

# 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”

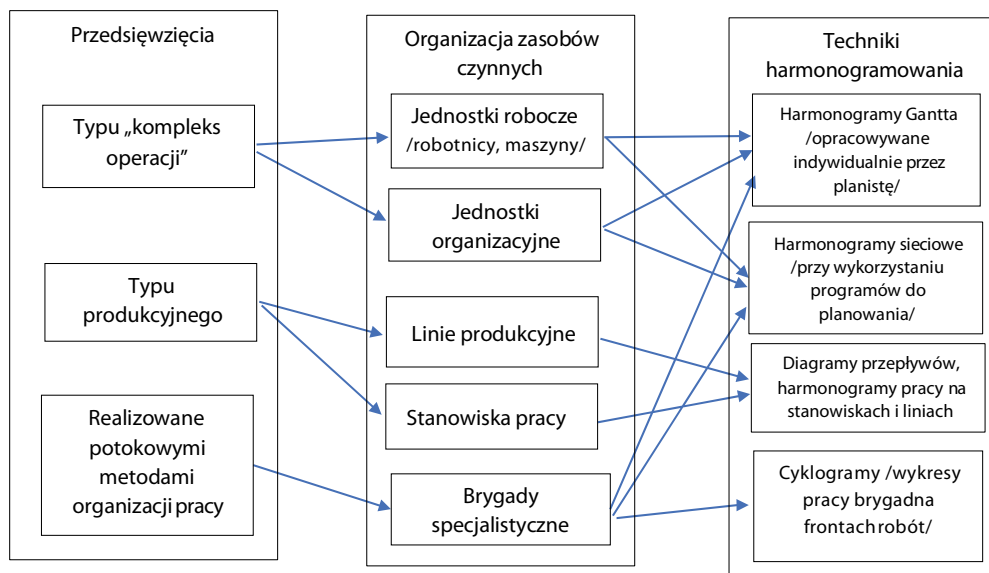
W planowaniu robót budowlanych stosowane są różne koncepcje organizacyjne pracy zasobów. Występują też różne

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.

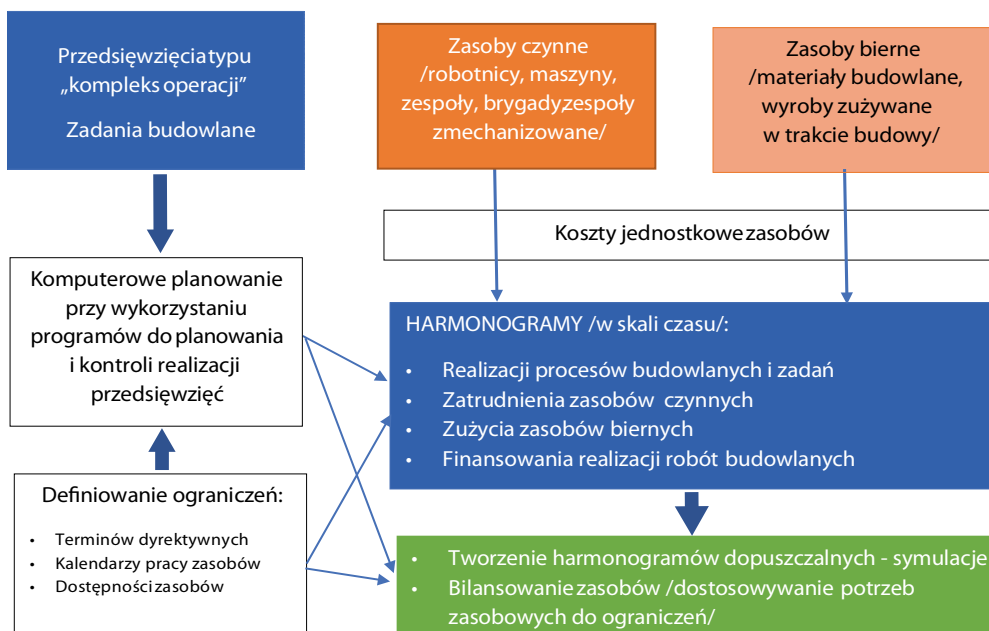
### 3. Istota zarządzania rozdziałem zasobów w metodzie „kompleks operacji”

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, niezużywalnych, 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].

