

# Analiza skuteczności wykonania harmonogramu robót za pomocą Katalogów Nakładów Rzeczowych

Inż. Magdalena Bac, Politechnika Wrocławska, Budimex S.A.,  
prof. dr hab. inż. Zdzisław Hejducki, Politechnika Wrocławska

## 1. Wprowadzenie

Na przebieg procesu budowlanego wpływa wiele czynników. Jednym z najważniejszych jest prawidłowo wykonany harmonogram robót budowlanych, w którym zależności między poszczególnymi etapami robót przebiegają w odpowiedniej kolejności i wzajemnej korelacji [6]. Harmonogram ten pełni istotną funkcję na każdym etapie realizacji inwestycji. Prawidłowe określenie czasu trwania robót na budowie uzależnione jest od wybranej metody obliczeniowej, na podstawie, której wykonywane są niezbędne obliczenia [8], [11], [12].

Obecnie dostępna literatura [2], [4], [5], [7], [10] nie wskazuje jednoznacznie, która metoda obliczeniowa jest najbardziej efektywna przy określeniu czasu robót dla danego przedsięwzięcia budowlanego. W niniejszej publikacji przedstawiono wnioski wynikające z analizy czterech harmonogramów: powykonawczego, inwestorskiego, kierownika budowy i opartego na Katalogach Nakładów Rzeczowych [1], zaś jego celem sprawdzenie, w jakim stopniu wykorzystane metody obliczeniowe określają rzeczywisty przebieg robót na budowie.

Harmonogramy opracowywane na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych są niedoskonałe, ale to właśnie nakłady rzeczowe są bazą wyjściową dla określenia czasu trwania robót. W poniższym artykule porównano metodę analityczno-badawczą, w której czas wykonania wszystkich elementów operacji roboczej określa się bezpośrednio na stanowisku roboczym metodą analityczno-obliczeniową opartą na normach technicznych [9]. Dzięki takiej konfrontacji można było dowiedzieć się, z jakimi problemami musi zmagać się planista podczas określania czasu trwania robót według bazy KNR oraz jakich zmian należałoby dokonać, aby baza ta była dostosowana do obecnych standardów technologicznych.

Przedmiotem rozważań była budowa budynków mieszkalnych wielorodzinnych z garażami wbudowanymi, w ramach której przypadała budowa dwóch budynków na wspólnym fundamencie.

## 2. Wykonanie harmonogramu według Katalogów Nakładów Rzeczowych

### 2.1 Zebranie danych

Wykonanie harmonogramu na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych rozpoczęto od zebrania danych, które pozyskano z dokumentacji projektowej udostępnionej generalnemu wykonawcy przez inwestora [3]. Następnie stworzono przedmiar robót zgodnie z zasadami przedmiarowania robót według Katalogów Nakładów Rzeczowych. Dobrano skład brygad roboczych zgodnie z rzeczywistą sytuacją na budowie i określono czas trwania robót wraz z czynnikami ryzyka. Natomiast harmonogram powykonawczy oparto na podstawie dokumentacji powykonawczej, dziennika dostaw mieszanki betonowej na plac budowy dla poszczególnych robót, zbiorczego zestawienia pracowników budowy, dokumentacji fotograficznej, dziennika budowy i dziennika dostaw elementów prefabrykowanych. Harmonogram zrealizowany przez kierownika budowy uzależniony był od dostaw materiałów i czasu trwania kluczowych robót na budowie, to jest: wykonanie stropu typu Filigran i murów zewnętrznych konstrukcyjnych. Również na podstawie doświadczenia i wieloletniej działalności na rynku budowlanym inwestor opracował własny harmonogram robót.

### 2.2 Obliczenie czasu trwania robót

Czas trwania poszczególnych robót zestawiono w tabeli, a następnie dokonano analizy rozbieżności polegającej na określeniu przyczyn ich powstania. Przykład obliczeń wykonanych na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych dla stropu żelbetowego typu Filigran:

- płytkowe z nadbetonem – płyty stropowe grubości 5–7 cm o długości płyt 3,0–6,0 m:

Robocizna:	$t_r = 1459,19 \text{ m}^2 \times 0,19 \text{ r} - \text{g}/\text{m}^2 = 277,2461 \text{ r} - \text{g}$
Roboty wykonywały dwie ekipy pracowników, razem 10 osób	$277,246 \text{ r} - \text{g} / 9 \text{ g} = 30,805 \text{ dni}$ na jednego pracownika $30,805 \text{ dni} / 10 = 3,06 \text{ dnia}$
Żuraw samochodowy o udźwigu do 4 t:	$t_z = 1459,19 \text{ m}^2 \times 0,038 \text{ m} - \text{g}/\text{m}^2 = 55,45 \text{ m} - \text{g}$
Roboty wykonywały dwa żurawie	$55,45 \text{ m} - \text{g} / 9 \text{ g} = 6,16 \text{ dni}$ na jednego żurawia $6,16 \text{ dni} / 2 = 3,08 \text{ dnia}$

