawia się wówczas szansa na szczerą rozmowę o pracy, o ryzykach w codziennych zadaniach. Mamy wówczas szansę na dyskusję na temat praktycznych rozwiązań czy o jakiejś nowej technologii, które w danym momencie możemy zastosować. To też daje obu stronom, zarówno liderom jak i pracownikom, wpływ na promowanie

proaktywnych zachowań, co często przynosi pozytywne efekty w kwestii rozwoju bezpieczeństwa na projektach.

2.4. Zaangażowani pracownicy

Jak już zostało wspomniane, bardzo ważne jest zaangażowanie pracowników w życie firmy. Bardzo ważna jest dwustronna komunikacja z pracownikami. Istotne są szczerze rozmowy liderów z pracownikami i uważne ich słuchanie. Okazji do rozmów z pracownikami jest bardzo wiele.

- Po pierwsze, to codzienna poranna odprawa brygad przed rozpoczęciem pracy, przy uwzględnieniu najważniejszych punktów: kto będzie wykonywał zadanie, jaki jest zakres zadania, lokalizacja, jakie mamy dostępne zasoby – środki czy sprzęt, w jaki sposób będziemy to zadanie wykonywać. Pomocą do prowadzenia odpraw codziennych jest wcześniejsze wspólne opracowywanie w zespole realizacyjnym Instrukcji Bezpiecznego Wykonywania Robót (IBWR), dla prac szczególnie niebezpiecznych. I tutaj do jej opracowania jak najbardziej warto zaprosić pracowników produkcyjnych, również z firmy podwykonawczej, jeśli ich to zadanie obejmuje. To właśnie oni, zarówno ze względu na swoje doświadczenie i większą możliwość narażenia na ryzyko, zdefiniują ryzyko i sposób jego zmniejszenia podczas prowadzenia robót.

- Warunkiem koniecznym do zaangażowania pracowników jest edukacja w zakresie bezpieczeństwa. Dobre szkolenia są dostosowane do każdego stanowiska i są zgodne z potrzebami pracowników, ale również odbywają się w zaplanowanym systemie. To znaczy, że każdy nowy pracownik jest automatycznie wciągany w roczny czy kilkuletni cykl szkoleń. I na bieżąco weryfikowane są jego potrzeby szkoleniowe przez zespoły HR. Szkolenia obejmują również wdrożenia czy zastosowanie nowych standardów: np. wdrożenie okularów, wdrożenie jakiegoś nowego rodzaju zabezpieczeń lub nowej metody pracy.

- Kolejną okazją na budowach Skanska, która sprzyja budowaniu kultury bezpieczeństwa, jest zgłaszanie i rejestrowanie obserwacji w aplikacji Safety App. Dostęp do niej mają wszyscy pracownicy. Pracownicy zgłaszają obserwacje i wszelkiego rodzaju informacje o swoim miejscu pracy czy naruszeniach, dlatego bardzo ważne jest ich słuchanie i przekazywanie informacji zwrotnej. Zgłoszenie wypadku czy zwrócenie uwagi komuś, niezależnie od stanowiska, na projekcie o wysokim poziomie kultury bezpieczeństwa, nie jest odbierane jako skarżenie albo donoszenie, tylko jako troska o siebie, o kolegów, o wspólne miejsce pracy. W kulturze bezpieczeństwa ważna jest rozmowa i relacje. Mamy tu do czynienia z sytuacją, gdzie obie strony wygrywają: pracownik ma komfortowe miejsce pracy, a lider może spokojnie skupić się na innych aspektach projektu.

- W kulturze bezpieczeństwa nie możemy zapomnieć o konsultacjach z pracownikami w kontekście wyboru sprzętu czy środkach ochrony indywidualnej. Pracownicy mają możliwość sprawdzenia, czy dostępne narzędzia, buty, czy okulary zapewniają komfort i bezpieczne warunki pracy.

- W idealnej sytuacji w kulturze bezpieczeństwa elementem istotnym jest analiza zdarzeń. W każdym poważnym wypadku, kiedy dokonujemy analizy zdarzenia, wdramy zalety i wnioski, które wypływają z danej sytuacji. Badamy zdarzenie po kolei, z zastosowaniem sekwencji, od momentu przyścia pracowników w danym dniu do pracy do zaistnienia zdarzenia. I dalej, co po tym zdarzeniu się stało, niezależnie od rodzaju zdarzenia, czy był to śmiertelny wypadek, ciężki, czy zdarzenie z potencjałem śmiertelnym. W czasie tej analizy bierzemy pod uwagę wszystkie czynniki, które mogły przyczynić się do wystąpienia danego zdarzenia.

- Kolejnym elementem budowania kultury bezpieczeństwa jest jej promowanie, czego przykładem jest Tydzień Bezpieczeństwa. To wyjątkowy czas wydarzeń, szkoleń, pokazów, warsztatów, ale przede wszystkim to czas na spotkanie i rozmowy z pracownikami na projektach i w biurach.

2.5. Wizja kultury bezpieczeństwa

Jak poznać firmę o wysokim poziomie kultury bezpieczeństwa? Kiedy odwiedzamy projekt w takiej firmie, to widzimy, że jest dobrze zorganizowany, zespół realizacyjny jest zgrany i każdy pracuje. Wizyta czy kontrola nie ma wpływu na pracowników. Pracują bezpiecznie zawsze, a nie tylko wtedy, kiedy ktoś na nich patrzy. Pracownicy mają bowiem wartości głęboko zakodowane i nie czują obawy przed kontrolą czy wizytą na projekcie osób z zewnątrz.

Kiedy na takim projekcie zapytasz się pracownika o bezpieczeństwo, to odpowie, że to odpowiedzialność jego i jego współpracowników. Pracownicy czują się odpowiedzialni za swoje stanowisko pracy. Akceptacja przyjęcia osobistej odpowiedzialności za bezpieczeństwo w takiej firmie jest bardzo ważna dla rozwoju kultury. Pracownik pracujący w firmie o dużym poziomie bezpieczeństwa ma wyższą motywację, będzie miał lepszy komfort pracy, będzie się czuł dumny, że w takiej firmie pracuje i będzie bardziej przywiązany do firmy. I to przywiązanie to jest dla firmy pożądane. Wówczas firma ma pracowników lojalnych, o wysokim morale, a w dodatku pracownika odpowiedzialnego.

I tak jak w zamkniętym kole pracownicy w firmie wpływają na poziom kultury. Pracownicy reagują natychmiast, jeśli zobaczą, że jest coś nie tak, lub za chwilę to niedociągnięcie może być przyczyną zdarzenia lub wypadku. Dyscyplina nie jest wprowadzana przez kierownictwo, ale pracownicy sami siebie nawzajem dyscyplinują, zwracają sobie uwagę, np. gdy ktoś niewłaściwie trzyma młotek, podchodzi zbyt blisko do maszyny czy w biurze idzie korytarzem i jednocześnie pije kawę. Pracownicy są świadomi tego, jak pod tym względem radzi sobie projekt, a także cała firma. Pracownicy nie czują tego, że już wszystko zostało w zakresie BHP zrobione. Tylko, że zawsze można coś poprawić.

Każdy na takim projekcie, począwszy od pracownika produkcyjnego do menadżera, czuje się odpowiedzialny i wierzy, że może coś zmienić w zakresie kultury bezpieczeństwa. Szkolenia w takiej firmie postrzegane są jako szansa

na rozwój, ponieważ są konstruktywne, motywujące i inspirujące, mogą wpływać na zmianę postaw. Kultura bezpieczeństwa ma bardzo wiele korzyści, w niej wzmacniają się relacje międzyludzkie, wzrasta zaufanie. W kształtowaniu kultury trzeba zacząć od stałej i spójnej komunikacji pomiędzy pracownikiem a liderem.

3. Praktyka w budowaniu kultury bezpieczeństwa – działania podejmowane w spółce budowlanej Skanska w Polsce

Dla inżynierów pojęcie kultury bezpieczeństwa bywa trudne do uchwycenia w słowa. Zdarza się też, że w przeciwieństwie do materialnych wytworów działalności produkcyjnej, w działaniach na rzecz rozwijania odpowiednich postaw pracowników nie dostrzegają oni namacalnych korzyści. Proces tworzenia kultury organizacyjnej bazującej na wartościach, w tym na bezpieczeństwie, jest więc długotrwały i może stanowić wyzwanie. Oznacza też podejmowanie różnorodnych inicjatyw, obserwowanie ich efektów i elastyczne dopasowywanie podejścia do aktualnej sytuacji w organizacji. Jednak, jak wspomniano wcześniej, dla powodzenia biznesowego nie tylko w obszarze bezpieczeństwa, warto zdobyć rozeznanie co do tego, jak wygląda poziom kultury w organizacji, którą reprezentujemy oraz podjąć wysiłek zbudowania sprawnego systemu, zawierającego istotne elementy kultury, których ważność potwierdza literatura tematu i doświadczenia praktyków.

3.1. Kultura organizacyjna w Skanska

W Skanska, zarówno na poziomie całej międzynarodowej organizacji, jak i w Polsce, od lat szukamy rozwiązań dla tworzenia bezpiecznych warunków pracy. Wprowadziliśmy wiele usprawnień technicznych i organizacyjnych. Nieustannie szukamy inspiracji. Dostrzegamy, że podejście polegające na dostarczeniu pracownikom odpowiedniego sprzętu, narzędzi i procedur ma swoje granice. Potrzebujemy wykształcić u pracowników przekonanie, że swoimi wyborami i zachowaniami mają wpływ na bezpieczeństwo swoje i innych osób. Podejmujemy więc sporo działań, które mają na celu budowanie odpowiednich postaw. Najpierw jednak musieliśmy zrozumieć, w jakim miejscu jesteśmy, jakie zachowania reprezentują nasi pracownicy i dlaczego podejmują takie, a nie inne decyzje. Określenie bieżącej sytuacji nie jest możliwe bez osadzenia jej w kontekście historycznym danej organizacji, ma ona bowiem wpływ, niekiedy nie zawsze uświadomiony, na kierunek, w jakim podąża przedsiębiorstwo.

Kultura organizacyjna w firmie Skanska jest silnie zdeterminowana przez swoją historię. Szwedzki założyciel firmy R.F. Berg okazał się nie tylko innowacyjnym przedsiębiorcą, ale również liderem zaangażowania społecznego, dbał o swoich pracowników i poprawę ich warunków socjalnych. Do stworzonej przez siebie organizacji na trwałe wprowadził zasadę, o którą miały opierać się przyszłe jej działania: Budujemy z korzyścią dla

społeczeństwa. Wcielanie tej zasady w życie przybierało różne oblicza, a najnowszym jej wyrazem jest wdrażanie kultury opartej o wartości. W 2016 r. na poziomie centralnym w organizacji zredefiniowano kluczowe dla firmy wartości, które stały się wyznacznikiem kierunków działania dla każdej jednostki biznesowej, w tym polskiej części organizacji. Zgodnie z deklaracją złożoną przez wiceprezesa ds. kultury w korporacji na poziomie globalnym:

– *W Skanska aspirujemy do bycia firmą prawdziwie opartą na wartościach, co oznacza, że nasze wartości powinny znajdować odzwierciedlenie w tym, co mówimy, co robimy, jak postrzegamy siebie i jak jesteśmy postrzegani przez innych. Opierając się na wynikach badania zaangażowania, opiniach nowych, długoletnich i/lub powracających pracowników oraz zewnętrznych interesariuszy, możemy stwierdzić, że nasze wartości są dobrze znane, wysoko cenione i silne [4].* Wśród tych wartości istotną pozycję zajmuje troska o życie, w której ramach mieści się bezpieczeństwo. Coroczne badania zaangażowania prowadzone wśród pracowników odnoszą się również do tego aspektu, potwierdzając powyższe. Jednak dla dostrzeżenia konkretnych tendencji w zakresie zachowań ludzi w kwestii bezpieczeństwa przeprowadza się szeroko zakrojone specyficzne badania, zwane badaniami klimatu BHP. Dzięki tego rodzaju ankietom można wyłapać wyzwania, zagrożenia, słabe punkty, ale i potencjał, na którym możemy budować.

3.2. Rozpoznanie potrzeb kulturowych

W Skanska w Polsce badanie klimatu BHP przeprowadziliśmy dwukrotnie, w latach 2010 i 2014. Uzyskane wyniki dostarczyły nam informacji, że potrzebujemy w naszych działaniach skupić uwagę na kilku obszarach, takich jak raportowanie – zgłaszanie wypadków i zdarzeń oraz usprawnienie procedur i przyjazną dla odbiorcy pracę z nimi. Te badania dały nam wskazówki, od czego zacząć, jeśli chcemy pracować z kulturą. W kolejnych latach zbudowaliśmy program, który adresował te ważne potrzeby. Jego bazą uczyniliśmy kwestię raportowania zdarzeń. Wybierając temat przewodni zmiany można mieć wątpliwości, co z pozostałymi obszarami, które również wymagają zmiany kulturowej. Za wskazówkę przyjęliśmy teorię budowania nawyków, którą można odnieść nie tylko do nawyków jednostki, ale też całych organizacji. Zgodnie z nią zmiana w dotychczasowym działaniu w jednym obszarze może zmienić pozostałe dziedziny życia czy działania organizacji. Niektóre nawyki, zwane nawykami kluczowymi są w stanie wywołać reakcję łańcuchową, zmieniając różne zwyczaje w organizacji [5]. Nasz proces zmiany oznaczał na początek stworzenie i wdrożenie przyjaznego dla użytkownika narzędzia do raportowania danych, które służyły do nas od pracowników oraz platform do dzielenia się danymi. Podczas jego implementacji zauważyliśmy jednak, jak istotne znaczenie miało wyjaśnienie celu i ważności jego używania.

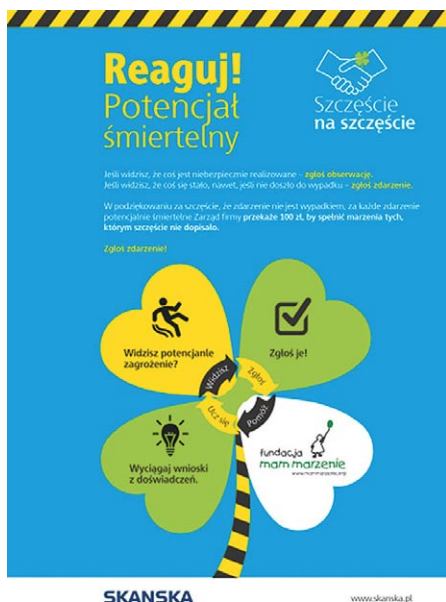
W 2017 roku przygotowaliśmy więc ogólnopolską kampanię świadomościową powiązaną z celem charytatywnym mającą zwrócić uwagę pracowników na sens raportowania obserwacji

i zdarzeń, szczególnie tych o potencjale śmiertelnym. Zależało nam na dobrym zrozumieniu tego pojęcia oraz istoty piramidy wypadkowej, stąd kampanię wsparliśmy serią warsztatów dla kierownictwa oraz zespołów projektowych. Chcąc uzyskać większą raportowalność, trzeba było popracować nad otwartością pracowników, ich przekonaniem, że mogą powiedzieć o czymś, co nie jest dobrą wiadomością i nie zostaną za to skrytykowani czy ukarani – dla wielu ludzi była to potężna zmiana przekonań. Zwiększenie otwartości w kwestii raportowania zdarzeń

i wypadków wpłynęło na zbudowanie jej w innych obszarach, na zwiększenie bezpieczeństwa psychologicznego. Dowodów na to dostarczyły nam kolejne badania, do których nawiązanie pojawi się w dalszej części artykułu.

Jednocześnie uzyskaliśmy dostęp do wiedzy, która wcześniej była przed nami ukryta – do informacji o zdarzeniach i obserwacjach niepokojących sytuacji na budowach. Mogliśmy analizować większą partię rzeczywistości, zaczęliśmy więc intensywną pracę z analizą wypadków. Zależało nam na tym, by dotrzeć do prawdziwych, pierwotnych przyczyn wypadków. Uczyliśmy zespoły analizujące, w skład których mieli wchodzić zarówno liderzy, jak i pracownicy operacyjni, szukać czynników istotnych i zastanawiać się nad powiązaniem między nimi. Dla poważnych zdarzeń przeprowadzanie analizy stało się obowiązkowe, a fakt ich wykonania powiązany został z celami finansowymi. Realizacja zaleceń z analizy miała zostać poddawana weryfikacji podczas przeglądów projektów dokonywanych przez menedżerów. Skoncentrowanie i usystematyzowanie tych działań sprawiło, że myślenie pracowników o wypadku czy zdarzeniu skupione jest na szukaniu przyczyn, a nie winnych. Do teraz spotkania mające na celu omówienie wypadku, który zdarzył się w jakiejś części organizacji, należą do najbardziej cenionych przez pracowników, jeśli chodzi o narzędzia wpływu na świadomość.

Kwestia raportowania zdarzeń stała się pewnego rodzaju bazą systemu, na którym stopniowo zaczęliśmy budować inne elementy. Oczywiście nie byliśmy jedynymi, którzy mieli podobne przemyślenia i podejmowali podobne działania. W całym Porozumieniu dla Bezpieczeństwa w Budownictwie wymienialiśmy się wnioskami z tej pracy. W ten sposób dzwignęliśmy poziom kultury bezpieczeństwa na wyższy poziom nie tylko w jednej organizacji, ale w całej branży.



Rys. 2. Plakat użyty podczas kampanii Szczęście na szczęście promującej raportowanie zdarzeń, 2017 r.

3.3. Działania dla wzmocnienia przywództwa liderów i kompetencji specjalistów BHP

W tym samym czasie przeprowadziliśmy analizę jakości wizyt wyższego kierownictwa na projektach – narzędzia, które od kilku lat było wdrażane w organizacji. Chcieliśmy wzmocnić jego przywódczą rolę oraz wykorzystać tę przestrzeń dla szerzenia świadomości związanej z potrzebą otwartego rozmawiania o nieprawidłowościach, by się z nich uczyć. Podjęliśmy indywidualną pracę z członkami zarządu oraz dyrektorami, by ich wizyty miały wartość dla pracowników i sprzyjały celom, na jakich skupiliśmy się w tym okresie w zarządzaniu bezpieczeństwem.

Uwagę poświęciliśmy też zespołowi specjalistów BHP oraz ich kontrolom na budowach. Pracowaliśmy nad rozwojem umiejętności komunikacyjnych oraz doradczym i wspierającym podejściu do wspólnego rozwiązywania problemów. Pracę indywidualną wzmocniliśmy serią warsztatów z zakresu kompetencji technicznych i społecznych, wykorzystując wewnętrzne zasoby, zainteresowania i mocne strony samych specjalistów. Między innymi te wysiłki sprawiły, że dziś specjaliści BHP są bardzo cenionym przez zespoły projektowe wsparciem.



