

# Analiza wpływu metod intensyfikacji pracy na czas realizacji procesów budowlanych

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

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

DOI 10.5604/01.3001.0016.2708

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

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

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

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

## 1. Wprowadzenie

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

## 2. Harmonogramowanie powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3. Metody intensyfikacji pracy

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

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

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

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

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

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

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

#### 4. Formalizacja matematyczna problemu

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

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

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

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

Terminy zakończenia realizacji procesów są obliczane następująco:

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

Czasy wykonania procesów oblicza się według następującej zależności:

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

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

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

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

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

Terminy rozpoczęcia pozostałych procesów ustala się w sposób następujący:

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

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

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

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

#### Przykład

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

**Tabela 1.** Czasy i koszty wykonania poszczególnych procesów na działce

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

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

**Rys. 1.** Harmonogram realizacji przedsięwzięcia w wariacie bazowym

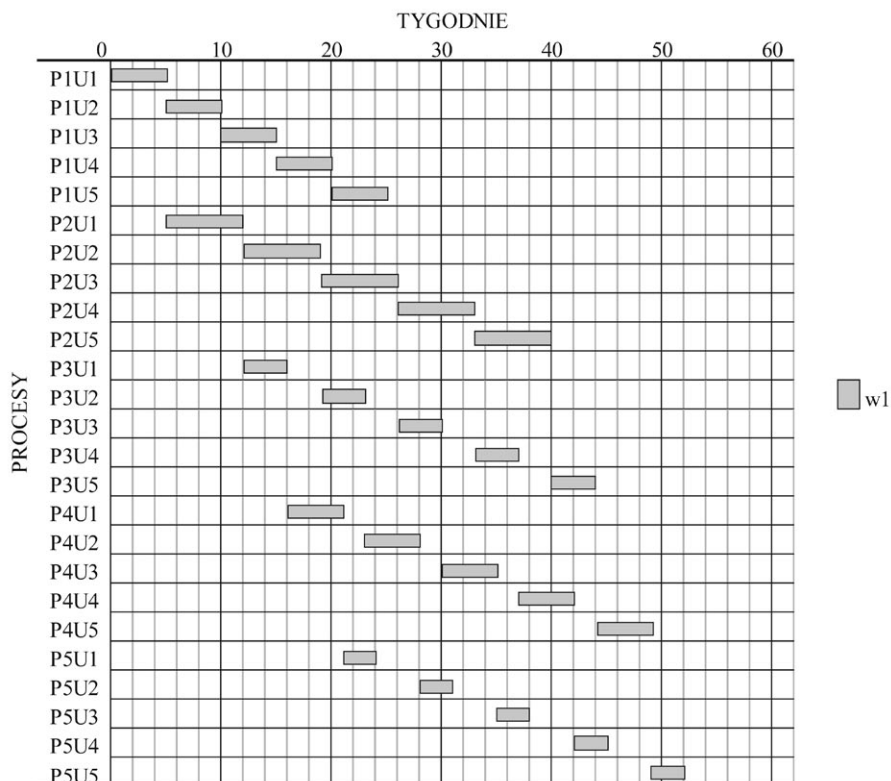
praca odbywa się na dwie zmiany. Model matematyczny problemu minimalizacji przestojów w pracy brygad rozwiązano za pomocą programu LPSolve (Open source Mixed-Integer Linear Programming system, version 5.5.2.0 of 8 August 2010, by Michel Berkelaar, Kjell Eikland, Peter Notebaert GNU LGPL).

W rozwiązaniu optymalnym zredukowano łączny czas przerw w pracy brygad o 40 dni w stosunku do wariantu bazowego, przy jednoczesnym wzroście kosztów bezpośrednich robót o 35 tys. zł. Proces 1 powinien być realizowany przy zastosowaniu wariantu 1 na działkach 1, 2 i 4, a na pozostałych działkach – na wydłużonym tygodniu roboczym. Praca na działkach 2 i 4 w ramach procesu drugiego powinna odbywać się na dwie zmiany, a na pozostałych działkach zgodnie z wariantem 2. Proces 3 na działce 4 powinien być zrealizowany w systemie dwuzmianowym, natomiast na pozostałych działkach – zgodnie z wariantem bazowym. Praca na działkach 1 i 2 w ramach realizacji procesu 4 powinna przebiegać zgodnie z wariantem 2, na działkach 4 i 5 na wydłużonej zmianie roboczej, a na działce 2 w wariantcie bazowym. Proces 5 na wszystkich działkach powinien być zrealizowany zgodnie z wariantem 1. Optymalny harmonogram realizacji przedsięwzięcia przedstawiono na rysunku 2.