- wykonanie nadbetonu do 15 cm:

Robocizna:	$t_r = 933,99 \text{ m}^3 \times 0,55 \text{ r} - \text{g}/\text{m}^3 = 513,69 \text{ r} - \text{g}$
Roboty wykonywały 2 ekipy pracowników, razem 10 osób	$513,69 \text{ r} - \text{g} / 9 \text{ g} = 57,07 \text{ dni}$ na jednego pracownika $57,07 \text{ dni} / 10 = 5,71 \text{ dnia}$
Pompa do betonu na samochodzie:	$t_p = 933,99 \text{ m}^3 \times 0,09 \text{ m} - \text{g}/\text{m}^3 = 84,0591 \text{ m} - \text{g}$

- zbrojenie nadbetonu:

Robocizna:	$t_r = 36,6 \text{ t} \times 17,5 \text{ r} - \text{g}/\text{m}^3 = 640,5 \text{ r} - \text{g}$
Roboty wykonywało: 2 ekipy pracowników, razem 8 osób	$640,5 \text{ r} - \text{g} / 9 \text{ g} = 71,17 \text{ dni}$ na jednego pracownika $71,17 \text{ dni} / 8 = 8,89 \text{ dnia}$
Żuraw samochodowy o udźwigu do 4 t:	$t_z = 36,6 \text{ t} \times 0,032 \text{ m} - \text{g}/\text{t} = 1,172 \text{ m} - \text{g}$
Roboty wykonywało: 2 żurawie	$1,172 \text{ m} - \text{g} / 9 \text{ g} = 0,13 \text{ dni}$ na jednego żurawia $0,13 \text{ dni} / 2 = 0,065 \text{ dnia}$

Czas wykonania stropu określono na 21,31 roboczodni. Otrzymane wyniki zestawiono w tabeli wraz z danymi z pozostałych harmonogramów.

**Tabela 1.** Zestawienie r-dni dla stropu typu Filigran

Piętro II					
		Harmonogram			
		Inwestorski	wg KNR	Kierownika budowy	Powykonawczy
Lp.	Rodzaj robót	[r-dni]			
1.	Strop żelbetowy typu Filigran	44	21	29	44

### 2.3. Zestawienie i porównanie danych

Najbliższy rzeczywistemu czasowi wykonania stropu jest harmonogram stworzony przez inwestora. Kierownik budowy zaplanował wykonanie tych robót na 29 dni. Może być to spowodowane faktem, iż w swoich założeniach nie uwzględnił czasu od momentu zabetonowania stropu do zdjęcia z niego deskowania. Najbardziej odbiegającym wynikiem od

Kierownik budowy	203 dni	
Inwestor	264 dni	
KNR	177 dni	
Powykonawczy	321 dni	

**Rys. 1.** Czas wykonania robót żelbetowych i murowych według harmonogramu powykonawczego, inwestorskiego, KNR i kierownika budowy.

rzeczywistości jest czas wykonania robót wg Katalogów Nakładów Rzeczowych, wynosi on 21 dni. Wynika to z faktu braku ciągłości robót w obliczeniach, gdyż do czasu wykonania stropu powinniśmy doliczyć czas na wykonanie wieńców żelbetowych, zbrojenie podciągów i ich umiejscowienie w stropie, wykonanie deskowania, ułożenie podpór podtrzymujących strop oraz wykonanie otworów w płycie prefabrykowanej pod instalacje.

Na rysunku 1 przedstawiono wykres obrazujący czas wykonania robót żelbetowych i murowych dla analizowanej budowy według harmonogramu powykonawczego, inwestorskiego, Katalogów Nakładów Rzeczowych i kierownika budowy.

W wyniku dalszej analizy dla kluczowych robót odbywających się na budowie stwierdzono, że Katalogi Nakładów Rzeczowych wymagają ciągłych aktualizacji. Harmonogram wykonany na ich podstawie znacząco odbiega od rzeczywistości.

Podczas wykonywania przedmiaru dla robót, w których wykorzystywane było deskowanie systemowe PERI, zaobserwowano, że Katalogi Nakładów Rzeczowych nie określają jednoznacznie, w jakim katalogu znajdują się dane dotyczące ww. deskowania.