Rys. 3. Prezentacja danych BHP – przykładowy raport

Podjęliśmy sporo działań, czuliśmy, że postawy pracowników się zmieniają, a jednocześnie w krótkim czasie doszło do kilku poważnych i śmiertelnych wypadków. Kiedy dzieje się coś niepokojącego, w organizacjach często w naturalny sposób więcej uwagi poświęca się postawom ludzkim. Zwrócił na to uwagę badacz Edgar Schein w jednym z wywiadów. Jego zdaniem pojawienie się problemów skłania do zawrócenia ku kulturze i przyjrzeniu się, co nie działa, a co działa i dlaczego. Dla zobrazowania sensu swoich rozważań profesor użył podczas wspomnianej rozmowy przykładu rośliny – liście i kwiaty, ich wygląd i stan to efekt tego, co dzieje się w systemie korzeniowym. Podobnie kiedy chcemy zrozumieć, dlaczego w danej organizacji ludzie robią coś w określony sposób, należy szukać tych przyczyn głębiej niż tylko

w tym, co jest widoczne na pierwszym rzucie oka [6]. By dociec tych przyczyn, badania klimatu o charakterze ilościowym mogą zostać uzupełnione pogłębioną analizą jakościową. W 2017 r. podjęto zatem decyzję o przeprowadzeniu w Skanska w Polsce wnikliwej oceny z udziałem audytorów z innych części organizacji, tzw. Deep Dive. Wnioski koncentrowały się na konieczności podjęcia pracy nad zarządzaniem bezpieczeństwem przez liderów, nad ich utożsamianiem się z wartościami firmy i takim budowaniu systemu, by na każdym poziomie zarządzania zapewnić rzeczywiste przestrzeganie norm, nie tylko tych wynikających z przepisów prawa, ale też standardów i zasad, które budujemy, bazując na wynikach analiz wypadków i zdarzeń. Przenalizowaliśmy narzędzia, którymi dysponowaliśmy i oceniliśmy ich skuteczność. W zakresie budowania postaw uwagę skoncentrowaliśmy między innymi ponownie na wizytach bezpieczeństwa wyższego kierownictwa jako na ważnym elemencie systemu, podczas którego widoczne jest przywództwo liderów. Tym razem w program warsztatów dla wszystkich dyrektorów i menedżerów włączyliśmy szereg zagadnień rozwijających kompetencje społeczne, praktyczne ćwiczenia oraz wymianę doświadczeń. Warsztaty poprzedziliśmy wywiadami z pracownikami będącymi odbiorcami tych wizyt, by zwrócili uwagę na najważniejsze z ich

3.4. Budowanie postaw i utrwalanie zmian

Dostrzegając wartość z pogłębionych badań, w 2020 roku, przygotowując się do kolejnej serii warsztatów, obejmujących swym zakresem już nie tylko konkretne narzędzie wpływu, ale całe podejście oparte na wartościach, przeprowadziliśmy szereg wywiadów, w których zapytaliśmy pracowników o dostrzegane zmiany na polu zrównoważonego rozwoju, w tym bezpieczeństwa. Wywiady miały bardziej swobodny i indywidualizowany charakter i dzięki temu pozwoliły na usłyszenie prawdziwych opinii pracowników. Potwierdziły one nasze oczekiwania, że wdrażane działania stopniowo zmieniają ich świadomość. Zarówno pracownicy produkcyjni, jak i kierownictwo dawało w nich wyraz przekonaniu, że zachodzą pozytywne zmiany w badanych obszarach, że praca nad nimi ma znaczenie, a tym co najbardziej wpływa na postawę, jest rozmowa z innymi np. z liderami oraz wymiana doświadczeń. Fragmenty wywiadów zostały zaprezentowane podczas warsztatów dla najwyższego kierownictwa, które nazwaliśmy Commitment to Action, podkreślając potrzebę osobistego zaangażowania się liderów w proces tworzenia kultury. Każdy z dyrektorów został wtedy zobowiązany do przygotowania własnego planu rozwoju kultury bezpieczeństwa w podległym sobie obszarze. W kolejnych latach, latach pandemicznych, przeprowadziliśmy serię podobnych warsztatów w formule on-line dla menedżerów zarządzających projektami. Dla kierowników liniowych zaczęliśmy wprowadzać elementy zarządzania przez wartości do programu szkoleń okresowych BHP. Wewnętrzne prowadzenie tych szkoleń pozwala nam zadbać o to, by te zagadnienia były prowadzone w wysokim standardzie. Okres edukacji on-line stał się też impulsem do uruchomienia cyklu webinarów, adresowanych do wszystkich polskich pracowników mających dostęp do zasobów internetowych. Poruszamy w nich zagadnienia zdrowego stylu życia, głównych problemów zdrowotnych, pierwszej pomocy czy właśnie kultury bezpieczeństwa w praktyce – doświadczeń praktyków z innych branż. Spotkania te okazują się nie tylko przestrzenią do dzielenia się z innymi pożyteczną wiedzą, ale też są dowodem troski pracodawcy o potrzeby pracowników, co stanowi kolejną cegiełkę w budowaniu odpowiedzialnego podejścia do pracy.

Wyzwaniem dla rozwoju obranego kierunku działania są zmiany organizacyjne, które w omawianym okresie kilkakrotnie poważnie naruszyły rzeczywistość, w której operujemy. Zwolnienia grupowe oraz fuzja z czeską jednostką biznesową sprawiły, że na nowo trzeba było zdefiniować założenia programowe dla budowania kultury bezpieczeństwa. Stąd w 2022 roku zdecydowaliśmy się na kolejne badanie, łączące elementy szerokich badań przekrojowych oraz dające możliwość dostrzeżenia przyczyn stojących za liczbami. Narzędzie diagnozy wypracowaliśmy samodzielnie, dostosowując je do naszej rzeczywistości korporacyjnej, uwzględniającej stosowane przez lata w zarządzaniu bezpieczeństwem narzędzia i rozwiązania. Chcieliśmy sprawdzić, które z tych



Rys. 4. Fragment broszury: Wizyty Wyższego Kierownictwa stanowiącej pomoc dla prawidłowej realizacji wizyt na budowach

punktu widzenia elementy do zmiany. Uzyskiwaliśmy w ten sposób też zaangażowanie pracowników w działania organizacyjne i rozwijaliśmy poczucie wpływu na to, co i w jaki sposób jest im oferowane jako pomoc. Wnikliwie przejrzelismy również wszystkie analizy zdarzeń z okresu poprzedzającego roku, by znaleźć grupy niebezpiecznych tendencji. Wynikało z nich, iż mimo posiadania w systemie określonych standardów i rozwiązań, za wypadkami, szczególnie tymi o potencjale śmiertelnym, stało nierealizowanie organizacyjnych założeń. Myśl ta potwierdziła wcześniejsze wnioski z Deep Dive. Należało więc dalej pracować nad przekonaniami kryjącymi się za decyzjami pracowników o stosowaniu bądź niestosowaniu określonych rozwiązań.

narzędzi są skuteczne, i w jaki sposób są stosowane, co stanowi największe wyzwanie, co najbardziej motywuje ludzi do bezpiecznych zachowań oraz w jaki sposób chcieliby być wspierani. Daliśmy możliwość podzielenia się komentarzami, nie tylko zaznaczenia wybranej odpowiedzi. Badanie adresowane było przede wszystkim do bezpośredniego nadzoru na budowach – do kierowników budów, robót, inżynierów projektów, majstrów, koordynatorów BHP, a także do pracowników produkcyjnych dla zestawienia dwóch perspektyw tych samych zagadnień. Przeprowadziliśmy je wspólnie dla całej jednostki biznesowej, obejmującej swym zasięgiem pięć krajów, co miało nam umożliwić znalezienie tego, co w każdym z krajowych systemów może okazać się dobrą praktyką, a jednocześnie inspiracją dla innych. W Polsce uzyskaliśmy zwrot na poziomie około 50% spośród adresatów wiadomości. Kilka setek ankiet, w tym wiele otwartych komentarzy stanowi dla nas sporą bazę wiadomości, na jakich aspektach kultury bezpieczeństwa skupić się w kolejnych działaniach.

Badania pokazały nam, że nasi pracownicy są obecnie świadomi własnych wyborów i działań na polu bezpieczeństwa. Pozytywnie oceniają też wzajemnie swoje postawy – nadzór dostrzega wolę pracowników produkcyjnych, a ci ostatni doceniają starania nadzoru. Obie grupy chcą przede wszystkim rozumieć, dlaczego pewne decyzje albo rozwiązania w zakresie bezpieczeństwa są stosowane. Chcą mieć wpływ i czuć, że podejmowane decyzje są wyraźnie wspierane przez decyzje ich przełożonych, chcą je widzieć w celach i osobistym przykładzie liderów. Jednocześnie w ich opinii wysoka świadomość nie jest jeszcze standardem dla pracowników zewnętrznych, podwykonawczych, co powoduje często frustrację pracowników sił własnych. Wyzwaniem pozostaje wciąż kwestia organizacji pracy – czas i pośpiech oraz rutyna. Wielu pracowników nadzoru wypracowało własne metody pracy, które uważają za skuteczne. Niejednokrotnie opierają się one na codziennym planowaniu pracy z pracownikami, wykorzystując ich własne doświadczenia i wiedzę. Coraz częściej dostrzegają potrzebę kształcenia umiejętności interpersonalnych, by lepiej prowadzić trudne rozmowy czy radzić sobie ze stresującymi sytuacjami. Badania dały nam też wskazówki co do konieczności przywrócenia się działaniom o długiej tradycji, takim jak Tydzień Bezpieczeństwa czy wewnętrzne szkolenia. Formy te, choć nadal cenione przez pracowników, potrzebują odświeżenia, by stanowiły praktyczną pomoc dla zespołów. Budującą dla zespołu BHP informacją było wyraźne docenienie ich wsparcia przez pracowników jako osób, które wywierają ogromny wpływ na bezpieczną współpracę na projektach.

Informacje uzyskane z diagnozy stanowią dla nas po raz kolejny bazę do projektowania dalszych rozwiązań. Lekcja, którą dostrzegliśmy w naszej pracy, dotyczy głównie spójności działań – dla większego efektu potrzebne jest ich prowadzenie w sposób systemowy, rozwijający, uporządkowany, krok po kroku. Zawirowania organizacyjne czasem przerywały nasz proces, powodując konieczność projektowania działań

od początku. Jednocześnie skłaniały nas do weryfikacji kierunku, którym podążaliśmy, co może stanowić odpowiedź na zagrożenie, o którym wspominają badacze tematu, iż organizacje mające silną kulturę muszą uważać, by nie stała się ona słabością. Może się tak dziać wtedy, gdy kultura poprzez istniejące w organizacji założenia, wyznawane i deklarowane wartości, czy nawet proste artefakty prowadzi organizację w kierunku sprzecznym z rozwojem rynku, stoi na przeszkodzie jej dostosowania się do zmieniających się warunków otoczenia. Bardzo ważne jest, aby kultura organizacyjna przygotowywała organizację do dalszego funkcjonowania w otoczeniu [7].

4. Podsumowanie

Zarządzanie oparte na kulturze jest jedną z najnowszych i być może najbardziej kontrowersyjnych teorii dotyczących organizacji. Zamiast ukazywać organizację przede wszystkim jako strukturę zorientowaną na cele, system informacyjny, decyzyjny lub zbiór ludzi wytwarzających produkty czy usługi, zaczęto wskazywać kulturę jako „inną grupę soczewek”, przez którą można oglądać organizację [8]. Doświadczenie w budownictwie bezpieczeństwa na fundamencie wartości, jakie zdobyliśmy w Skanska w okresie minionych lat, kieruje nas w stronę poniekąd oczywistego faktu, iż firmę tworzą ludzie i to oni są kluczowym elementem systemu zarządzania. Tworząc narzędzia, programy rozwojowe trzeba bardzo uważać, by nie stracić z oczu tego, po co je przygotowujemy – nie one są bowiem celem samym w sobie. Nauczyliśmy się też, iż taki sposób pracy wymaga wytrwałości w kontynuowaniu wysiłków – może się czasem wydawać, iż obrona droga nie przynosi efektów, że nie wszyscy utożsamiają się z deklarowanymi wartościami, ale pewnego dnia np. podczas reagowania na sytuacje kryzysowe można dostrzec nowe pozytywne zachowania. Stworzenie elastycznego i adekwatnego do danego przedsiębiorstwa i sytuacji programu działań jest w zasięgu każdej organizacji, która stawia na dojrzałych liderów i różnorodność.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nowicka E., Świat człowieka – świat kultury, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005
- [2] Lewandowski J., Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie, Politechnika Łódzka, [w:] J. Ejdyś (red.), Kształtowanie kultury bezpieczeństwa i higieny pracy w organizacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2000
- [3] Pawłowska Z., Kształtowanie kultury bezpieczeństwa i higieny pracy w systemach zarządzania, Centralny Instytut Ochrony Pracy – oficjalna strona internetowa
- [4] Hook P., What happens to our culture during a crisis, <https://www.linkedin.com/pulse/what-happens-our-culture-during-crisis-pia-h%C3%B6%C3%B6k/>
- [5] Duhigg Ch., Siła nawyku. Dlaczego robimy to, co robimy i jak można to zmienić w życiu i w biznesie, PZWL Wydawnictwo Lekarskie Sp. z o. o., Warszawa, 2014
- [6] Culture Fundamentals from Edgar Schein – YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=gPqz315HSdg>
- [7] Stankiewicz M., Sznajder M., Kultura bezpieczeństwa i higieny pracy w organizacji, [w:] J. Ejdyś (red.) Kształtowanie kultury bezpieczeństwa i higieny pracy w organizacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2010
- [8] Zbiegień-Maciąg L., Kultura w organizacji. Identyfikacja kultur znanych firm, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013

Wskaźnik predykcji wypadków na podstawie liczby zdarzeń niebezpiecznych w polskim przedsiębiorstwie budowlanym

Accident prediction index based on the number of dangerous events in a Polish construction company

mgr inż. Zuzanna Woźniak (ORCID: 0000-0002-0168-5684), prof. dr hab. inż. Bożena Hoła (ORCID: 0000-0001-6630-8065), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska, mgr inż. Jan Ciszewski (ORCID: 0000-0003-2644-9511), główny specjalista ds. BHP, mgr inż. Marcin Stelmaszczyk (ORCID: 0000-0002-7043-2947), menadżer zespołu BHP, Skanska S.A.

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9396

Streszczenie: Przedmiotem artykułu jest analiza danych o wypadkach przy pracy i zdarzeniach potencjalnie wypadkowych, zarejestrowanych w polskim przedsiębiorstwie budowlanym w latach 2015–2020. Liczba zarejestrowanych zdarzeń niebezpiecznych wynosi 2197. Zbiór ten obejmuje 621 wypadków przy pracy i 1576 zdarzeń potencjalnie wypadkowych. Baza danych została utworzona w systemie rejestracji zdarzeń niebezpiecznych, na podstawie wywiadów przeprowadzanych po zaistnieniu zdarzeń. Celem artykułu jest zidentyfikowanie struktury jakościowej i ilościowej zdarzeń niebezpiecznych w budownictwie oraz opracowanie wskaźnika predykcji wypadków.

Słowa kluczowe: budownictwo, zdarzenia niebezpieczne, zdarzenia potencjalnie wypadkowe, wypadki przy pracy, wskaźnik predykcji wypadku.

Abstract: The subject of the article is the analysis of data on occupational accidents and near misses, registered Polish in a construction company in 2015–2020. The number of registered hazardous events is 2197. This collection includes 621 occupational accidents and 1576 near misses. The database was created in the hazardous event registration system, based on interviews conducted after the events occurred. The purpose of the article is to identify the qualitative and quantitative structure of hazardous events in the construction industry and to develop an accident prediction index.

Keywords: construction, dangerous events, near-miss events, accidents at work, accident prediction index.

1. Wprowadzenie

W celu ograniczenia liczby wypadków przy pracy należy badać ich przyczyny oraz źródła, a wyniki analiz wdrażać w praktyce inżynierskiej. Istnieją badania potwierdzające tezę, że można zapobiec znacznej liczbie wypadków przy pracy w budownictwie poprzez lepsze zarządzanie bezpieczeństwem na podstawie informacji zaczerpniętych ze zdarzeń potencjalnie wypadkowych zgromadzonych w systemach informatycznych przedsiębiorstw [1].

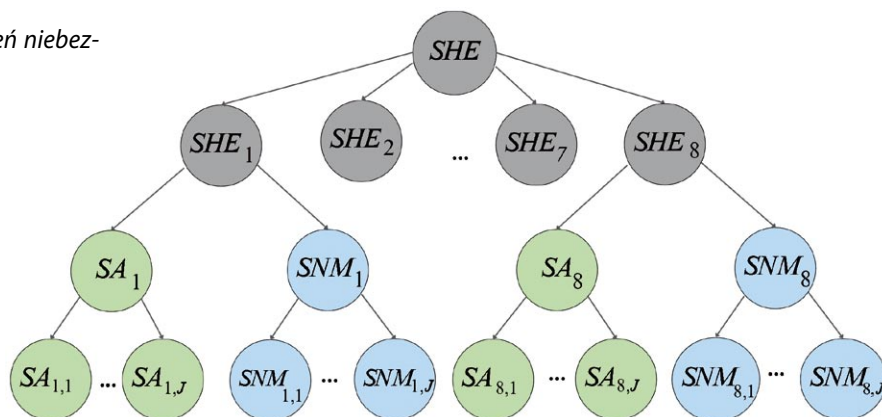
Celem artykułu jest zidentyfikowanie struktury jakościowej i ilościowej zdarzeń niebezpiecznych w przedsiębiorstwie budowlanym. Na podstawie informacji zawartych w bazie danych, zaimplementowanej w przedsiębiorstwie, wyszczególnione zostały zdarzenia potencjalnie wypadkowe i wypadki przy pracy. Każdy wypadek bądź zdarzenie potencjalnie wypadkowe spowodowane jest co najmniej

kilkoma przyczynami tworzącymi przyczynowo-skutkowy łańcuch zdarzeń. Strukturę jakościową zbioru analizowanych zdarzeń wyznaczają bezpośrednie przyczyny zdarzeń, jak np. uderzenie przedmiotami, najechanie/potrącenie, upadek itp. W każdym podzbiórze zdarzeń, zdefiniowanym przez konkretną przyczynę, określono liczbę zdarzeń podobnych, które zostały zarejestrowane w systemie. Liczba ta stanowi podstawę zdefiniowania wskaźnika predykcji wypadku służącego do oceny poziomu bezpieczeństwa w budownictwie.

2. Stosowane pojęcia

Zdarzenie niebezpieczne jest to zdarzenie powodujące zakłócenia w systemie produkcyjnym mogące być przyczyną powstania strat materialnych, urazu u pracownika, a także jego śmierci. Źródłem zdarzeń niebezpiecznych w budow-

Rys. 1. Schemat klasyfikacji zbioru zdarzeń niebezpiecznych (opracowanie własne)



nictwie są niebezpieczne warunki pracy i niebezpieczne zachowania pracowników. Niebezpieczne warunki pracy spowodowane są m.in. przez: złą organizację miejsca i procesu pracy, niesprawne maszyny, uszkodzone narzędzia, zdeformowane rusztowania. Natomiast niebezpieczne zachowania to m.in.: lekceważenie zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, nieznanostwo oraz niestosowanie się do przepisów i zasad bezpieczeństwa, brak szkoleń, nieskuteczny nadzór, brawura, pośpiech, rutyna, omijanie zabezpieczeń [2].