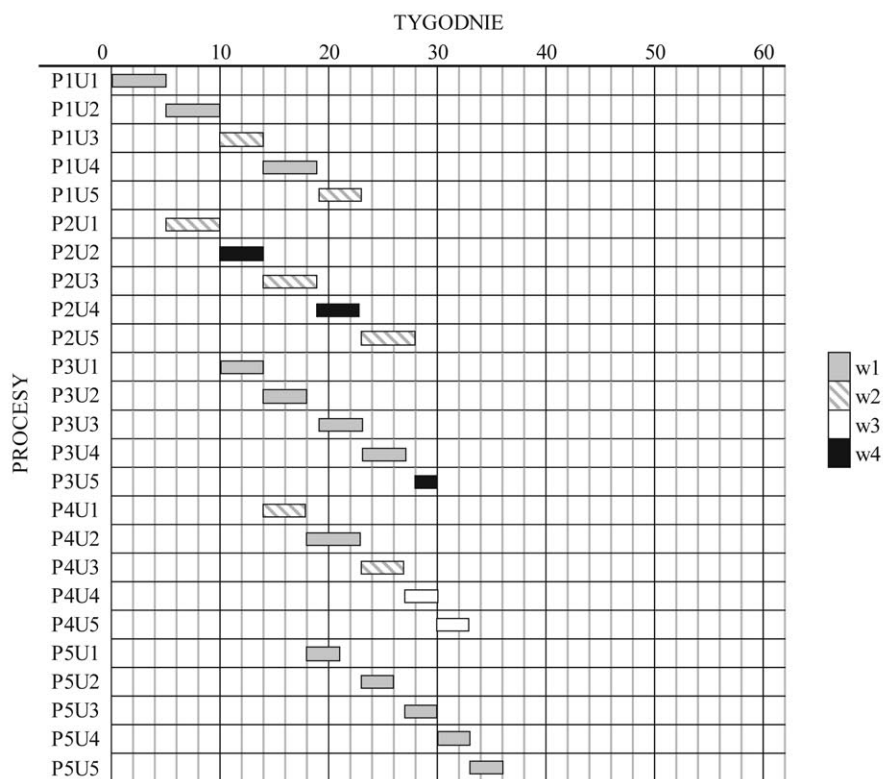
## 5. Podsumowanie

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

**Rys. 2.** Harmonogram realizacji przedsięwzięcia – rozwiązanie optymalne



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



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

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

#### BIBLIOGRAFIA

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



## VI Forum Budowlane Budownictwo Zrównoważone

PŁOCK 30 CZERWCA - 1 LIPCA 2023 R.



**Politechnika  
Warszawska**  
FILIA W PŁOCKU

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

### VI FORUM BUDOWLANE „Budownictwo Zrównoważone”.

W ramach przedsięwzięcia zorganizowane zostaną:

1. Konferencja naukowo-techniczna: „Wyzwania współczesnego budownictwa”

- Społeczne aspekty budownictwa zrównoważonego
- Efektywność energetyczna w budownictwie
- Ochrona środowiska przyrodniczego a budownictwo
- Budownictwo energooszczędne
- Budownictwo a zmiany klimatu
- IoT (ang. Internet of Things) – “Internet rzeczy” w budownictwie
- SmartCITY (Miasto Inteligentne) – wyzwanie czy konieczność?
- Materiały recyklingowe w budownictwie

2. Konferencja: „Efektywność procesów inwestycyjno-budowlanych”

3. Regaty Żeglarskie o Puchar Przewodniczącego MOIIB

4. Wydarzenia integracyjno-promocyjne

- Wystawa osiągnięć i wyrobów dla budownictwa
- Wystawa motoryzacyjna „Gwiazdy budownictwa”
- Wieczorne spotkanie integracyjne

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

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