### 3. Analiza informacji zawartych w poszczególnych segmentach Katalogów Nakładów Rzeczowych

#### 3.1 Deskowanie systemowe PERI

Deskowanie PERI znajduje się w kilku zbiorach, KNR-W nr 2-02 i w KNR nr 0-20. Katalogi te podają też różne warianty wyboru „sposobu transportu” szalunku. W KNR 2-02 wariantami wyboru są:

1. Beton w pojemniku, pozostałe żurawiem.
2. Beton pompą, pozostałe żurawiem.
3. Beton pompą, pozostałe wyciągiem.

Natomiast w KNR 0–20:

1. Wariant I – transport betonu odbywa się za pomocą żurawia wieżowego, elementów deskowania oraz materiałów pozostałych również za pomocą żurawia wieżowego.
2. Wariant II – transport betonu przy użyciu pompy do betonu na samochodzie, transport elementów deskowania i materiałów pozostałych za pomocą żurawia wieżowego.

W obydwu katalogach odmiennie przedstawiono również nakład na robociznę, przykładowo dla wykonania ław fundamentowych wynosi ona w KNR-W 2-02 251,35 r-g, a w KNR 0-20 238,35 r-g. Deskowanie PERI w tych zbiorach przyjęto jako sprzęt, a nie jako materiał, w przeciwieństwie do deskowania tradycyjnego. W KNR 0-20 uwzględniony został czas pracy wibratorów, stosowanych w celu zagęszczenia mieszanki betonowej, natomiast w KNR-W 2-02 już ich nie ujęto.

Czas wykonania robót dla poszczególnych robót w deskowaniu systemowym PERI jest różny w zależności od doboru katalogu, na podstawie którego dokonywane są obliczenia. Doboru odpowiedniego zbioru musi dokonać projektant na podstawie własnego doświadczenia i znajomości technologii stosowanych w budownictwie.

### 3.2. Zasypanie fundamentów piaskiem:

Podczas wykonywania przedmiarów dla robót ziemnych zauważono, że w Katalogach Nakładów Rzeczowych brakuje pozycji związanych z zasypywaniem uprzednio wykonanego wykopu i fundamentów materiałem innym niż ten uzyskany z odspojenia gruntu. W KNR-W 2.01 przeanalizowano pozycje związane z zasypywaniem wykopu, w wyniku czego odnaleziono tylko jedną pozycję, która przedstawia to zagadnienie w tablicy nr 0222 – Zасыpywanie wykopów spycharkami.

Dodatkowo projektant nie ma możliwości dowolnego wyboru sprzętu do wykonania poszczególnych robót. Do zasypania wykopów wg KNR-W 2.01 wykorzystuje się tylko spycharki gąsienicowe o określonej mocy. Na analizowanej budowie prace te wykonywane były koparkami podsiębiernymi.

### 3.3. Ramy żelbetowe

W Katalogach Nakładów Rzeczowych nie odnaleziono zbioru, który umożliwiłby obliczenie nakładów na wykonanie ram żelbetowych w piwnicy budynku. W celu obliczenia nakładów przyjęto, że elementy te składają się z podciągów i słupów o określonym przekroju.

### 3.4. Rzeczywisty nakład mieszanki betonowej

**Tabela 2.** Zestawienie nakładów mieszanki betonowej wg KNR-ów i dokumentacji powykonawczej.

Rodzaj robót	Katalogi Nakładów Rzeczowych	Dokumentacja powykonawcza
Podkład betonowy C8/10	83,5433 m <sup>3</sup>	176 m <sup>3</sup>
Stopy i ławy fundamentowe C20/25	352,70 m <sup>3</sup>	352,50 m <sup>3</sup>

Z uzyskanych danych wynika, że ilość mieszanki betonowej przeznaczonej na wykonanie podkładu betonowego znacznie różni się w rzeczywistości od ilości wyliczonej na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych. Różnice wynikają z faktu, iż na budowie dno wykopu nie było wykonane w jednej płaszczyźnie, przez

co wbudowano większą ilość mieszanki betonowej. Również wymiary podkładu betonowego znacznie odbiegają od tych wyznaczonych w dokumentacji projektowej. Mimo tych różnic, ilość mieszanki przeznaczona dla stóp i ław fundamentowych jest do siebie zbliżona.

W czasie wykonywania przedmiaru robót na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych zauważono, że nie uwzględniono pozycji związanych z balkonami żelbetowymi prefabrykowanymi. Ponadto w nowoczesnych technologiach wykonywania często stosuje się zbrojenie półprefabrykowane lub prefabrykowane, natomiast katalogi podają tylko dane dla zbrojenia montowanego bezpośrednio na budowie. Podczas doboru pompy do betonu na samochodzie mamy dostępne tylko dwie długości 20 m i 36 m. Na analizowanej budowie korzystano często z pompy o długości 26 m, 28 m i 42 m. W Katalogach Nakładów Rzeczowych nie uwzględniono również tego, iż zaprawa murarska potrzebna do wykonania ścian murowanych może być wcześniej przygotowana w zakładzie betoniarskim, a następnie transportowana na plac budowy i rozładowywana za pomocą pojemnika z wykorzystaniem żurawia. W pozycjach związanych z wykonaniem ścian murowanych nie uwzględniono czasu pracy żurawia, który transportuje bloczki z miejsca składowania w miejsce wmurowania.