Zdarzenia niebezpieczne można podzielić na zdarzenia potencjalnie wypadkowe, tzw. zdarzenia wypadkowe bezurazowe oraz wypadki przy pracy [3]. Według Occupational Safety and Health (OSHA) zdarzenie potencjalnie wypadkowe to niebezpieczne zdarzenie związane z wykonywaną pracą, podczas którego pracownik mógłby doznać urazu, gdyby okoliczności były inne [4]. Według PN-ISO 45001:2018-06 [5] zdarzenie to jest definiowane jako incydent, który nie skutkuje uszczerbkiem na zdrowiu oraz dolegliwościami zdrowotnymi [3]. Z kolei wypadek przy pracy jest to nagłe zdarzenie wywołane przyczyną zewnętrzną, powodujące uraz lub śmierć, które nastąpiło w związku z pracą [6].

Zdarzenie potencjalnie wypadkowe określone zostało jako rodzaj prekursora wypadku [7]. Badania przeprowadzone przez Gnoni i in. [8] wykazały, że istnieje związek między zdarzeniami potencjalnie wypadkowymi a wypadkami. Wypadki przy pracy i zdarzenia potencjalnie wypadkowe mają często wspólne przyczyny. Skutecznym sposobem zapobiegania wypadkom jest identyfikacja zdarzeń potencjalnie wypadkowych i ich przyczyn oraz wdrażanie wniosków do praktyki budowlanej [9]. Weiwei i in. [10], twierdzą, że stosowanie działań prewencyjnych i informowanie w czasie rzeczywistym o zaistniałym zdarzeniu potencjalnie wypadkowym pozwoliłoby uniknąć 66% wypadków spowodowanych przez spadające przedmioty. Niestety w polskim prawie pracy nie ma zapisu dotyczącego obowiązkowego rejestrowania zdarzeń potencjalnie wypadkowych [11]. Rejestrowanie takich zdarzeń jest wymagane w firmach, które posiadają wdrożony system zarządzania bezpieczeństwem pracy. Również polscy naukowcy podkreślają ważność rejestrowania zdarzeń potencjalnie wypadkowych. I tak, Dudka [12] opracował zasady rejestracji i analizy zdarzeń potencjalnie wypadkowych. Błazik-Borowa i in. [13] opracowali model oceny ryzyka wystąpienia zdarzenia potencjalnie wypadkowego na rusztowaniu. Sawicki [14] wskazał, że jedna z przyczyn zaistnienia zdarzeń potencjalnie wypadkowych może być związana ze stosowaniem

waniem alkoholu bądź nikotyny. Ciszewski [15] na podstawie analizy zdarzeń potencjalnie wypadkowych na przestrzeni lat 2015–2021 wykazał, że ponad 8% zdarzeń potencjalnie wypadkowych miało związek z uszkodzeniami podziemnych sieci elektroenergetycznych.

3. Kategoryzacja zdarzeń niebezpiecznych

Badania przeprowadzono na podstawie danych o wypadkach przy pracy i zdarzeniach potencjalnie wypadkowych, zarejestrowanych w przedsiębiorstwie budowlanym w latach 2015–2020. Baza danych została utworzona w systemie rejestracji zdarzeń niebezpiecznych, na podstawie wywiadów przeprowadzanych po zaistnieniu zdarzeń. Liczebność zbioru obejmowała 2197 zdarzeń niebezpiecznych (SHE) w tym: 1576 zdarzeń potencjalnie wypadkowych (SNM) i 621 wypadków przy pracy (SA). Strukturę zdarzeń niebezpiecznych w budownictwie przedstawiono na rysunku 1. Wyszczególniono 8 kategorii zdarzeń niebezpiecznych: SHE_1 – uderzenie przedmiotami, SHE_2 – najechanie/potrącenie, SHE_3 – środowisko człowieka, SHE_4 – upadek człowieka, SHE_5 – elektryczność, SHE_6 – pożar/wybuch/odnalezienie niewybuchu, SHE_7 – zawalenie/przysypanie/uwięzienie, SHE_8 – kontakt z ruchomymi elementami maszyn.

Zdarzenia niebezpieczne (SHE_i) przynależne do danej kategorii i ; $i = 1, \dots, 8$ zostały zakwalifikowane do dwóch grup rodzajowych, a mianowicie do wypadków przy pracy (SA_j) i zdarzeń potencjalnie wypadkowych (SNM_l). Zbiór wypadków przy pracy (SA_j) jest sumą elementów $A_{i,j,k}$ ($i = 1, \dots, 8$; $j = 1, \dots, J$; $k = 1, \dots, K$). Zbiór zdarzeń potencjalnie wypadkowych (SNM_l) jest sumą elementów $NM_{i,j,l}$ ($i = 1, \dots, 8$; $j = 1, \dots, J$; $l = 1, \dots, L$).

Na podstawie liczby wypadków przy pracy i zdarzeń potencjalnie wypadkowych zaproponowano wskaźnik predykcji wypadku według formuły:

$$WA_i = \frac{|SNM_l|}{|SA_j|}; i = 1, \dots, 8 \quad (1)$$

$$WA_i = \frac{|SNM_{l,j}|}{|SA_{i,j}|}; i = 1, \dots, 8; j = 1, \dots, J \quad (2)$$

gdzie:

$|SNM_i|$ – liczność zbioru SNM_i ; liczba zdarzeń potencjalnie wypadkowych w kategorii i ;

$|SA_i|$ – liczność zbioru SA_i ; liczba wypadków w kategorii i ;

$|SNM_{i,j}|$ – liczność zbioru $SNM_{i,j}$; liczba zdarzeń potencjalnie wypadkowych w podkategorii i,j ;

$|SA_{i,j}|$ – liczność zbioru $SA_{i,j}$; liczba wypadków w podkategorii i,j .

Wskaźnik predykcji wypadku ujawnia ile zdarzeń potencjalnie wypadkowych przypada na jeden wypadek przy pracy. Pozwala on prognozować, kiedy może dojść do wypadku na podstawie zaistnienia zdarzenia potencjalnie wypadkowego.

4. Wyniki badań

Dane liczbowe dotyczące zdarzeń potencjalnie wypadkowych i wypadków przy pracy zaistniałych w latach 2015–2020 oraz wyliczone na podstawie formuł (1) i (2) wartości wskaźników predykcji wypadku zestawiono w tabeli 1.

Najwięcej zdarzeń niebezpiecznych (635) wystąpiło w kategorii uderzenie przedmiotami (SHE_1), która obejmuje 447 zdarzeń potencjalnie wypadkowych oraz 188 wypadków. Najliczniejszą podkategorią jest uderzenie przez spadający przedmiot/materiał ($A_{1,1}, NM_{1,1}$), w której łączna liczba zdarzeń wynosi 264. Przykładami zarejestrowanych zdarzeń w tej podkategorii są upadki: elementów konstrukcyjnych (zbrojenie, cegła), odpadowych (kawałki płyt styropianu, fragmenty gruzu), używanego sprzętu (młotek, deskowania) i innych (np. bryła lodu).

Kolejną kategorią, pod względem liczby zdarzeń niebezpiecznych jest najechanie/potrącenie (SHE_2). Do tej kategorii zaliczona została podkategoria kolizja ($A_{2,1}, NM_{2,1}$), która dotyczy m.in. zderzenia się dwóch pojazdów. Przykładami takiego zdarzenia były: kolizja dwóch walców podczas wykonywania robót bitumicznych, a także uderzenie samochodem służbowym w tył pojazdu osoby postronnej.

W kategorii środowisko pracy (SHE_3) najliczniejszą podkategorią jest kontakt z przedmiotami ostrymi, szorstkimi, chropowatymi ($A_{3,1}, NM_{3,1}$). Przedmiotami takimi są na przy-

Tabela 1. Dane liczbowe zdarzeń potencjalnie wypadkowych i wypadków przy pracy w poszczególnych kategoriach i podkategoriach oraz wskaźniki predykcji wypadku

Lp.	Numeracja kategorii i podkategorii	Nazewnictwo kategorii i podkategorii	Liczba			Wskaźnik predykcji wypadku (WA_i)
			Zdarzeń niebezpiecznych	Zdarzeń potencjalnie wypadkowych (SNM_i)	Wypadków (SA_i)	
1.	A_1, NM_1	Uderzenie przedmiotami	635	447	188	2.38
1.1.	$A_{1,1}, NM_{1,1}$	Uderzenie przez spadający przedmiot/materiał	264	218	46	4.74
1.2.	$A_{1,2}, NM_{1,2}$	Przedmiot/obiekt wprawiony w ruch	164	96	68	1.41
1.3.	$A_{1,3}, NM_{1,3}$	Przygniecenie/uderzenie przez transportowane elementy	160	115	45	2.56
1.4.	$A_{1,4}, NM_{1,4}$	Uderzenie o nieruchomy przedmiot	47	18	29	0.62
2.	A_2, NM_2	Najechanie/potrącenie	364	330	34	9.71
2.1.	$A_{2,1}, NM_{2,1}$	Kolizja	194	182	12	15.17
2.2.	$A_{2,2}, NM_{2,2}$	Najechanie przez maszynę, pojazd	102	90	12	7.50
2.3.	$A_{2,3}, NM_{2,3}$	Potrącenie przez maszynę, pojazd	55	46	9	5.11
2.4.	$A_{2,4}, NM_{2,4}$	Uderzenie pojazdem/maszyną budowlaną w obiekt	13	12	1	12.00
3.	A_3, NM_3	Środowisko pracy	305	138	167	0.83
3.1.	$A_{3,1}, NM_{3,1}$	Kontakt z przedmiotami ostrymi, szorstkimi, chropowatymi	170	54	116	0.47
3.2.	$A_{3,2}, NM_{3,2}$	Nadmierny wysiłek fizyczny	31	12	19	0.63
3.3.	$A_{3,3}, NM_{3,3}$	Zaprószenie oczu	27	19	8	2.38
3.4.	$A_{3,4}, NM_{3,4}$	Zasłabnięcie/omdlenie	12	6	6	1.00
3.5.	$A_{3,5}, NM_{3,5}$	Kontakt z substancją niebezpieczną/chemiczną	11	9	2	4.50
3.6.	$A_{3,6}, NM_{3,6}$	Oparzenie	11	6	5	1.20
3.7.	$A_{3,7}, NM_{3,7}$	Przyczyna wewnętrzna	10	6	4	1.50
3.8.	$A_{3,8}, NM_{3,8}$	Przejaw agresji ze strony ludzi lub zwierząt	10	8	2	4.00
3.9.	$A_{3,9}, NM_{3,9}$	Awaria/uszkodzenie sprzętu	9	9	0	-

Lp.	Numeracja kategorii i podkategorii	Nazewnictwo kategorii i podkategorii	Liczba			Wskaźnik predykcji wypadku (WA _i)
			Zdarzeń niebezpiecznych	Zdarzeń potencjalnie wypadkowych (SNM _i)	Wypadków (SA _i)	
3.10.	A _{3,10} NM _{3,10}	Epilepsja	6	4	2	2.00
3.11.	A _{3,11} NM _{3,11}	Nadmierny hałas, ciśnienie	5	4	1	4.00
3.12.	A _{3,12} NM _{3,12}	Zawał mięśnia sercowego	2	1	1	1.00
3.13.	A _{3,13} NM _{3,13}	Rozkojarzenie	1	0	1	0.00
4.	A₄ NM₄	Upadek człowieka	257	97	160	0.61
4.1.	A _{4,1} NM _{4,1}	Upadek, potknięcie, poślizgnięcie na tym samym poziomie	169	64	105	0.61
4.2.	A _{4,2} NM _{4,2}	Upadek człowieka z wysokości	46	18	28	0.64
4.3.	A _{4,3} NM _{4,3}	Upadek człowieka na niższy poziom, np. do wykopu, zagłębienia, kanału itp.	42	15	27	0.56
5.	A₅ NM₅	Elektryczność	245	242	3	80.67
5.1.	A _{5,1} NM _{5,1}	Zerwanie/awaria podziemnej linii energetycznej	72	72	0	-
5.2.	A _{5,2} NM _{5,2}	Uszkodzenie pozostałych instalacji	42	42	0	-
5.3.	A _{5,3} NM _{5,3}	Zerwanie/awaria napowietrznej linii energetycznej	30	30	0	-
5.4.	A _{5,4} NM _{5,4}	Uszkodzenie izolacji/rury osłonowej	24	24	0	-
5.5.	A _{5,5} NM _{5,5}	Przebiecie elektryczne	23	23	0	-
5.6.	A _{5,6} NM _{5,6}	Kontakt z podziemną linią energetyczną	19	19	0	-
5.7.	A _{5,7} NM _{5,7}	Porażenie prądem elektrycznym, kontakt z elektrycznością/wyładowanie elektryczne, poparzenie łukiem elektrycznym	13	10	3	3.33
5.8.	A _{5,8} NM _{5,8}	Kontakt z napowietrzną linią energetyczną	11	11	0	-
5.9.	A _{5,9} NM _{5,9}	Uszkodzenie kabla	11	11	0	-
6.	A₆ NM₆	Pożar/wybuch/odnalezienie niewybuchu	184	183	1	183.00
6.1.	A _{6,1} NM _{6,1}	Odnalezienie niewybuchu/niewypału	59	59	0	-
6.2.	A _{6,2} NM _{6,2}	Uszkodzenie gazociągu	56	56	0	-
6.3.	A _{6,3} NM _{6,3}	Pożar/wybuch	41	40	1	40.00 -
6.4.	A _{6,4} NM _{6,4}	Tlenie, żarzenie	20	20	0	-
6.5.	A _{6,5} NM _{6,5}	Uszkodzenie rury osłonowej/uszkodzenie odwadniacza	8	8	0	-
7.	A₇ NM₇	Zawalenie/przysypanie/uwięzienie	115	101	14	7.21
7.1.	A _{7,1} NM _{7,1}	Uderzenie, przygniecenie przez przewracający się czynnik materialny (upadający szalunek, zawalona konstrukcja, składowany materiał itp.)	55	49	6	8.17
7.2.	A _{7,2} NM _{7,2}	Przewrócenie się maszyn i pojazdów	40	37	3	12.33
7.3.	A _{7,3} NM _{7,3}	Osunięcie ścian wykopów/nasypów	20	15	5	3.00
8.	A₈ NM₈	Kontakt z ruchomymi elementami maszyn	92	38	54	0.70
8.1.	A _{8,1} NM _{8,1}	Kontakt z ruchomym elementem maszyn, urządzeń, elektronarzędzi	46	16	30	0.53
8.2.	A _{8,2} NM _{8,2}	Uderzenie przez maszynę, urządzenie, elektronarzędzie podczas pracy	30	13	17	0.76
8.3.	A _{8,3} NM _{8,3}	Pochwycenie przez części ruchome maszyn, urządzeń, elektronarzędzi	16	9	7	1.29

kład drut wiązałkowy, gwóźdź, zbrojenie, stłuczona szyba. W kategorii tej odnotowano najwięcej wypadków.

W kategorii upadek człowieka (SHE_4) najliczniejszą podkategorią pod względem liczby wypadków jest upadek, potknięcie lub poślizgnięcie na tym samym poziomie ($A_{4,1}$, $NM_{4,1}$).

Z kolei w kategorii elektryczność (SHE_5) zarejestrowano tylko 3 wypadki, natomiast liczba zdarzeń potencjalnie wypadkowych jest ponad 80 razy większa. W ośmiu podkategoriach zdarzeń potencjalnie wypadkowych w kategorii elektryczność nie zarejestrowano wypadków. Jak twierdzą autorzy pracy [16], w kategorii porażenie prądem, różnica między wypadkiem a zdarzeniem potencjalnie wypadkowym wynika głównie z ilości uwolnionej energii. W analizowanych zdarzeniach, w wielu przypadkach, pracownicy nie odnieśli urazu ze względu na zbyt małe wyładowanie elektryczne. Analiza zdarzeń wykazała, że większość z kategorii SHE_5 spowodowana jest niewłaściwym działaniem ludzkim. Najliczniejszą podkategorią w tej kategorii jest zerwanie podziemnej linii energetycznej ($A_{5,1}$, $NM_{5,1}$).

Pracownicy robót ziemnych, podczas wykonywania wykopów, bardzo często napotykają niewybuchy bądź niewypały ($A_{6,1}$, $NM_{6,1}$). Niewybuchy i niewypały oznaczają odpowiednio pocisk, który po uderzeniu w cel nie eksplodował, a także wszelkie środki wybuchowe będące bez odpowiedniego nadzoru i kontroli [17]. W przypadku znalezienia niewybuchu/niewypału sposób postępowania podlega bardzo restrykcyjnym szczególnym procedurom, dlatego też bardzo rzadko dochodzi do wypadków w tej kategorii. W ciągu 5 lat napotkano 59 niewybuchów, co oznacza, że na 1 miesiąc przypada w przybliżeniu odnalezienie jednego niewybuchu bądź niewypału. Obszar znalezisk dotyczył głównie miast takich jak Wrocław, Opole, Gdańsk, Warszawa. Jest to najliczniejsza podgrupa z kategorii pożar/wybuch/odnalezienie niewybuchu (SHE_6).

5. Analiza wskaźnika predykcji wypadku

Dla wielu podkategorii nie było możliwości oszacowania wartości wskaźnika predykcji wypadku, ponieważ w systemie zarejestrowano tylko zdarzenia potencjalnie wypadkowe, natomiast nie zarejestrowano wypadków. Do tych podkategorii należą:

- w kategorii środowisko pracy: awaria/uszkodzenie sprzętu ($WA_{3,9}$);
- w kategorii elektryczność: zerwanie/awaria podziemnej linii energetycznej ($WA_{5,1}$), uszkodzenie pozostałych instalacji ($WA_{5,2}$), zerwanie/awaria napowietrznej linii energetycznej ($WA_{5,3}$), uszkodzenie izolacji/rury osłonowej ($WA_{5,4}$), przebiecie elektryczne ($WA_{5,5}$), kontakt z podziemną linią energetyczną ($WA_{5,6}$), kontakt z napowietrzną linią energetyczną ($WA_{5,8}$), uszkodzenie kabla ($WA_{5,9}$);

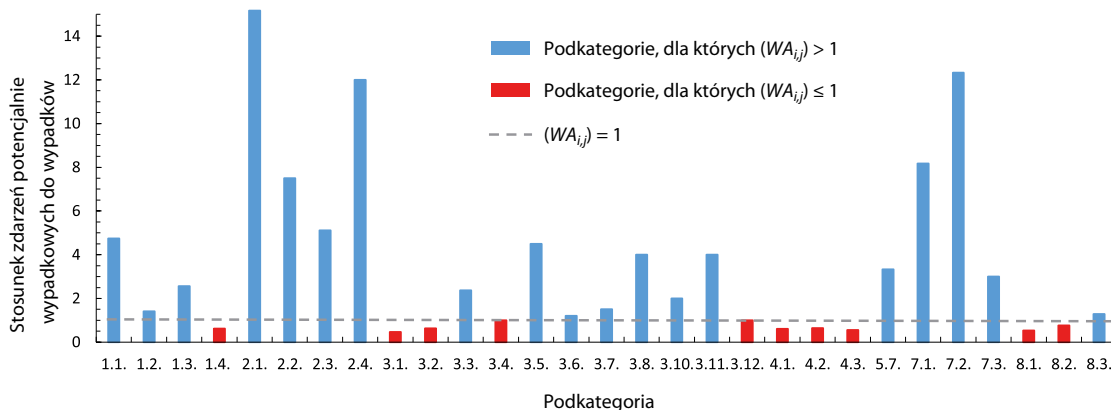
- w kategorii pożar/wybuch/odnalezienie niewybuchu: odnalezienie niewybuchu/niewypału ($WA_{6,1}$), uszkodzenie gazociągu ($WA_{6,2}$), tlenie, żarzenie ($WA_{6,4}$), uszkodzenie rury osłonowej/uszkodzenie odwadniacza ($WA_{6,5}$).