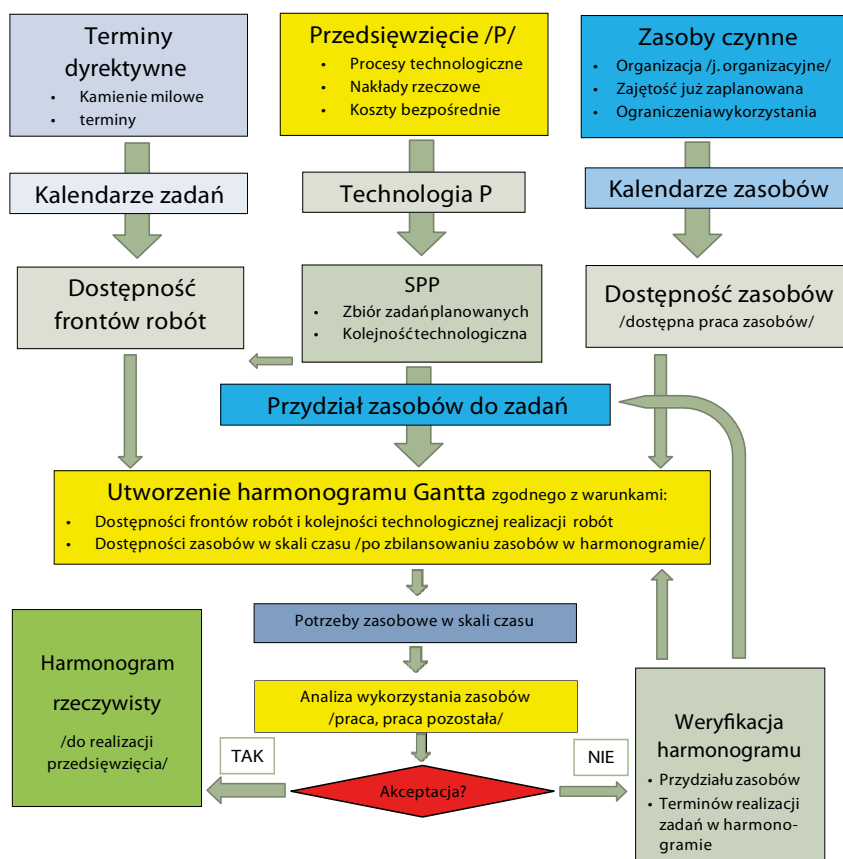
Nie bez znaczenia w zarządzaniu działalnością budowlaną jest też zarządzanie zasobami biernymi. Bez odpowiednich dostaw materiałów i wyrobów budowlanych nie można sobie wyobrazić efektywnej pracy zasobów czynnych. Zadania budowlane generują zapotrzebowanie na materiały przed ich rozpoczęciem lub w czasie 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.

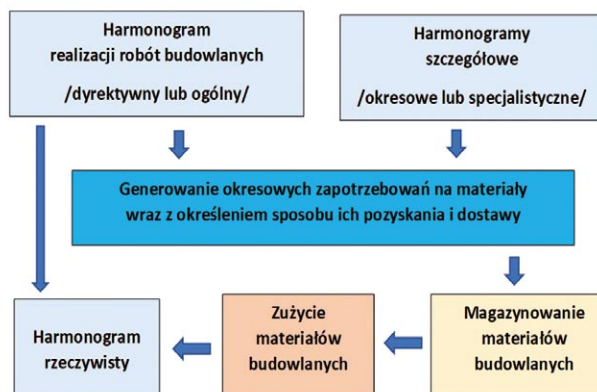
Opisany sposób planowania wykorzystania zasobów czynnych w opracowywaniu harmonogramu realizacji zamierzenia budowlanego można przedstawić schematycznie jak na rysunku 3.

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, szebła 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