W podkategorii pożar/wybuch ($A_{6,3}$, $NM_{6,3}$) na 1 wypadek przypada 40 zdarzeń potencjalnie wypadkowych. Wskaźnik predykcji wypadku wynosi dla tej kategorii 40. Natomiast dla podkategorii rozkojarzenie wartość współczynnika $WA_{3,13}$ wynosi 0, ponieważ do tej podkategorii przypisano 0 zdarzeń potencjalnie wypadkowych i 1 wypadek. W pozostałych podkategoriach wartość tego wskaźnika zmienia się w przedziale od 0,47 dla podkategorii-kontakt z przedmiotami ostrymi, szorstkimi, chropowatymi ($WA_{3,1}$) do 15,17 w podkategorii-kolizja ($WA_{2,1}$).

Wykres wartości wskaźnika predykcji wypadku dla poszczególnych podkategorii z wyjątkiem $WA_{6,3}$ i $WA_{3,13}$ zamieszczono na rysunku 3. Uznano, że 1 zdarzenie w danej grupie SA bądź SNM to zbyt mała liczba, aby budować charakterystykę oceny wypadkowości.

W przedziale wartości wskaźnika od 0,47 do 1 włącznie, mieszczą się następujące podkategorie: uderzenie o nieruchomy przedmiot ($WA_{1,4}$), kontakt z przedmiotami ostrymi, szorstkimi, chropowatymi ($WA_{3,1}$), nadmierny wysiłek fizyczny ($WA_{3,2}$), zasłabnięcie/omdlenie ($WA_{3,4}$), zawał mięśnia sercowego ($WA_{3,12}$), upadek, potknięcie, poślizgnięcie na tym samym poziomie ($WA_{4,1}$), upadek człowieka z wysokości ($WA_{4,2}$), upadek człowieka na niższy poziom, np. do wykopu, zagłębienia, kanału itp., ($WA_{4,3}$), kontakt z ruchomym elementem maszyn, urządzeń, elektronarzędzi ($WA_{8,1}$), uderzenie przez maszynę, urządzenie, elektronarzędzie podczas pracy ($WA_{8,2}$). W tych podkategoriach na każdy wypadek przy pracy przypada mniej niż jedno zdarzenie potencjalnie wypadkowe. Oznacza to, że po wy-

Rys. 2. Wykres wskaźnika predykcji wypadku (opracowanie własne)



stąpieniu zdarzenia potencjalnie wypadkowego można się spodziewać, że następne zdarzenie będzie miało cechy wypadku, a więc, że dojdzie do urazu pracownika.

Wartości większe od 1 oznaczają, że w danej podkategorii każdy wypadek poprzedzony jest więcej niż jednym zdarzeniem potencjalnie wypadkowym. W przedziale powyżej 1 do 3 znajduje się 6 podkategorii. Są to zaproszenie oczu ($WA_{3,3}$), oparzenie ($WA_{3,6}$), przyczyna wewnętrzna ($WA_{3,7}$), epilepsja ($WA_{3,10}$), osunięcie ścian wykopów/nasyków ($WA_{7,3}$), pochwylenie przez części ruchome maszyn, urządzeń, elektronarzędzi ($WA_{8,3}$).

Natomiast w przedziale powyżej 3 do 6 znajdują się następujące podkategorie: uderzenie przez spadający przedmiot/materiał ($WA_{1,1}$), potrącenie przez maszynę lub pojazd ($WA_{2,3}$), kontakt z substancją niebezpieczną/chemiczną ($WA_{3,5}$), przejaw agresji ze strony ludzi lub zwierząt ($WA_{3,8}$), nadmierny hałas, ciśnienie ($WA_{3,11}$), porażenie prądem elektrycznym, kontakt z elektrycznością/wyładowanie elektryczne, poparzenie łukiem elektrycznym ($WA_{5,7}$).

6. Podsumowanie

W artykule sklasyfikowano zarejestrowane zdarzenia niebezpieczne, które miały miejsce na przestrzeni 5 lat w jednej z polskich firm budowlanych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że pod względem liczby zdarzeń niebezpiecznych, obejmujących zdarzenia potencjalnie wypadkowe i wypadki przy pracy, poszczególne kategorie plasują się w następującej kolejności: uderzenie przedmiotami, a następnie: najechanie/potrącenie, środowisko pracy, upadek człowieka, elektryczność, pożar/wybuch/odnalezienie niewybuchu, zawalenie/przysypanie/ uwięzienie, kontakt z ruchomymi elementami maszyn.

W ośmiu podkategoriach, na każdy wypadek przy pracy przypada mniej niż jedno zdarzenie potencjalnie wypadkowe. Oznacza to, że po każdym wystąpieniu zdarzenia potencjalnie wypadkowego może wystąpić zdarzenie, które będzie miało cechy wypadku, a więc dojdzie do urazu pracownika. Są to następujące podkategorie: uderzenie o nieruchomy przedmiot; kontakt z przedmiotami ostrymi, szorstkimi, chropowatymi; nadmierny wysiłek fizyczny; upadek, potknięcie, poślizgnięcie na tym samym poziomie; upadek człowieka z wysokości; upadek człowieka na niższy poziom, np. do wykopu, zagłębienia, kanału itp.; kontakt z ruchomym elementem maszyn, urządzeń, elektronarzędzi; uderzenie przez maszynę, urządzenie, elektronarzędzie podczas pracy. Są to podkategorie, z którymi związane jest szczególnie wysokie prawdopodobieństwo wypadku.

W celu poprawy bezpieczeństwa niezbędne jest rzetelne rejestrowanie wszystkich zdarzeń potencjalnie wypadkowych i wypadków przy pracy oraz ich stała analiza. Wnioski sformułowane na podstawie analizy wskażą kierunki działań prewencyjnych i z pewnością przyczynią się do poprawy stanu bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie.

Braki i niedokładności w rejestrowaniu zdarzeń niebezpiecznych skutkują zafałszowanymi wynikami prowadzonych analiz, a w konsekwencji niepoprawnie sformułowanymi wnioskami. Przeprowadzone badania nie wyjaśniają wszystkich aspektów związanych z koniecznością redukcji wypadków w budownictwie. Konieczne są dalsze badania i analizy.

Finansowanie

Artykuł jest wynikiem realizacji przez autorów projektu badawczego nr 536828 „Modelowanie wpływu zdarzeń potencjalnie wypadkowych na wypadki przy pracy w budownictwie (SAFCON)” finansowanego przez NCN na podstawie umowy nr 2021/43/O/ST8/00724.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sawacha E., Naoum S., Fong D., Factors affecting safety performance on construction sites, *International Journal of Project Management* 10/1999, str. 309–315
- [2] Woźniak Z., Hoła B., Ciszewski J., Stelmaszczuk M., Znaczenie zdarzeń potencjalnie wypadkowych dla bezpieczeństwa pracy w budownictwie, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022
- [3] PN-N-18001:2004: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania
- [4] Near Miss Definition Per OSHA – What Is A Near Miss? <https://safetystage.com/incident-reporting/near-miss-definition-osh>
- [5] PN-ISO 45001:2018-06: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania i wytyczne stosowania
- [6] Ustawa z dnia 30 października 2002 r. o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych (Dz.U. 2002, Nr 199, poz. 1673 ze zm. n.d.)
- [7] Weiwei W., Alistair G. F. Gibb, Qiming L., Accident precursors and near misses on construction sites: An investigative tool to derive information from accident databases, *Safety Science* 48(7)2010, str. 845–858
- [8] Gnoni M. G., Gianni L., Near-miss management systems: A methodological comparison. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 25(3)2012, str. 609–616
- [9] Chengqian L., Lieyun D., Falling Objects Detection for near Miss Incidents Identification on Construction Site, *Computing in Civil Engineering 2019: Data, Sensing, and Analytics – Selected Papers from the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2019*, str. 138–145
- [10] Weiwei W., Huanjia Y., Qiming L., Chew D., An integrated information management model for proactive prevention of struck-by-falling-object accidents on construction sites, *Automation in Construction* 34, 2013, str. 67–74
- [11] Ziętek M., Zdarzenia potencjalnie wypadkowe w budownictwie, *Konferencja Bezpieczna budowa-profilaktyka wypadkowa*, Kielce, 2017
- [12] Dudka G., Rejestrowanie zdarzeń potencjalnie wypadkowych. *Bezpieczeństwo Pracy: nauka i praktyka*, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, tom 3, 2005, str. 12–15
- [13] Błazik-Borowa E., Czarnocki K., Czarnigowska A., Szer I., Szer J., Hoła B., Metoda oceny ryzyka wystąpienia sytuacji potencjalnie wypadkowej na rusztowaniu, *Przegląd Budowlany* 7–8/2022
- [14] Sawicki H., Wybrane aspekty stosowania używek przez pracujących na wysokości, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022
- [15] Ciszewski J., Bezpieczeństwo prac budowlanych w pobliżu podziemnych sieci elektroenergetycznych, *Przegląd Budowlany* 9–10/2022, str. 94–97
- [16] Borges C. F., Saurin T. A., Formoso C. T., Identification, Analysis and Dissemination of Information on near Misses: A Case Study in the Construction Industry, *Safety Science* 48(1)2010, str. 91–99
- [17] Niewypały, Niewybuchy – Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego w Oświęcimiu, <http://pczk.powiat.oswiecim.pl/warto-wiedziec-5/niewypaly-niewybuchy/> (February 4, 2023)

Planowanie przebudowy istniejących budynków w aspekcie bezpieczeństwa pracy podczas realizacji robót budowlanych

Planning the reconstruction of existing buildings in terms of occupational safety during construction works

mgr inż. Kamil Zimiński (ORCID: 0000-0001-9513-9811), Szkoła Doktorska Politechniki Białostockiej

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9397

Streszczenie: W artykule podjęto tematykę konieczności uwzględnienia warunków bezpiecznego prowadzenia robót już na etapie wykonywania projektów przebudów istniejących budynków. Wskazano przykłady zagrożeń, jakie mogą powstać podczas realizacji prac budowlanych. Zamieszczenie odpowiednich informacji w dokumentacji projektowej może być pomocne w aspekcie uświadomienia możliwości wystąpienia potencjalnych zagrożeń, a także wyeliminowania nieświadomego uszkodzenia elementów konstrukcyjnych. W następstwie złego stanu technicznego strop drewniany podpierający więźbę dachową uległ zawaleniu. Ściana stołcowa opierała się na wewnętrznej ścianie podłużnej, na wewnętrznej poprzecznej ścianie budynku oraz na fragmencie stropu. W wyniku zawalenia stropu nastąpiła zmiana schematu statycznego ścian stołcowych. Pierwotnie słupki i miecze przenosiły siły ściskające. W efekcie zmiany schematu statycznego w części słupków i mieczy nastąpiła zmiana sił ze ściskających na rozciągające. W tym przypadku jest to szczególnie niebezpieczne, gdyż wykonane połączenia ciesielskie nie są w stanie przenieść sił rozciągających. **Słowa kluczowe:** przebudowa istniejących budynków, uszkodzenie elementów konstrukcyjnych, zmiana schematów statycznych, bezpieczeństwo pracy.

Abstract: The article addresses the issue of the need to take into account the conditions for safe conduct of works already at the stage of designing redevelopment of existing buildings. Examples of hazards that may arise during the implementation of construction works are indicated. Including relevant information in the design documentation can be helpful in terms of awareness of the possibility of potential threats, as well as the elimination of unconscious damage to structural elements. As a result of poor technical condition, the wooden ceiling supporting the roof truss collapsed. The king post wall rested on the internal longitudinal wall, on the internal transverse wall of the building and on a fragment of the ceiling. As a result of the collapse of the ceiling, the static scheme of the pillar walls changed. Originally, the posts and swords carried compressive forces. As a result of the change in the static scheme in some of the posts and swords, the forces changed from compressive to tensile. In this case, it is particularly dangerous, because the carpentry joints are not able to transfer the tensile forces.

Keywords: reconstruction of existing buildings, structural elements damage, changes of static scheme, work safety.

1. Wprowadzenie

Przy projektowaniu przebudowy istniejących budynków zagadnienie bezpieczeństwa pracy jest istotnym czynnikiem, który należy uwzględnić w doborze technologii umożliwiającej wykonanie planowanych prac. Nieuwzględnienie bezpieczeństwa pracy podczas wykonania przebudowy istniejących budynków może zdyskwalifikować przyjęte rozwiązania projektowe. Typowe zagadnienia BHP występujące podczas realizacji są ogólnie znane. Natomiast podczas projektowania nowych obiektów z indywidualnymi, innowacyjnymi rozwiązaniami bądź podczas projektowania przebudów i remontów istniejących obiektów mogą wystąpić problemy, które wymagać będą indywidualnego podejścia projektanta oraz

wykonawcy [1]. Dotyczy to zwłaszcza obiektów o charakterze zabytkowym. Celem artykułu jest wskazanie wybranych zagrożeń, które mogą ujawnić się podczas wykonywania prac budowlanych, oraz wskazanie właściwych, dla bezpieczeństwa pracy, technologii robót.

2. Czynniki mające wpływ na bezpieczeństwo robót remontowych i modernizacyjnych

W obiektach zabytkowych spotkać można nietypowe rozwiązania, nawet dla okresu, w którym powstawał budynek. Rozwiązania takie mogły być uwarunkowane różnymi czynnikami, np. brakiem dostępu do materiałów, optymalizacją

kosztów podczas realizacji inwestycji, brakiem dostatecznej wiedzy technicznej w okresie powstawania obiektu, brakiem uwarunkowań prawnych lub ich zmianą w okresie funkcjonowania obiektu lub też kreatywną postawą projektanta, wykonawcy czy inwestora. Często zdarza się, że nie istnieje dokumentacja archiwalna, na podstawie której realizowane były obiekty. Jest to dodatkowym utrudnieniem dla dzisiejszego projektanta i wykonawcy i może znacząco wpłynąć na cały proces inwestycyjny. Czasami, podczas wykonywania prac budowlanych, okazuje się, że stan faktyczny różni się od założeń projektantów współczesnej modernizacji. W konsekwencji występuje konieczność aktualizacji dokumentacji projektowej, co jest zjawiskiem dość powszechnym. W takiej sytuacji bardzo ważna jest odpowiednia wiedza i doświadczenie kierownika budowy, inspektora nadzoru, osoby pełniącej nadzór autorski oraz pracowników wykonujących prace na obiekcie. Brak odpowiedniej wiedzy i doświadczenia mogą doprowadzić do sytuacji, w której wykonawca, zgodnie z projektem, lecz bezrefleksyjnie, będzie realizować rozwiązania zawarte w projekcie, co w konsekwencji może doprowadzić do zagrożenia konstrukcji istniejącego obiektu. Wymienione wyżej czynniki powinny być przeanalizowane przed przystąpieniem do wykonywania dokumentacji projektowej ze szczególnym zwróceniem uwagi na zagadnienia bezpieczeństwa pracy podczas realizacji planowanej przebudowy, modernizacji bądź remontu.

Na etapie realizacji robót remontowych, np. po skuciu tynków lub posadzek, często okazuje się, że nie jest możliwa ich dalsza realizacja zgodnie z opracowaną dokumentacją, ze względu na zły stan techniczny elementów konstrukcyjnych spowodowany niską jakością robót, wcześniejszymi przebudowami bądź pożarem [2]. Należy wówczas dostosować rozwiązania projektowe do aktualnych warunków lub wykonać dodatkowe wzmocnienia, a w skrajnych przypadkach odstąpić od planowanej ingerencji w konstrukcję budynku [3]. Ważne jest rzetelne wykonanie oceny nie tylko pod kątem stanu technicznego budynku, ale też w aspekcie wystąpienia ewentualnych możliwych zagrożeń na etapie realizacji. W przypadku opracowywania projektu przebudowy istniejącego budynku niezbędne jest zamieszczenie następujących podstawowych informacji dotyczących:

- kolejności wykonywanych prac,
 - technologii robót,
 - sposobu montażu nowo projektowanych elementów konstrukcyjnych,
 - wytycznych w zakresie wykonania stanowisk roboczych i zapewnienia dostępu do wykonania zaplanowanych prac.
- Zapewnienie dostępu do stanowisk pracy umożliwiającego wbudowanie lub montaż projektowanych elementów konstrukcyjnych, jak też instalacji i wykończenia wiąże się z wykonaniem tymczasowych lub stałych stanowisk roboczych oraz tymczasowych otworów technologicznych w ścianach lub stropach, przez które transportowane będą do wnętrza budynku wielkogabarytowe elementy lub maszyny.

3. Potencjalne zagrożenia

W trakcie prac budowlanych związanych z remontem lub przebudową budynków występują roboty mające istotny wpływ na bezpieczeństwo pracy. Do robót takich należą:

- podbijanie i wzmacnianie fundamentów,
- wykonywanie głębokich wykopów przy istniejących budynkach, drogach itp.,
- naprawa bądź wzmacnianie istniejących stropów lub więźby dachowej, a także ich wymiana,
- naprawa lub wymiana pokrycia dachowego, zwłaszcza na dachach stromych na znacznych wysokościach (np. wieże i dachy kościołów),
- wykonywanie nowych lub poszerzanie istniejących otworów w ścianach i stropach,
- wzmacnianie istniejących filarów,
- obciążenie istniejących stropów ciężkimi elementami w trakcie ich przemieszczania na docelowe miejsce,
- zmiana schematów statycznych poszczególnych elementów konstrukcyjnych na etapie realizacji lub w wyniku awarii, która może stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa pracy.

W trakcie tzw. podbijania fundamentów mogą wystąpić zagrożenia związane z wykonaniem wykopu pod istniejącymi fundamentami na zbyt długim odcinku, przez co dopuszczalne naprężenia w gruncie będą przekroczone i może nastąpić wypieranie gruntu spod fundamentu, nierównomierne osiadanie budynku, oderwanie się fragmentu ściany bądź fundamentu nad wykonanym wykopem, co może spowodować przysypanie ludzi wykonujących prace (zwłaszcza, gdy fundament wykonano jako ceglany lub kamienny). Aby zapobiec takim sytuacjom, w projekcie należy podać szczegółowy sposób wykonywania podbicia fundamentów wraz z maksymalną szerokością wykopu, jaki może być wykonany pod fundamentem. Zalecane jest też wykonanie poziomych ściągów stalowych lub żelbetowych, które zapobiegą ewentualnemu oderwaniu się fragmentu muru pod wykonanym wykopem. W niektórych sytuacjach, ze względu na duże ryzyko zagrożenia życia i zdrowia ludzi, warto rozważyć alternatywne technologie w stosunku do podbijania fundamentów, takie jak jet-grouting, mikropale lub pale wkręcane.

Nieumiejętne wykonywanie głębokich wykopów przy istniejących budynkach i drogach stwarza zagrożenie nie tylko dla ludzi pracujących w wykopie, ale też może stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa dla ludzi postronnych, jak też obiektów znajdujących się bezpośrednio przy wykopie. Powszechnie znane są osunięcia skarpy o zbyt dużym spadku. Podczas wykonywania izolacji ścian fundamentowych lub piwnicznych i budynku zdarza się, że wykopy wykonywane są aż do poziomu spodu fundamentów i to na znacznych odcinkach. W ekstremalnych przypadkach poziom wody gruntowej bywa powyżej poziomu posadowienia budynku. Takie sytuacje mogą doprowadzić do uplastycznienia gruntu pod fundamentami, a w konsekwencji do awarii lub nawet

katastrofy budowlanej. Zjawisko staje się szczególnie niebezpieczne, gdy podejmie się decyzję o wypompowywaniu wody z wykopu i wykona się tę czynność w nieprawidłowy sposób. Wypompowywanie wody spowoduje ponowne napływanie wody gruntowej do wykopu, a napływająca woda gruntowa może wymywać ze szkieletu gruntowego drobniejsze cząstki gruntu, co prowadzi do jego osłabienia, a w konsekwencji do obniżenia parametrów wytrzymałościowych gruntu pod fundamentem lub wręcz do wymycia gruntu spod fundamentu.

Zmiana schematów statycznych elementów konstrukcyjnych w trakcie realizacji robót remontowo-modernizacyjnych w stosunku do stanu pierwotnego i stanu docelowego może doprowadzić do zagrożenia bezpieczeństwa ludzi znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie takich elementów. Najprostszym przykładem jest wykonanie lub pozostawienie istniejących nieusztynionych ścian (np. zewnętrzne ściany szczytowe na ostatniej kondygnacji), które mogą utracić stateczność na skutek podmuchów wiatru i przysypać pracujących w pobliżu pracowników.

4. Przykłady zagrożeń

Przykład 1

Przykładem błędów realizacyjnych jest katastrofa wywołana nieumiejętnym prowadzeniem prac budowlanych, bez odpowiedniego nadzoru i bez projektu montażu, a nawet podstawowych wytycznych dotyczących montażu dźwigarów dachowych. Dźwigary dachowe ustawiono na ścianach podłużnych budynku. Nie zamocowano ich do murłat i wieńców żelbetonowych i nie wykonano żadnych stężeń montażowych zapewniających ich stateczność. Lekki podmuch wiatru spowodował upadek pojedynczego dźwigara, który upadając na sąsiedni dźwigar spowodował tzw. efekt kostek domina, a więc kolejne dźwigary zaczęły przewracać się, a skrajny dźwigar uderzając w ścianę szczytową budynku, spowodował jej runięcie (rys. 1). Pracownicy w momencie katastrofy znajdowali się na dachu i w konsekwencji zdarzenia odnieśli obrażenia. Na etapie projektu należy rozważyć realną możliwość wykonania zaplanowanych prac. Po wstępnej analizie może okazać się, że należy zaprojektować dodatkowe podesty,

Rys. 1. Zniszczone dźwigary drewniane: a) brak elementów łączących dźwigary ze ścianami, b) zawalona ściana szczytowa



dojścia lub platformy robocze albo wręcz rozebrać i odtworzyć część elementów, aby spełnić warunki bezpieczeństwa pracy. Nieuwzględnienie tego czynnika może doprowadzić do tego, że praca w określonych warunkach będzie niemożliwa bądź niebezpieczna.

Przykład 2

Podczas przebudowy budynku użyteczności publicznej, w istniejącym szachcie zaplanowano przewody wentylacyjne. Na podstawie wcześniej wykonanej inwentaryzacji przyjęto wymiary wewnętrzne szachtu bez ich dokładnej inwentaryzacji. Założono, że możliwe jest ustawienie rusztowania i zamontowanie wewnątrz szachtów przewodów wentylacyjnych. W trakcie prowadzonych prac po wyburzeniu fragmentu ściany uzyskano dostęp do wnętrza szachtu. Okazało się, że ściany szachtu poprzedzielane są dwoma ścianami działowymi i w szachcie znajdują się trzy oddzielne szyby/szachty (rys. 2). Maksymalna wysokość kondygnacji w świetle wynosiła 6,8 m, a wysokość całego szachtu od poziomu podłogi piwnicy aż do stropodachu – 13,1 m. W zaistniałej sytuacji nie było możliwości ustawienia rusztowania w szachcie, zamontowania kanału wentylacyjnego o przekroju 1,5x1,6 m i wysokości 13,1 m i poprowadzenia go przez całą wysokość budynku. Ponieważ nie było możliwości zmiany lokalizacji



Rys. 2. Wnętrze murowanego szachtu instalacyjnego

kanału wentylacyjnego, rozważono możliwość wyburzenia ścian dzielących szacht na trzy szyby. Przeprowadzona analiza wykazała, że ściany przedzielające szacht pełnią funkcję usztywniającą dla ścian podłużnych i po wyburzeniu ściany szachtu będą miały zbyt dużą smukłość. Ostatecznie podjęto

decyzję o wyburzeniu szachtu na całej wysokości budynku i odtworzeniu go w konstrukcji szkieletowej obłożonej od wewnątrz płytami gipsowo-kartonowymi.

Przykład 3

W zabytkowym budynku teatru powstałym w latach 30. XX w. nad salą widowni zaprojektowano nową instalację wentylacyjną. W przestrzeni pomiędzy stropodachem a podwieszonym sufitem poprowadzono między innymi przewody instalacji wentylacyjnej. Część sufitu podwieszanego wykonano w formie płyty żelbetowej opartej na belkach stalowych podwieszonych za pomocą cięgien stalowych do stropu żelbetowego. W trakcie prac okazało się, że sufit podwieszany wykonano częściowo w postaci płyty z narzuconej zaprawy cementowej na cięto-ciągnionej siatce Rabitza, mocowanej do belek stalowych podwieszonych do stropu nad widownią. W takiej sytuacji nie było możliwe bezpieczne prowadzenie prac budowlanych i należało wykonać pomosty robocze umożliwiające bezpieczny montaż zaprojektowanych instalacji. Po zweryfikowaniu nośności belek stalowych podwieszonych do stropu nad widownią podjęto decyzję, że możliwe jest bezpieczne oparcie pomostów roboczych na belkach stalowych.

Przykład 4

Na etapie projektu modernizacji auli uniwersyteckiej stwierdzono, że nie jest możliwa praca ludzi w przestrzeni pomiędzy sufitem podwieszonym wykonanym z narzuconej zaprawy cementowej na siatce Rabitza a stropem (rys. 3). Otwory

technologiczne w suficie podwieszonym wykonano od spodu, a w stropie od góry. Niezbędne było precyzyjne zlokalizowanie, a następnie wykonanie otworów w stropie i w suficie podwieszonym tak, aby pokrywały się ze sobą.

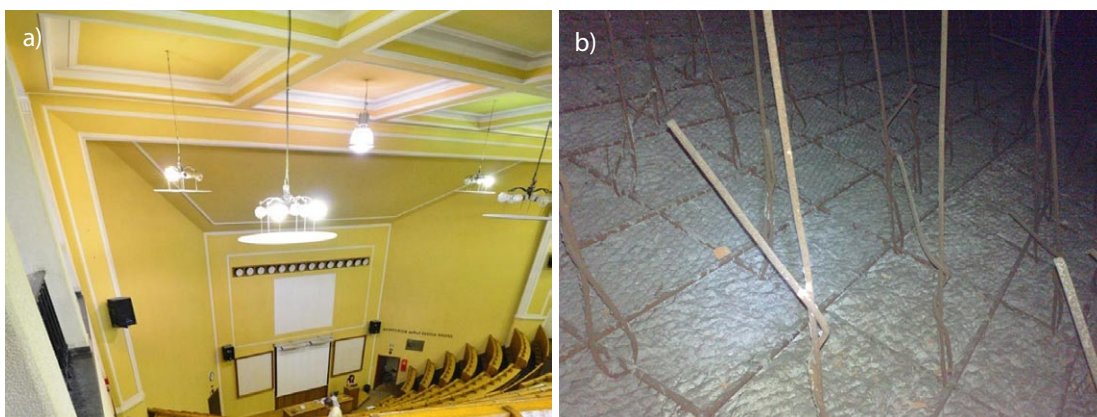
Dzięki prawidłowo przyjętym założeniom projektowym uniknięto częściowej lub całkowitej rozbiórki sufitu podwieszanego oraz uniknięto konieczności wykonywania w przestrzeni pomiędzy stropem a sufitem podwieszonym pomostów roboczych.

Sufit podwieszany typu zbryzg z zaprawy cementowej na siatce Rabitza jest w stanie bezpiecznie przenieść tylko swój własny ciężar. Dla inżyniera budownictwa jest to fakt oczywisty, ale powierzenie prac monterom instalacji, bez odpowiedniego nadzoru, może skutkować wystąpieniem awarii oraz wypadkami.

Przykład 5

W następstwie złego stanu technicznego strop drewniany podpierający więźbę dachową uległ zawaleniu (rys. 4). Ściana stolcowa opiera się wyłącznie na ścianie wewnętrznej podłużnej i ścianie wewnętrznej poprzecznej budynku oraz na fragmencie stropu. W wyniku zawalenia stropu podpierającego ściany stolcowe nastąpiła zmiana schematu statycznego ścian stolcowych. Pierwotnie słupki i miecze przenosiły siły ściskające. W zmiany schematu statycznego w części słupków i mieczy nastąpiła zmiana sił ze ściskających na rozciągające. W tym przypadku jest to szczególnie niebezpieczne, gdyż wykonane połączenia ciesielskie nie są w stanie przenieść sił rozciągających.

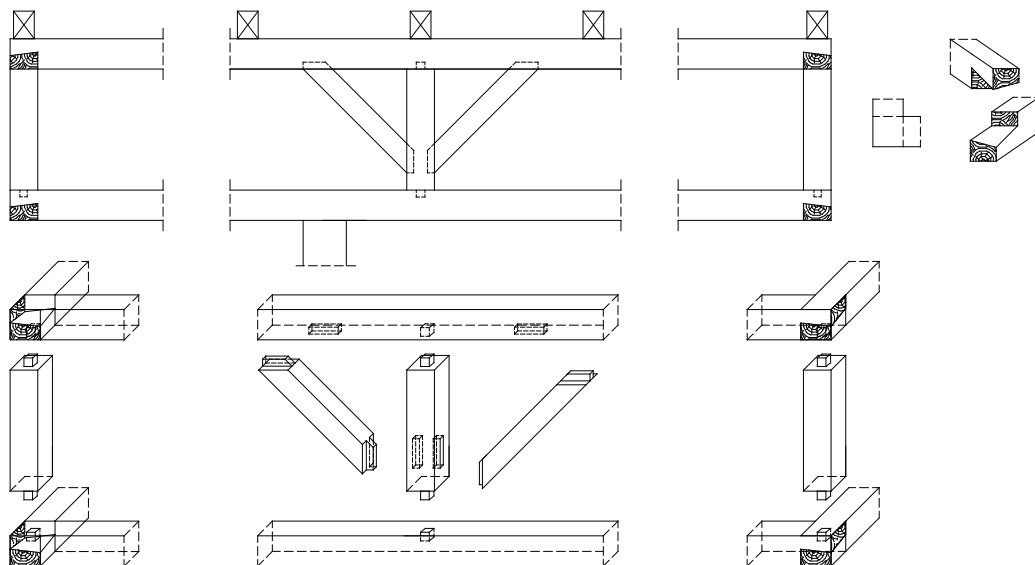
Rys. 3. Pochyły sufit nad audytorium: a) widok stropu, b) ruszt z prętów zbrojenio- wych podwieszonych za pomocą cięgien do stropu



Rys. 4. Więźba dachowa: a) widok stropu, b) ruszt z prętów zbrojenio- wych podwieszonych za pomocą cięgien do stropu



Szczegóły połączeń płatwi dolnej i górnej ze słupami i mieczami



Rys. 5. Ściana stolcowa

5. Konkluzje z przeprowadzonych badań i analiz

Brak nadzoru nad pracownikami wykonującymi prace budowlane, np. otwory w ścianach i w stropach pod przewody instalacji, zwłaszcza sanitarnych, które mogą mieć znaczne rozmiary, a także niewłaściwe ich wykonanie, może doprowadzić do uszkodzenia elementów konstrukcyjnych, a w konsekwencji do stworzenia zagrożenia bezpieczeństwa pracy, jak też zagrożenia dla użytkowników obiektu [4]. Brak właściwych informacji o aktualnym stanie konstrukcji budynku lub lekceważące podejście do tego zagadnienia może prowadzić do wypadków podczas prowadzonych prac budowlanych. Dotyczy to zwłaszcza projektantów i wykonawców instalacji. Zamieszczenie w projekcie informacji o potencjalnych zagrożeniach, dokładnym sposobie wykonywania prac szczególnie niebezpiecznych i nietypowych, wskazanie kolejności robót, a następnie odpowiednie opracowanie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zwróci uwagę wykonawcy na możliwe zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy mogące wystąpić podczas prowadzenia robót i będzie pomocne w prawidłowym prowadzeniu robót budowlanych [5].

Zawarcie w dokumentacji projektowej informacji, w jaki sposób należy prowadzić prace budowlane z uwzględnieniem BHP jest istotną informacją dla kierownika budowy, ponieważ uczy go na niebezpieczeństwa, które mogą wystąpić w trakcie realizacji [6]. Należy pamiętać, że wykonawca nie zawsze ma świadomość zagrożeń, które mogą wystąpić w trakcie realizacji robót. Wiedza projektanta na ten temat może być większa, chociażby z tego względu, że wykonał on ekspertyzę techniczną obiektu, obliczenia statyczno-wytrzymałościowe elementów konstrukcyjnych, badania, pomiary itp. Wie również, jaki jest stopień wyęźnienia, czy też degradacji poszczególnych elementów konstrukcji. Zawarcie w dokumentacji projektowej informacji, na co powinien

zwracać uwagę wykonawca i w jaki sposób powinien prowadzić prace, jest pomocne ze względu na wyeliminowanie nieświadomego uszkodzenia elementów konstrukcyjnych, co może spowodować zagrożenie dla konstrukcji budynku i dla jego użytkowników, jak również spowodować zagrożenie dla bezpieczeństwa pracy [7].

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykłady prac budowlanych, które wymagają szczególnej uwagi podczas projektowania. Przede wszystkim należy mieć na uwadze możliwość ich zrealizowania z zachowaniem bezpieczeństwa pracy. Często różnego rodzaju zagrożenia powstają nie wokół podstawowych prac budowlanych, ale przy pracach nietypowych, drugo- lub trzeciorzędnych z punktu widzenia konstrukcyjnego. Pobieżne lub lekceważące podejście do zagadnień bezpieczeństwa pracy, w połączeniu z wykonawstwem realizowanym przez niewykwalifikowanych pracowników, może doprowadzić do niebezpiecznych zdarzeń.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nowogońska B., Mielczarek M., Metoda planowania prac renowacyjnych obiektów sakralnych, *Builder* 9/2021
- [2] Błaszczczyński T., Babiak M., Wielentejczyk P., Naprawa murowanego budynku technicznego uszkodzonego w wyniku pożaru, *Materiały Budowlane* 11/2016
- [3] Krentowski J., Knyziak P., Metodyka badań i rewitalizacji obiektów zabytkowych, *Przegląd Budowlany* 7–8/2019
- [4] Runkiewicz L., Sieczkowski J., Zagrożenia i awarie obiektów budowlanych w ostatnich latach, *Materiały Budowlane* 5/2018
- [5] Dawczyński Sz., Krzywoń R., Hulimka J., Awaria stropu w budynku biurowym spowodowana betonowaniem w niekorzystnych warunkach atmosferycznych, *Materiały Budowlane* 1/2019
- [6] Obolewicz J., Baryłka A., Dokumentacja gwarantem bezpiecznej budowy obiektu budowlanego, *Przegląd Budowlany* 1–2/2022
- [7] Radziszewska-Zielina E., Szewczyk B., Metoda oceny poziomu współpracy między uczestnikami przedsięwzięć budowlanych, *Materiały Budowlane* 6/2016

Prawna analiza rynku najmu mieszkań oraz propozycja rozwiązania sytuacji mieszkaniowej w Polsce

Legal analysis of the housing rental market and a proposal to solve the housing situation in Poland

Katarzyna Kaim – studentka, Instytut Nauk Prawnych, Uniwersytet Rzeszowski, Studenckie Koło Naukowe „Eco-Building” Wydział Budownictwa przy PCz, dr hab. inż. Robert Kruzel, prof. PCz (ORCID: 0000-0002-8534-7286) – opiekun naukowy, Wydział Budownictwa, Politechnika Częstochowska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9398

Streszczenie: W artykule dokonano analizy problematyki ryzyka związanego z zawarciem umowy najmu jako zjawiska powstrzymującego właścicieli mieszkań od ich wynajmowania. Przedstawiono przyczyny ww. zjawiska, jak również przytoczono statystyki dotyczące obecnego udziału tzw. pustostanów w polskim rynku nieruchomości. Zestawiono ze sobą prawa przysługujące najemcy oraz wynajmującemu m.in. w oparciu o przepisy Ustawy z dnia 21 czerwca 2001 r. o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego (Dz.U.2022.1360 t.j. z dnia 2022.06.29). Przeprowadzono ankietę mającą na celu dostarczenie informacji, jak potencjalni wynajmujący postrzegają poszczególne kwestie odnoszące się do zawierania umowy najmu. Omówiono umowę najmu okazjonalnego jako pewnego rodzaju środek zaradczy oraz przeanalizowano ryzyko związane z zawarciem umowy najmu. Dokonano próby odpowiedzi na pytanie: czy lokatora rzeczywiście należy utożsamiać ze słabszą stroną stosunku najmu?
Słowa kluczowe: prawo budowlane, najem, ochrona praw lokatorów.

Abstract: The article analyzes the issue of the risk of entering into a lease agreement as a phenomenon that deters landlords from renting apartments. The reasons for the aforementioned phenomenon are presented, as well as statistics on the current share of the so-called vacancy rate in the Polish real estate market are cited. Juxtaposed are the rights of the tenant and the landlord, among others, based on the provisions of the Act of the June 21st 2001 – Tenants Rights, Municipal Housing Stock and the Civil Code Amendment Act (cons. act. Journal of Laws 2022.1360 of 2022.06.29). A survey was conducted to provide information on how potential landlords perceive the various issues relating to entering into a lease agreement. The occasional lease agreement as a kind of remedy is discussed, and the risks associated with entering into a lease agreement are analyzed. An attempt was made to answer the question: should the tenant really be equated with the weaker party to the lease relationship?
Keywords: building law, rent, tenants rights.

1. Wprowadzenie

Obecnie wiele mieszkań pozostaje niezamieszkałych. W tym samym momencie mnóstwo osób zmaga się z trudnościami, podejmując wielokrotne próby zaspokojenia swych potrzeb mieszkaniowych. Zależność ta budzi kontrowersję, bowiem analizując przedstawione stany faktyczne rozwiązanie problemu wydaje się być banalnie proste. Należy więc zastanowić się, jaki czynnik odpowiada za powstrzymywanie się właścicieli nieruchomości od zawarcia umowy najmu z potencjalnymi lokatorami. Odpowiedź jest niezwykle prosta. Przyczynę stanowią przepisy Ustawy z dnia 21 czerwca 2001 r. o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego (Dz.U.2022.1360 t.j. z dnia 2022.06.29). Przytoczony akt prawny zapewnia szeroko rozumianą ochronę praw lokatorów. Właściciele mieszkań, którzy powstrzymują się od ich wynajmowania stoją

na stanowisku, iż przyznany ustawowo zakres ochrony praw przysługujących najemcom jest zbyt szeroki. Prawo stosunkowo obszernie chroni interesy lokatora, trudno natomiast o wysunięcie zbliżonych wniosków analizując prawa przysługujące wynajmującym.

2. Zakres ochrony stron umowy

Polacy stroną od wynajmowania mieszkań z obawy przed ewentualnymi niepożądanymi działaniami najemców, do jakich najczęściej zalicza się zaleganie z czynszem czy też niszczenie własności. Ustawa o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego zapewnia najemcy szeroki wachlarz praw. Nie wzbudza wątpliwości fakt, iż obecne brzmienie przepisów prawa stanowi przyczynę wstrzymywania się właścicieli od zawierania umów najmu. Prawo zostało sformułowane w taki, a nie inny sposób,

co znajduje uzasadnienie w konieczności wyboru, które z kluczowych praw zajmuje wyższe miejsce w hierarchii – prawo do zaspokojenia potrzeb mieszkaniowych przysługujące lokatorowi czy też prawo własności, jakie ma wynajmujący. Ustawodawca jest zobowiązany do uchwalenia przepisów umożliwiających respektowanie interesów zarówno najemców, jak i właścicieli. Zdecydowanie nie należy to do prostych zadań, gdyż interesy te, jak już wspomniano, są sprzeczne.

3. Najem okazjonalny. Dlaczego warto?

W ustawodawstwie polskim istnieje możliwość wynajmu nieruchomości na podstawie jednej z trzech umów. Należą do nich:

- zwykła umowa najmu,
- umowa najmu okazjonalnego oraz
- umowa najmu instytucjonalnego.

Najem okazjonalny stanowi pewnego rodzaju zabezpieczenie przed długotrwałym procesem dochodzenia roszczeń, a co najważniejsze – przed ryzykiem poniesienia znaczących strat finansowych przez wynajmującego. Mówiąc wprost – umowa ta stanowi zabezpieczenie na wypadek podejmowania przez najemcę nieuczciwych praktyk. Najczęściej sprowadzają się one do zalegania z płatnościami. Co prawda, standardowa umowa najmu charakteryzuje się mniejszym formalizmem. Warto jednak podkreślić, że formalizm charakterystyczny dla najmu okazjonalnego skutkuje znacznie szerszą ochroną praw wynajmującego.

Z jednym z najgorszych rozwiązań utożsamia się zawarcie umowy najmu na czas nieoznaczony, w której opłaty za media są regulowane przez wynajmującego. Wynajmujący pozostaje wtedy w sytuacji, w której nie ma prawa odcięcia mediów w zajmowanym przez nieuczciwego lokatora mieszkania [2]. Wówczas nieuczciwy najemca może tak naprawdę przez stosunkowo długi czas żyć na koszt właściciela nieruchomości.

Warto zaznaczyć, że zgodnie z art. 19a ust. 1 Ustawy o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego: „umową najmu okazjonalnego lokalu jest umowa najmu lokalu mieszkalnego (...) zawarta na czas oznaczony, nie dłuższy niż 10 lat” [1]. Zapis ten jest niezwykle istotny, gdyż pozbawia on nieuczciwego najemcę możliwości długotrwałego życia na koszt właściciela, unikając wypowiedzenia, gdyż umowa ta wygasa po określonym terminie. Przy umowie na czas określony, co do zasady nie obowiązują również okresy wypowiedzenia.

Z główną zaletą najmu okazjonalnego należy utożsamiać znacznie szybszy niż w przypadku zwykłej umowy najmu proces odzyskania lokalu przez wynajmującego. Art. 19a w ust. 2 ww. aktu wskazuje obligatoryjne załączniki, jakie muszą zostać dołączone do umowy, tj. oświadczenie najemcy w formie aktu notarialnego, w którym ten poddaje się egzekucji i zobowiązuje się do opróżnienia i wydania lokalu w terminie wskazanym w żądaniu opróżnienia lokalu. Już na samym początku

umowa ta zapewnia dodatkowe zabezpieczenie w formie weryfikacji umowy przez notariusza. Najemca jest również zobowiązany do wskazania adresu innego lokalu, w którym będzie mógł zamieszkać w przypadku wykonania egzekucji obowiązku opróżnienia lokalu. Oświadczenie, o którym mowa powyżej, daje gwarancję, że najemca się wyprowadzi. W przeciwnym wypadku zaistnieje podstawa do wykonania eksmisji najemcy. Co istotne, eksmisja dotyczy wówczas wszystkich osób zamieszkujących w lokalu, którego umowa dotyczy. Konieczne jest również dołączenie oświadczenia właściciela lokalu zastępczego, w którym ten wyraża zgodę na zamieszkanie lokatora w swojej nieruchomości po upływie terminu, na który umowa została zawarta.

Zauważalną różnicą stanowi również aspekt przyznawania przez gminę tzw. lokalu tymczasowego, co – jak już wskazano – wiąże się z wydłużeniem procesu odzyskiwania mieszkania przez właściciela. Przy najmie okazjonalnym: „dzięki notarialnemu oświadczeniu najemców o posiadaniu lokalu zastępczego nie ma potrzeby wyznaczania przez gminę lokalu tymczasowego, jak to ma miejsce w przypadku zwykłej umowy najmu” [3].

4. Brak podatku od najmu jako perspektywa zniwelowania problemu

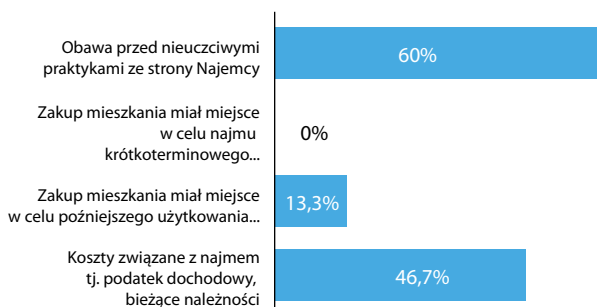
Konieczne jest wskazanie, iż najem objęty jest podatkiem. Od 2023 r. podatek od najmu prywatnego określany jest wyłącznie ryczałtowo. W przypadku tej formy opodatkowania „podatnik opłaca ryczałt w trakcie roku w wysokości 8,5% przychodów do kwoty 100 000 zł oraz 12,5% przychodów od nadwyżki ponad kwotę 100 000 zł” [4]. Należy podkreślić, że podatek dochodowy w przypadku najmu okazjonalnego należy odprowadzić w taki sam sposób, jak w przypadku tradycyjnej formy najmu zwanej uprzednio prywatną. Choć najem okazjonalny z założenia jest najmem krótkotrwałym, być może korzystną modyfikacją okazałoby się wyodrębnienie terminu, po którym najem nie byłby objęty wspomnianym podatkiem. Przykładowo – podatkiem dochodowym obciążony zostałby wówczas jedynie najem okazjonalny zawarty na okres do roku. Likwidacja obciążeń finansowych, takich jak podatek dochodowy mogłaby przyczynić się do przychylniejszego stosunku właścicieli lokali do zawarcia umów najmu. W konsekwencji doszłoby do zwiększenia podaży mieszkań, które stoją puste. W celu potwierdzenia wyżej wskazanego założenia przeprowadzono ankietę.

5. Ankieta dotycząca analizy rynku najmu mieszkań z perspektywy wynajmującego

W ankiecie wzięło udział 103 respondentów. Zostały w niej zawarte pytania mające umożliwić analizę rynku najmu mieszkań. Ankieta służyła odpowiedzi na pytanie: jak potencjalni wynajmujący postrzegają poszczególne kwestie odnoszące się do zawierania umów najmu?

5.1. Dlaczego nie?

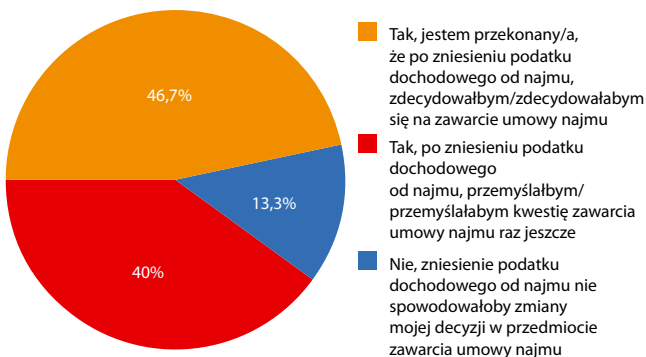
Spośród osób, które w pytaniu: czy zdecydował/a się Pan/ Pani na zawarcie umowy najmu odpowiedziały – nie, aż 60% rekomenduje, że czynnikiem powstrzymującym jest dla nich obawa przed nieuczciwymi praktykami ze strony najemcy. Z kolei 46,7% nie decyduje się na zawarcie umowy pomimo posiadania lokalu mieszkalnego z powodu kosztów związanych z najmem, do jakich zalicza się między innymi: podatek dochodowy, bieżące naprawy czy też przeprowadzenie ewentualnych remontów. W przypadku 13,3% decyzja ta jest podyktowana zakupem mieszkania w celu późniejszego użytkowania przez członków rodziny. Co warto podkreślić, w czasie, w którym mieszkanie stoi puste i czeka na zamieszkanie na przykład przez dziecko właścicieli, możliwe byłoby jego wynajmowanie. Przede wszystkim takie działania generowałyby korzyści majątkowe właściciela płynące ze świadczenia należnego z tytułu najmu, tj. tzw. czynszu najmu. Sądzę, że właściciele we wskazanej sytuacji stronią od zawierania umów najmu z uwagi na obawę przed ewentualnym zniszczeniem lokalu.



Rys. 1. Co Pana/Panią powstrzymuje? (badania własne)

5.2. Podatek dochodowy

Do refleksji skłania przede wszystkim wynik uzyskany z odpowiedzi na pytanie: czy zniesienie podatku od najmu spowodowałoby u Pana/Pani ponowną refleksję nad decyzją o zawarciu umowy najmu? Aż 53,3% respondentów zaświadcza, że jego zniesienie skutkowałoby ponownym rozważeniem zawarcia umowy najmu, z czego więcej niż 10% zaznacza, że jest przekonany, że zniesienie podatku zadecydowałoby



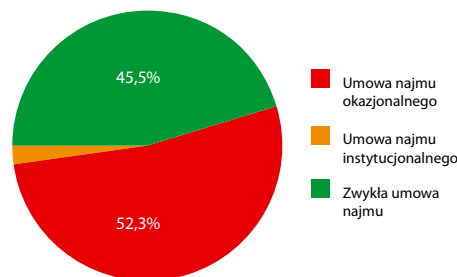
Rys. 2. Czy zniesienie podatku od najmu spowodowałoby u Pana/Pani ponowną refleksję nad decyzją o zawarciu umowy najmu? (badania własne)

o zawarciu umowy najmu. Na podstawie takiego wyniku można wyciągnąć wniosek, że modyfikacja przepisów w tym zakresie mogłaby okazać się naprawdę opłacanym zabiegiem umożliwiającym usprawnienie funkcjonowania rynku najmu lokali mieszkalnych.

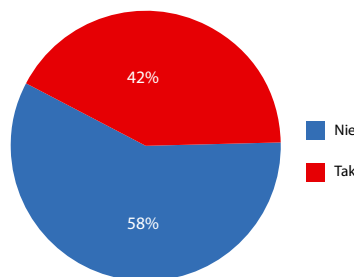
5.3. Praktyki nieuczciwe – czyli jakie?

Spośród respondentów, którzy w pytaniu: czy zdecydował/a się Pan/Pani na zawarcie umowy najmu odpowiedziały – tak, aż 52% zawarło umowę najmu okazjonalnego. Potwierdza to hipotezę, że świadomość wynajmujących ulega znacznemu poszerzeniu. Właściciele mieszkań w dużej mierze zdają sobie sprawę z ryzyka, jakie niesie za sobą zawarcie zwykłej umowy najmu.

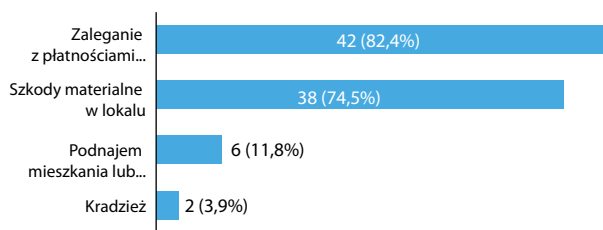
Rys. 3. Na zawarcie umowy najmu w jakiej formie się Pan/Pani zdecydował/a? (badania własne)



Przechodząc do dalszej interpretacji wyników, blisko 60% spotkało się z nieuczciwymi praktykami. Skupiając uwagę na analizie, do czego sprowadzały się działania najemców konieczne jest zaznaczenie, że ogrom respondentów zdecydowało się na zaznaczenie kilku odpowiedzi. Przede wszystkim – z niedającą się nie zauważyć przewagą 82,4% – jako nieuczciwą praktykę wskazywano zaleganie z płatnościami w czynszu. W 74,5% przypadków doszło do szkód materialnych wyrządzonych w wynajmowanym lokalu. Trzecią wyróżniającą się odpowiedzi z wynikiem 11,8% stanowi podnajem mieszkania lub jego części bez zgody właściciela. Jako inne – cieszące się nieco mniejszą popularnością – należy wskazać między innymi: brak realizacji ustalonego remontu w zamian za mniejsze opłaty, kradzież, decyzja o przedłużeniu umowy i wyprowadzka z dnia na dzień, zaleganie z płatnościami rachunków za media, brak kontaktu i konsekwentne ukrywanie się przed policją.



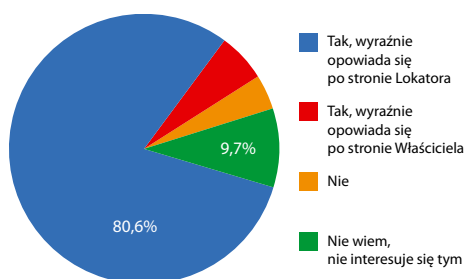
Rys. 4. Czy spotkał/a się Pan/Pani z nieuczciwym lokatorem? (badania własne)



Rys. 5. Jakich nieuczciwych praktyk ze strony najemcy Pan/Pani doświadczył/a? (badania własne)

5.4. Ocena stosunku wynajmujący – najemca

Chcąc przybliżyć opinię właścicieli lokali mieszkalnych objętych umową najmu dotyczącą oceny pozycji prawnej stron stosunku najmu, przytoczę spostrzeżenia jednej z respondentek: „zdecydowanie, jestem za możliwością eksmisji lokatorów w momencie niespełnienia przez nich warunków umowy. Umowa zawsze precyzyjnie określa obowiązki najemcy i w momencie ich niedotrzymania, powinni bezzwłocznie opuścić lokal. Pokrywanie kosztów życia nieuczciwych najemców nie powinno spoczywać na barkach wynajmującego. (...) Wynajmujący nie jest instytucją charytatywną, od tego są inne organy i państwo. Jestem osobą wynajmującą lokal mieszkalny na który ciężko pracowałam (...) i niestety przez 3 lata musiałam utrzymywać nieuczciwych najemców, bo prawo było po ich stronie. Oni byli pod ochroną we wszystkich aspektach, a ja – traktowana jak winowajca”. Kilkoro spośród respondentów zaświadcza również, że nigdy nie wynajmie mieszkania rodzinie z dziećmi z uwagi na obecne brzmienie przepisów. Znacząca większość, bo aż 80,6% respondentów twierdzi, że prawo wyraźnie opowiada się po stronie lokatora. Z pozostałej części odpowiedzi,



Rys. 6. Czy w Pana/Pani ocenie obecne brzmienie przepisów prawa wyraźnie staje po którejś ze stron stosunku najmu? (badania własne)



Rys. 7. Czy procedurę odzyskiwania lokalu w przypadku zalegania z płatnościami czynszu najmu przez lokatora/procedurę eksmisji lokatora ocenia Pan/Pani jako sprawną? (badania własne)

blisko 10% zaznacza, że nie interesuje się tematem, co daje jedynie niecałe 10% respondentów twierdzących, że prawo nie opowiada się po stronie lokatora.

Sama procedura odzyskiwania lokalu jest oceniana zdecydowanie jako wymagająca znacznego usprawnienia. Zaświadcza tak aż 82,5% respondentów. Konieczne jest zaznaczenie, że przeciwnie twierdzi jedynie grupa stanowiąca niecałe 4% odpowiedzi. Wynik ten – choć nieco bezwzględny – potwierdza konieczność modyfikacji przepisów prawa w celu wyrównania pozycji stron stosunku najmu.

6. Podsumowanie

Fakt mówiący o tym, że do zwykłej umowy najmu stosuje się przepisy ustawy o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego skutkuje szeroką ochroną praw lokatora. Z kolei umowa najmu okazjonalnego w pewien sposób centruje pozycję wynajmującego jako strony umowy. Polski rynek najmu lokali mieszkalnych rozwija się, a wraz z tym rozwojem poszerza się świadomość zarówno najemców, jak i wynajmujących [3]. Stosunek najmu zawarty w formie zwykłej umowy najmu, a właściwie związane z nim skutki powstrzymują wielu właścicieli lokali przed ich wynajęciem. Z całą pewnością wizja zawarcia umowy z nieuczciwym lokatorem, a w konsekwencji brak możliwości korzystania ze swojej własności równocześnie ponosząc straty finansowe z powodu zaległości z płatnościami czynszu, skutecznie odstrasza właścicieli mieszkań. Choć obecne brzmienie przepisów uwzględnia i respektuje zarówno prawa i obowiązki obu stron, wielokrotnie stanowisko w przedmiocie opisywanej problematyki zajmuje Trybunał Konstytucyjny. Jak zaznacza jedna z respondentek biorących udział w przeprowadzonej ankiecie: „przez 10 lat nie miałam styczności z nieuczciwymi najemcami. Obecnie ten problem w Polsce się nasilił”. Rozwiązaniem wskazanego problemu byłaby ewentualna zmiana obowiązujących przepisów w taki sposób, aby sytuacja prawna obu stron była wyrównana. Konieczne będzie jednak zaznaczenie, iż zapewnienie przez ustawodawcę przepisów dotyczących stosunku najmu pozwalających na uniknięcie konfliktów i nieporozumień jest zadaniem niezwykle trudnym.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z dnia 21 czerwca 2001 r. o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego (Dz.U.2023.725 t.j. z dnia 2023.04.18)
- [2] Jak wygląda eksmisja lokatora z umową najmu okazjonalnego? Rending, online: <https://rendin.pl/articles/jak-wyglada-eksmisja-lokatora-z-umowa-najmu-okazjonalnego>, (dostęp 04.05.2023)
- [3] Najem zwykły a okazjonalny – który wybrać? Poradnik przedsiębiorcy, online: <https://poradnikprzedsiębiorcy.pl/-najem-zwykly-a-okazjonalny-ktory-wybrac>, (dostęp 06.05.2023)
- [4] Rozliczenie podatku od najmu w 2023 roku, zmiany i optymalizacja, Mieszkaniowicz, online: https://mieszkaniowicz.org.pl/podatki-w-nieruchomosciach-w-2023-roku-co-sie-zmieni-i-jak-je-optymalizowac/?gad=1&gclid=CjwKCAjwYKjBhB5EiwAifDsfingqh7OUsflb8rd9r1_zG9U0h8qWqKcon-x3MkAsXN-DfM9P0cV9RoC5xgQAvD_BwE, (dostęp 14.05.2023)

Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach budowlanych na podstawie badania odwiertów rdzeniowych, w świetle nowej normy europejskiej EN 13791:2019

Assessment of the compressive strength of concrete in building structures based on core drilling tests, in the light of the new European standard EN 13791:2019

dr inż. Andrzej Moczko (ORCID: 0000-0002-2492-2283), Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9399

Streszczenie: Panuje powszechne przekonanie, że badania próbek wycinanych z odwiertów rdzeniowych są rozstrzygające dla oceny jakości betonu w istniejących konstrukcjach. W 2008 roku w Polsce wprowadzona została europejska norma EN 13791 [1], która uporządkowała zasady tej oceny. Procedury te przez ponad 10 lat były powszechnie stosowane w naszej praktyce inżynierskiej. W grudniu 2019 roku nastąpiła nowelizacja tejże normy [2], istotnie zmieniająca te zasady, co jest do dzisiaj źródłem wielu wątpliwości i nieporozumień. Praca niniejsza pokazuje najważniejsze zmiany dokonane w stosunku do „starej” wersji normy oraz przedstawia przykłady zastosowania znowelizowane zasady oceny jakości betonu in-situ.

Słowa kluczowe: beton, odwierty rdzeniowe, wytrzymałość betonu na ściskanie w konstrukcji.

Abstract: There is a general belief that testing cores is decisive for a reliable assessment of the quality of concrete in existing structures. In 2008, the European standard EN 13791 [1] was introduced in Poland, which organized the rules for this type of concrete quality assessment. These procedures have been widely used in our engineering practice for over 10 years. In December 2019, this standard was revised [2], significantly changing these rules, which is still a source of many doubts and misunderstandings. This paper shows the most important changes in relation to the “old” version of this standard and, using examples, presents new rules for assessing the quality of in-situ concrete basing on the tests of cores.

Keywords: concrete, core drilling, compressive strength of concrete in construction.

1. Wprowadzenie

Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w istniejących konstrukcjach (in-situ) zasadniczo różni się od oceny jakości betonu jako materiału dostarczanego na budowę, bazującego na ściskaniu normowych próbek sześciennych, zgodnie z PN-EN 206 [3], określającą między innymi klasę wytrzymałościową badanego betonu. Natomiast wytrzymałość in-situ to wielkość rzeczywista, charakteryzująca parametry mechaniczne betonu tu i teraz. Jej ocena nie jest prostym zadaniem. Mamy bowiem do czynienia z szeregiem różnych czynników, które istotnie wpływają na uzyskiwane wyniki, niezależnie od jakości samego betonu. Należy do nich zaliczyć między innymi warunki wbudowania, dojrzewania, a także jego pielęgnacji. Dlatego też, istotne znaczenie dla wiarygodności tego rodzaju oceny mają zarówno znormalizowane procedury wycinania i badania odwiertów, jak i właściwa ich interpretacja.

2. Badania odwiertów rdzeniowych

2.1. Zasady wycinania odwiertów z istniejącej konstrukcji

Badania wytrzymałościowe betonowych odwiertów rdzeniowych, wycinanych bezpośrednio z istniejącej konstrukcji budowlanych (rys. 1), uważane są powszechnie za najbardziej wiarygodne źródło informacji o rzeczywistej jakości wbudowanego betonu. Wyniki tych badań najczęściej przesądzą występujące wątpliwości odnośnie parametrów mechanicznych badanego betonu i są zwykle punktem odniesienia dla oceny wiarygodności wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcji.

Wiarygodność oceny parametrów mechanicznych betonu w istniejących konstrukcjach budowlanych jest w znacznym stopniu uzależniona od spełnienia szeregu warunków, związanych z prawidłowym wyborem miejsc pobrania odwiertów, ich wielkością oraz sposobem wycięcia. Zagadnienia



Rys. 1. Widok grupy odwiertów rdzeniowych, wyciętych z istniejącej konstrukcji betonowej

te w znacznym stopniu reguluje norma [4]. Zostały one także wyczerpująco omówione w pracy [5]. Niemniej jednak, dla pełnego obrazu omawianej problematyki, warto w tym miejscu przytoczyć najważniejsze zasady postępowania przy pobieraniu odwiertów rdzeniowych.

Lokalizacja oraz liczba miejsc, z których mają być pobrane odwierty rdzeniowe, jest ściśle uzależniona od celu i zakresu prowadzonych badań. W pierwszym rzędzie należy tu brać pod uwagę konieczność zapewnienia wymaganej reprezentatywności, wymóg możliwie jak najmniejszego osłabienia konstrukcji oraz dążenie do minimalizacji kosztów



Rys. 2. Widok sposobu wycinania odwiertu rdzeniowego z płyty pomostowej obiektu mostowego

zarówno samego wiercenia, jak i późniejszej naprawy powstałych uszkodzeń.

W celu zapewnienia maksymalnie zbliżonych warunków badań wytrzymałościowych odwiertów rdzeniowych do warunków określonych dla próbek normowych [3] zaleca się, aby odwierty były pobierane prostopadle do kierunku betonowania. Niemniej jednak w niektórych przypadkach, rodzaj badanej konstrukcji wymusza kierunek wycinania odwiertów, zgodny z kierunkiem układania betonu. Z tego rodzaju sytuacją mamy do czynienia np. w czasie badania mostowych płyt pomostowych (rys. 2), betonowych nawierzchni drogowych, czy też różnego rodzaju fundamentów.

W praktyce inżynierskiej preferowana średnica odwiertów rdzeniowych jest zbliżona do 100 mm. Takie przyjęcie wynika w pierwszej kolejności z faktu, iż stosunek wymiaru maksymalnego ziarna zastosowanego kruszywa do średnicy odwiertu nie powinien być większy niż 1:3, co w praktyce oznacza, że przy kruszywie o uziarnieniu do 32 mm optymalna średnica jest zbliżona do 100 mm.

Jednocześnie stosowne przepisy normowe [1, 4] stanowią, iż wartości wytrzymałości betonu na ściskanie, uzyskiwane na próbkach walcowych, których średnica i wysokość są równe i zbliżone do 100 mm, odpowiadają wytrzymałości, określanej na normowych próbkach sześciennych o boku równym 150 mm, wykonywanych i dojrzewających w tych samych warunkach.

Istotną kwestią, wymagającą należytej staranności, jest także wcześniejsza lokalizacja prętów zbrojeniowych, tak aby w miarę możliwości uniknąć ich przecięcia.

2.2. Przygotowanie próbek do badań

Wycięte z istniejącej konstrukcji odwierty rdzeniowe, powinny być poddane badaniom makroskopowym, mającym na celu dokonanie oceny jakościowej pozyskanych odwiertów w kontekście możliwości ich dalszego wykorzystania w badaniach wytrzymałościowych. Uwaga ta dotyczy w szczególności sprawdzenia, czy w strukturze betonu występują wady wewnętrzne bądź fragmenty zbrojenia.

Po wyeliminowaniu uszkodzonych fragmentów odwierty należy pociąć na próbki przeznaczone do badań wytrzymałościowych, w zależności od tego, czy uzyskiwane wyniki mają być wyrażone jako wytrzymałość na ściskanie, odpowiadająca badaniom próbek sześciennych o boku 150 mm, czy też jako wytrzymałość słupowa, uzyskiwana na próbkach walcowych o proporcji wysokości do średnicy równej 2:1.

W warunkach polskich najczęściej przyjmuje się wysokość próbki równą jej średnicy i wynoszącą około 100 mm, co pozwala traktować wynik badania jako tożsamy z wytrzymałością próbki sześciennych o boku równym 150 mm, wykonanej i dojrzewającej w tych samych warunkach.

Kluczową kwestią, warunkującą wiarygodność wyników badań wytrzymałościowych, próbek wyciętych z odwiertów rdzeniowych, jest zapewnienie równoległości powierzchni, do których przykładana jest siła ściskająca.

W tym celu zaleca się przeszlifowanie zewnętrznych powierzchni próbek betonowych. Szlifowanie powierzchni uznaje się za podstawowy sposób zapewnienia ich równoległości. Jako alternatywne dla szlifowania dopuszcza się także tzw. „kapslowanie”, polegające na zastosowaniu sztywnych metalowych nakładek dociskowych, wypełnionych warstwą zagęszczonego piasku kwarcowego, bądź też wyrównaniu powierzchni wyprawą z cementów wysokoglinowych lub mieszanek siarkowych. Szczegółowe zasady wykonania poszczególnych rodzajów „kapslowania” oraz przebieg samego badania próbek na ściskanie sformułowane zostały w normie [6].

3. Różnice pomiędzy „nową” i „starą” wersją normy PN-EN 13791

Należy podkreślić, że przedstawione powyżej uwarunkowania badania wytrzymałości na ściskanie betonu w istniejących konstrukcjach budowlanych dotyczą jedynie sposobu wycinania oraz przygotowania próbek betonu do badań. Nie zawierają natomiast informacji ani wskazówek odnośnie interpretacji uzyskiwanych wyników. Kwestia ta przez ostatnie 10 lat była regulowana przez normę PN-EN 13791 z 2008 roku [1], która między innymi określała kryteria kwalifikowania danego betonu do odpowiedniej klasy wytrzymałościowej. Szczegółowe omówienie tych zagadnień można między innymi znaleźć w pracach [7, 8].

W grudniu 2019 roku nastąpiła nowelizacja tejże normy [2], która istotnie zmieniła filozofię oceny jakości badanego betonu, ocenianej na podstawie badania odwiertów rdzeniowych. Jest to do dzisiaj źródłem wielu wątpliwości i nieporozumień. Omówienie szczegółów tych nowych uregulowań można znaleźć między innymi w pracach [9, 10].

Pierwszą istotną zmianą w stosunku do dotychczasowych zaleceń jest dopuszczenie do badań odwiertów o średnicy ≥ 75 mm, w porównaniu do wymaganych dotąd 100 mm.

Kolejną, kluczową zmianą, wprowadzoną przez tę normę jest fakt, iż co do zasady nie przewiduje ona określania klasy wytrzymałościowej betonu w istniejącej konstrukcji i ogranicza się jedynie do określenia charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie w danym miejscu pomiarowym. Ta pozornie mało istotna zmiana powoduje szereg wątpliwości i nieporozumień pomiędzy uczestnikami procesu budowlanego. Dotychczasowe procedury normowe były znacznie prostsze i dawały odpowiedź na najczęściej zadawane pytanie – z jaką klasą wytrzymałościową mamy do czynienia w konkretnym przypadku? Obecna wersja wspomnianej normy [2] nie daje wprost odpowiedzi na to pytanie.

Dodatkową komplikacją jest wprowadzenie zasady, iż wszystkie uzyskiwane w badaniach odwiertów rdzeniowych wartości wytrzymałości betonu $f_{ck, is}$ zaleca się odnosić do wyników badania odwiertów o proporcji wysokości do średnicy równej 2:1, co oznacza, że pojęcie

wytrzymałości w konstrukcji (in-situ compressive strength) odnosi się jedynie do tzw. wytrzymałości słupowej. Jest to poważne utrudnienie, jako że w polskiej praktyce inżynierskiej w powszechnym użyciu jest pojęcie wytrzymałości kostkowej, określanej na próbkach sześciennych o boku 150 mm. W rzeczywistości fakt ten oznacza, że każdorazowo wynik badania odwiertu o stosunku wysokości do średnicy równym 1:1 (odpowiadający wytrzymałości kostkowej) należy pomnożyć przez odpowiedni współczynnik przeliczeniowy.

Wartość tego współczynnika, określanego w nowej wersji normy [2] jako CLF (*Core Length Factor* – współczynnik długości odwiertu) zaleca się przyjmować jako równy 0,82. Jest to również istotna zmiana, bo dotychczas wartość tego współczynnika była przyjmowana jako równa 0,80.

Zmieniono także sposób przechowywania odwiertów od momentu pobrania do chwili badania. Wcześniej zakładano badania próbek w stanie powietrzno-suchym. Obecnie dąży się do badania próbek w stanie wilgotnościowym zbliżonym do stanu betonu w konstrukcji. Dlatego odwierty po wycięciu z konstrukcji zaleca się, aby były przechowywane w szczelnych pojemnikach, pozwalających na utrzymanie ich wilgotności zbliżonej do istniejącej w konstrukcji.

Procedury oceny jakości betonu, na podstawie badania odwiertów rdzeniowych zawarte w „nowej” wersji wspomnianej normy [2], wyraźnie różnicują dwa przypadki:

- oszacowanie wytrzymałości betonu na ściskanie w istniejącej (starej) konstrukcji,
- ocena klasy wytrzymałości betonu na ściskanie w razie wątpliwości co do spełnienia deklarowanej jakości betonu na miejscu budowy.

4. Oszacowanie wytrzymałości betonu w istniejącej konstrukcji

Ten przypadek wzbudza najwięcej wątpliwości interpretacyjnych, ponieważ zasadniczo zmienia obowiązujące dotychczas podejście do oceny jakości betonu w istniejących (starych) obiektach budowlanych. Pierwszą istotną zmianą jest wprowadzenie do normy wymogu, iż minimalna liczba wiarygodnych wyników, uzyskanych w czasie badań wytrzymałościowych odwiertów, niezbędna dla określenia wartości charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie $f_{ck, is}$ w konstrukcji, wynosi 8, co nie zawsze jest możliwe do zrealizowania. Dotychczas minimalna liczba wyników wynosiła 3.

Wyjątkiem jest przypadek tzw. „małego miejsca pomiarowego”, zawierającego od jednego do trzech elementów o całkowitej objętości nie większej niż około 10 m³. W takim przypadku minimalna liczba odwiertów jest równa 3, z tym, że za wartość wytrzymałości charakterystycznej betonu na ściskanie $f_{ck, is}$ przyjmuje się najmniejszą z uzyskanych wartości wytrzymałości.

Dodatkowym novum jest również rezygnacja ze stosowania współczynnika 0,85 (współczynnik wyrażający stosunek charakterystycznej wytrzymałości na ściskanie betonu w konstrukcji do charakterystycznej wytrzymałości znormalizowanych próbek do badania), Tym samym korzystanie z tabeli 1, zawartej w [1], do ustalania klasy wytrzymałościowej betonu stało się bezprzedmiotowe. W konsekwencji zmienione zostały także normowe wzory, służące do określania charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie. Za wartość charakterystycznej wytrzymałości na ściskanie w istniejącej konstrukcji $f_{ck, is}$ przyjmuje się obecnie mniejszą z dwóch wartości:

$$f_{ck, is} = f_{c, m(n)is} - k_n \cdot s \quad (1) \quad \text{oraz} \quad f_{ck, is} = f_{c, is, lowest} + M \quad (2)$$

gdzie:

k_n – zależy od liczby badanych próbek (tab. 1),

M – zależy od wartości $f_{c, is, lowest}$ (tab. 2),

s – odchylenie standardowe, jako większa z wartości – obliczone odchylenie standardowe lub wartość, przy której współczynnik zmienności wynosi 8%

Tabela 1. Wartości współczynnika k_n

n	8	10	12	16	20	30	∞
k_n	2,00	1,92	1,87	1,81	1,76	1,73	1,64

Tabela 2. Wartości zapasu M

Wartość $f_{c, is, lowest}$ [MPa]	Zapas M [MPa]
≥ 20	4
$\geq 16 < 20$	3
$\geq 12 < 16$	2
< 12	1

4.1. Przykład obliczeniowy

Należy wyznaczyć wartość wytrzymałości charakterystycznej badanego betonu dla wyników uzyskanych w badaniach odwiertów o proporcji wymiarów 1:1, zestawionych w tabeli 3.

Krok 1: Przeliczenie wartości wytrzymałości kostkowej na wytrzymałość słupową za pomocą współczynnika CLF = 0,82 (dolny wiersz tabeli 3).

Tabela 3. Wartości wytrzymałości na ściskanie uzyskane w czasie badania odwiertów

Punkt pomiarowy	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
$f_{c, 1:1 \text{ core}}$ [MPa]	26,8	29,0	37,5	31,5	26,0	25,2	27,6	27,9	31,6	23,5
$f_{c, is}$ [MPa]	22,0	23,8	30,8	25,8	21,3	20,7	22,6	22,9	25,9	19,3

Krok 2: Wyliczenie wartości: $f_{c, m(10)is} = 23,51$ MPa, $s = 3,30$ MPa, oraz $f_{c, is, lowest} = 19,3$ MPa.

Krok 3: Wyznaczenie wartości odchylenia standardowego, odpowiadającego współczynnikowi zmienności 8%:

$0,08 \times 23,51 = 1,88$ MPa < 3,30 MPa (wartość rzeczywista).

Krok 4: Wyznaczenie wartości charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie jako mniejszej wartości z dwóch poniższych:

$$f_{ck, is} = 23,51 - 1,92 \times 3,30 = 17,2 \text{ MPa}$$

$$\text{oraz } f_{ck, is} = 19,3 + 3 = 22,3 \text{ MPa}$$

gdzie: wartość $k_n = 1,92$ przyjęto z tabeli 1, a wartość $M = 3$ MPa przyjęto z tabeli 2.

Wniosek: Szacunkowa wartość charakterystycznej wytrzymałości badanego betonu na ściskanie wynosi 17,2 MPa.

5. Ocena klasy wytrzymałościowej betonu w przypadku wątpliwości co do jego jakości

Istotnej zmianie uległa także procedura oceny jakości betonu w sytuacji, gdy pojawiają się wątpliwości co do tego, czy rzeczywista jakość betonu wbudowanego w trakcie wznieszenia danego obiektu odpowiada deklarowanej klasie wytrzymałościowej.

Postępowanie w takim przypadku polega na przyjęciu wartości charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie, wynikającej z jego oczekiwanej klasy wytrzymałościowej $f_{ck, spec}$ i wyliczeniu, zgodnie z podanymi kryteriami oceny, wartości wytrzymałości średniej $f_{cm, is}$ i minimalnej $f_{is, lowest}$ koniecznych dla spełnienia tychże kryteriów. Innymi słowy „nowa” wersja normy [2] pozwala jedynie na sprawdzenie, czy badany beton spełnia lub nie – wymagania stawiane założonej klasie wytrzymałościowej betonu.

Kryteria oceny, a co za tym idzie i zalecane wzory są, w powyższym przypadku, uzależnione od objętości badanego betonu, przy przyjęciu objętości 30 m³ jako wartości, której krotność jest podstawą do ich właściwego stosowania. Równoczesne spełnienie dwóch poniższych kryteriów jest warunkiem uznania, że badany beton odpowiada wymaganiom wytrzymałościowym, stawianym założonej klasie betonu:

$$\text{Kryterium 1: } f_{cm, is} \geq 0,85 (f_{ck, spec} + 1) \quad (3)$$

dla objętości betonu w miejscu badania, wynoszącej 2–4-krotności 30 m³

$$\text{oraz } f_{cm, is} \geq 0,85 (f_{ck, spec} + 2) \quad (4)$$

dla objętości betonu w miejscu badania, wynoszącej 5–6-krotności 30 m³

$$\text{Kryterium 2: } f_{is, lowest} \geq 0,85 (f_{ck, spec} - M) \quad (5)$$

gdzie:

M = 4 MPa dla betonów klasy C20/25 lub wyższych,

M = 3, 2 lub 1 MPa odpowiednio dla klas wytrzymałości C16/20, C12/15 i C8/10.

W przypadku gdy mamy do czynienia z niewielką objętością betonu, nieprzekraczającą 30 m³, obowiązuje jedynie Kryterium 2.

5.1. Przykład obliczeniowy

Deklarowana klasa wytrzymałościowa wznoszonego fragmentu konstrukcji była klasą C25/30. W trakcie realizacji obiektu pojawiły się wątpliwości odnośnie spełnienia przez beton wymagań wytrzymałościowych, wynikających z założonej klasy wytrzymałościowej. Dla wyjaśnienia powstałych wątpliwości zbadano 4 odwierty rdzeniowe o średnicy i wysokości równej około 100 mm, które zostały wycięte z miejsca pomiarowego, o łącznej objętości wynoszącej około 60 m³, uzyskując następujące wartości:

$$f_{c1, 1:1 \text{ core}} = 29,5 \text{ MPa} \quad f_{c2, 1:1 \text{ core}} = 33,3 \text{ MPa}$$

$$f_{c3, 1:1 \text{ core}} = 30,5 \text{ MPa} \quad f_{c4, 1:1 \text{ core}} = 29,7 \text{ MPa}$$

Krok 1: Przeliczenie wartości wytrzymałości kostkowej na wytrzymałość słupową za pomocą współczynnika CLF = 0,82:

$$f_{c1, is} = 24,2 \text{ MPa} \quad f_{c2, is} = 27,3 \text{ MPa}$$

$$f_{c3, is} = 25,0 \text{ MPa} \quad f_{c4, is} = 24,4 \text{ MPa}$$

Krok 2: Wyliczenie wartości wytrzymałości średniej ($f_{cm, is} = 25,2 \text{ MPa}$) oraz wartości najmniejszej ($f_{is, lowest} = 24,2 \text{ MPa}$).

Krok 3: Sprawdzenie obu kryteriów oceny, przyjmując dla klasy C25/30 $f_{ck, spec} = 25 \text{ MPa}$.

$$\text{Kryterium 1: } f_{cm, is} \geq 0,85 (f_{ck, spec} + 1) = 0,85 (25 + 1) = 22,1 \text{ MPa}$$

$$f_{cm, is} = 25,2 \text{ MPa} > 22,1 \text{ MPa}$$

$$\text{Kryterium 2: } f_{is, lowest} \geq 0,85 (f_{ck, spec} - M) = 0,85 (25 - 4) = 17,9 \text{ MPa}$$

$$f_{is, lowest} = 24,2 \text{ MPa} > 17,9 \text{ MPa}$$

Wniosek: oba kryteria oceny są spełnione. Można przyjąć, że badany beton odpowiada wymaganiom wytrzymałościowym stawianym klasie wytrzymałości C25/30.

6. Podsumowanie

Podsumowując powyższe rozważania, należy stwierdzić, że wprowadzona nowelizacja normy PN EN 13791 jest znacznym utrudnieniem oceny jakości betonu w istniejących konstrukcjach za pomocą badania odwiertów rdzeniowych. Szczególną niedogodnością jest brak możliwości określenia klasy wytrzymałościowej betonu. Określenie jedynie wartości charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie w istniejącej konstrukcji często nie jest wystarczające i może prowadzić do nieporozumień pomiędzy uczestnikami procesu budowlanego.

Dodatkowym utrudnieniem jest także konieczność odnośzenia wszystkich wyników badań do tzw. wytrzymałości słupowej, określonej na próbkach walcowych o proporcji wysokości do średnicy równej 2:1, zamiast do wytrzymałości kostkowej, określanej na próbkach sześciennych o boku 150 mm, a także wymóg dysponowania co najmniej 8 wynikami badania odwiertów rdzeniowych, co w praktyce jest trudne do zrealizowania.

Przeprowadzone obliczenia porównawcze wykazały, że o ile w przypadku wątpliwości co do spełnienia deklarowanej jakości betonu na miejscu budowy, zarówno „stara”, jak i „nowa” wersja omawianej normy dają zbliżone wyniki, wartości charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie, uzyskiwane zgodnie ze znowelizowanymi wymaganiami normowymi, są niższe od wartości wyznaczonych zgodnie ze „starą” normą.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 13791: 2008: Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
- [2] PN-EN 13791: 2019: Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
- [3] PN-EN 206-1: 2016: Beton: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [4] PN-EN 1250-1: 2019: Badania betonu w konstrukcjach – Odwierty rdzeniowe. Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie
- [5] Moczko A., Badania odwiertów rdzeniowych w świetle aktualnych unormowań prawnych. Część 1 – pobieranie odwiertów z konstrukcji oraz badania makroskopowe. Budownictwo, Technologie, Architektura 1/2004, str. 24–27
- [6] PN-EN 12390-3: 2019: Badania betonu – Wytrzymałość próbek do badań na ściskanie
- [7] Brunarski L., Oszacowanie wytrzymałości „in-situ” – komentarz do PN-EN 13791:2008. Konferencja Dni Betonu 2010, materiały konferencyjne, str. 943–953
- [8] Moczko A., Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach na podstawie badania odwiertów rdzeniowych w świetle nowej normy europejskiej EN-13791:2007. Budownictwo, Technologie, Architektura 1/2008, str. 50–55
- [9] Bajorek G., Ocena betonu wbudowanego w konstrukcję w przypadku wątpliwości co do jego jakości. Budownictwo, Technologie, Architektura 1/2020, str. 68–72
- [10] Bajorek G., Nowe podejście do oceny wytrzymałości betonu w konstrukcji istniejącej wg PN-EN 13791:2019-12. Budownictwo, Technologie, Architektura 2/2020, str. 62–67

Parkingi piętrowe najnowszej generacji

mgr inż. Jerzy Piotr Bednarek

Obecnie w światowym budownictwie piętrowe parkingi samochodowe podziemne i naziemne są powszechnie znane. W tym artykule przedstawiam autorski projekt takiego parkingu, który jest całkowicie zautomatyzowany. Rozwiązanie to pozwala też na optymalne wykorzystanie powierzchni użytkowej dla parkowania aut bez dotychczas stosowanych ciągów komunikacyjnych wewnątrz budynku, takich jak zjazdy, podjazdy drogi manewrowe itp., które zajmują co najmniej tyle samo powierzchni co parkingi.

Dzięki temu nie będzie problemu bezpiecznego parkowania zwłaszcza w centrach dużych i wielkich metropolii, gdzie każdy metr kwadratowy jest bardzo drogi. I to są największe zalety tego projektu.

Parkowanie odbywa się automatycznie bez bezpośredniego udziału ludzi, co wyklucza wszelkie kolizje i napady.

Wystarczy podstawić nieruchomione auto przed windą, z której wysuwa się elektrowciąg o udźwigu np. 5 ton (50,0 kN) ze specjalnym chwytnikiem unoszącym samochód do windy, a następnie na odpowiednią kondygnację podziemną lub nadziemną ponad innymi zaparkowanymi już samochodami i stawia go na wolnym stanowisku. Wymaga to odpowiedniej wysokości kondygnacji, np. 6 m. W naszym projekcie przyjęto wymiary stanowiska 3/6 m. Parametry te wyznaczają maksymalne wymiary aut np. o szerokości do 1,9 m, długości do 5,2 m i wysokości do 2,3 m.

A oto zwięzła charakterystyka przykładowego obiektu.

1. Dane ogólne (wymiaru osiowe)

- 1.1. Powierzchnia zabudowy (z windami) 3960 m²
- 1.2. Powierzchnia parkowania 60x60x10 = 36 000 m²
- 1.3. Liczba stanowisk 2000
- 1.4. Liczba kondygnacji (2 podziemne i 8 nadziemnych) 10
- 1.5. Kubatura (bez dachu 237 600 m³)

2. Architektura

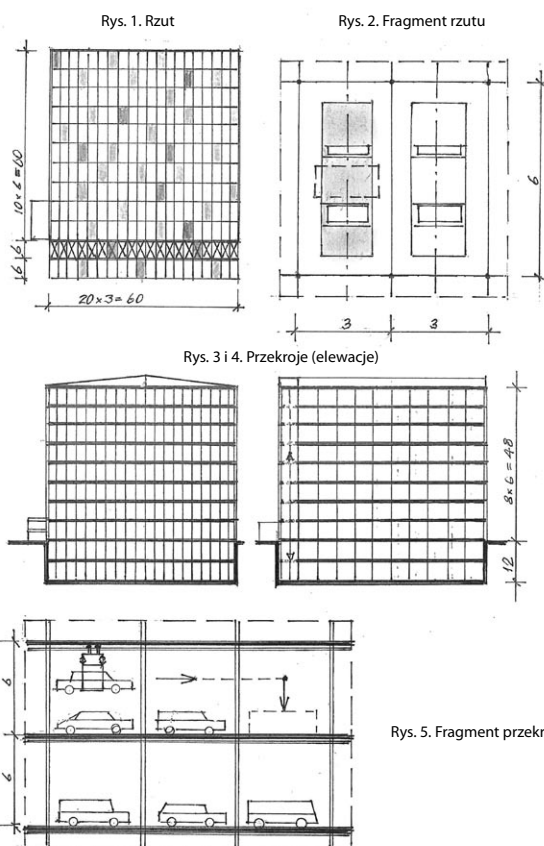
Proponuje się lokalizację przedmiotowych obiektów na gęsto zaludnionym obszarze przy ruchliwych arteriach z obszernym podjazdem np. szerokości 30 m dla ruchu samochodów przed i po parkowaniu.

Bryła budynku jest bardzo prosta, bez ścian zewnętrznych, ale z barierami bezpieczeństwa i siatką tytanową na parterze. Dach dwuspadowy, z pochYLENIEM 10% na boki.

Przewidziano też budynek socjalno-techniczny o wymiarach 6/12/6 m dla obsługi obiektu.

3. Konstrukcja

Fundament obiektu zaprojektowano jako ciągłą płytę żelbetową np. o wysokości 1 m. Konstrukcję budynku stanowi stalowy szkielet słupowo-belkowy z najlepszymi na świecie sprężonymi stropowymi płytami kanałowymi BTp według wynalazku i patentu autora [1]. Szyby wind z maszynowniami również są zaprojektowane z elementów stalowych.



4. Automatyka

Transport parkowania pojazdów jest całkowicie zautomatyzowany, który klient uruchamia przyciskiem po wpłaceniu odpowiedniej kwoty w parkomacie przed windą z zielonym światłem. Wjazd na stanowisko przed windą musi być precyzyjny (co pokaże drugie zielone światło), aby chwytnik uniósł auto w środku i przeniósł je w windzie na kondygnację z wolnym miejscem parkingowym. To samo, ale w odwrotnej kolejności dzieje się przy odbiorze auta. Cała operacja jest monitorowana dzień-noc i korygowana na bieżąco przez obsługę, aby nie dopuścić do awarii i przestoju. Czas transportu docelowego i powrotnego nie powinien być dłuższy niż po 3 minuty każdy.

5. Koszty budowy i ceny parkowania i sprzedaży stanowisk (według internetu [2])

- 5.1. Koszt budowy 1 m² – 1,2 tys. zł (ze współczynnikiem 1,2 na automatykę)
- 5.2. Koszt budowy obiektu ca 48 mln zł
- 5.3. Koszt sprzedaży 1 stanowiska parkingowego wg średniej krajowej wynosi 40 tys. zł (w Warszawie ponad 50 tys. zł), a sprzedaż całego budynku 80 mln zł (w Warszawie 100 mln zł) > 48 mln zł.
- 5.4. Ceny parkowania wg średniej krajowej to 3 zł/godz. (72 zł/24 godz.), w Warszawie 4,5 zł/godz. (108 zł/24 godz.) Obliczyłem, że przy doraźnym kompletnym wynajmie parkingów inwestycja zwraca się z nawiązką po dwóch latach, a w Warszawie nawet po roku.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bednarek J. P. Nowe sprężone płyty kanałowe BTp, Przegląd Budowlany 11/2001
- [2] Internet

Kontakt z Autorem – za pośrednictwem redakcji.

ARCHIPELAG PL

Archipelag projekty domów



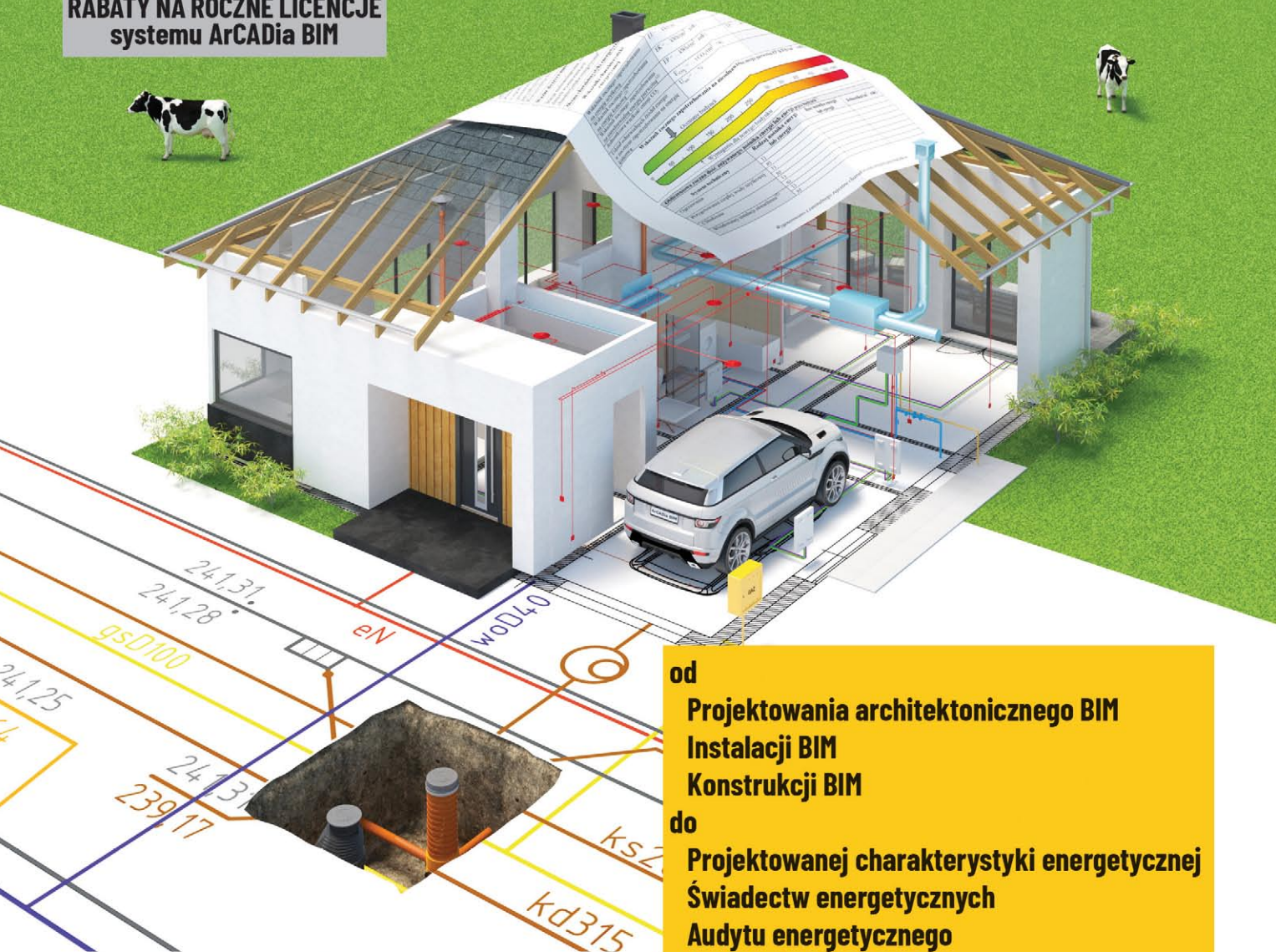
standard **ENERGO PLUS**



INTERsoft®

Kompleksowe oprogramowanie BIM dla architektury i budownictwa

RABATY NA ROCZNE LICENCJE
systemu ArCADia BIM



od
Projektowania architektonicznego BIM
Instalacji BIM
Konstrukcji BIM
do
Projektowanej charakterystyki energetycznej
Świadectw energetycznych
Audytu energetycznego

Moduły systemu ArCADia BIM – razem czy osobno?

Każdy moduł systemu ArCADia BIM usprawnia proces projektowania, a moduły ArCADia-TERMOCAD zawierają już w sobie podstawowe elementy projektowania architektonicznego.

NOWA WERSJA ArCADia-TERMOCAD 10

ArCADia-TERMOCAD ŚCIE 10 do świadectw charakterystyki energetycznej budynków.

ArCADia-TERMOCAD PCHE 10 do projektowanej charakterystyki energetycznej budynków oraz analiz ekonomicznych i ekologicznych.

ArCADia-TERMOCAD Audyt 10 do audytów energetycznych, remontowych, efektywności energetycznej, a także do audytów powykonawczych.

NOWA WERSJA ArCADia-RAMA 20

Program do modelowania i obliczeń dowolnych płaskich i przestrzennych układów prętowych według norm PN i Eurokodów PN-EN.

NOWA WERSJA INTERsoft-INTELLICAD 2023

Program CAD do tworzenia dokumentacji technicznej 2D i 3D, posiadający rozbudowane narzędzia do precyzyjnego rysowania.