## 4. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że Katalogi Nakładów Rzeczowych wymagają ciągłych aktualizacji. Harmonogram robót wykonany na ich podstawie znacząco odbiega od rzeczywistości. Wymagają rzetelnej analizy z zakresu ich poprawności i prawidłowego ugrupowania robót w zależności od technologii ich wykonania. Należy je również uzupełnić o dane z zakresu zasypywania wykopów materiałami innymi niż tylko materiał uzyskany z odspojenia gruntu z uwzględnieniem sprzętu, który te prace będzie wykonywał, jak również o pozycje związane z wykonaniem ram żelbetowych. Rozwiązaniem powyższych problemów może być opracowana i zweryfikowana na danych rzeczywistych Metoda Progностyczno-Regresyjna [9] oparta na obliczeniach statystycznych. W metodzie tej uwzględnia się czynniki kubaturowe, organizacyjne, techniczne, zasobowe, liczbowe i lingwistyczne wpływające na przebieg realizacji zadania. Na podstawie analizowanych czynników wyznacza się równanie regresji lub sieć zależności, dzięki którym obliczony zostaje czas trwania procesu budowlanego realizowanego w warunkach rzeczywistych. Obecnie istnieje wiele firm oferujących oprogramowania dla budownictwa w zakresie wykonawstwa budowlanego, które systematycznie w miarę swoich możliwości uaktualniają poszczególne działy Katalogów Nakładów Rzeczowych. Jednak zasoby te nadal nie są wystarczające dla osób pragnących stworzyć harmonogram dla bardzo wymagających obiektów budowlanych. Najlepszym możliwym rozwiązaniem byłoby stworzenie kooperacji

największych firm generalnego wykonawstwa w Polsce, aby dzięki wzajemnej wymianie doświadczeń i informacji można było utworzyć całkowicie nową bazę danych o nakładach pracy na wykonanie robót budowlanych.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Dittmann P., Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i przykłady zastosowań, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004
- [2] Czarnigowska A., Sobotka A., Przewidywalność czasu trwania budowy. Publiczne przedsięwzięcia drogowe, Budownictwo – czasopismo techniczne 1-B/2010, str. 23–25, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej
- [3] Hejducki Z., Rogalska M., Time coupling methods: construction scheduling and time/cost optimization, Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2011
- [4] Hoła B., Mrozowicz J., Modelowanie procesów budowlanych o charakterze losowym, DWE, Wrocław, 2003
- [5] Huang J., Wang X., Risk Analysis of Construction Schedule Cased on PERT and MC Simulation, December 2009 ICIII'09: Proceedings of

the 2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, tom 02, Publisher: IEEE Computer Society

- [6] Jaworski K.M., Podstawy organizacji budowy, Warszawa, PWN, 2004, 18–48
- [7] Kowalczyk Z., Zabielski J., Kosztorysowanie i normowanie w budownictwie, Warszawa, WSiP, 2005, str. 44–46
- [8] Marcinkowski R., Planowanie organizacji robót budowlanych na podstawie analizy nakładów pracy zasobów czynnych, Budownictwo i Architektura, 12 (1), 2013, str. 39–46
- [9] Rogalska M., Wieloczynnikowe modele w prognozowaniu czasu procesów budowlanych, Lublin, Politechnika Lubelska, 2016
- [10] Skorupka D., Kompleksowa ocena ryzyka realizacji inwestycji budowlanych, Zaszty Naukowe WSOWL 2006, nr 1, str. 86–92
- [11] Skorupka A., Jaśkowski P., Zarządzanie łańcuchem dostaw w realizacji przedsięwzięć budowlanych, Gospodarka Materiałowa i Logistyka nr 11/2009, str. 11–20
- [12] Trocki M., Grucza B., Ogonek K., Zarządzanie projektami, PWE Warszawa, 2003
- [13] Yang J. B., Applying the theory of constraints to construction scheduling. System – based Vision for Strategic and Creative Design, Bontemi (ed.) 2003 Swets & Zeitlinger, Lisse

**Politechnika  
Warszawska**

III Konferencja Naukowa Doktorantów i Młodych Naukowców

**MŁODZI DLA TECHNIKI 2017**

Płock, 7-8 września 2017 roku

**DZIEŃ 2017  
BUDOWLAŃCA**

*Dzień Budowlańca w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego*

w Warszawie jest to wydarzenie poświęcone zagadnieniom związanym z szeroko pojętą branżą budowlaną. Szósta edycja Ogólnopolskiej Konferencji Studentów Budownictwa odbędzie się **11 maja 2017 roku** w Laboratorium Centrum Wodne przy ul. Ciszewskiego 6. W wydarzeniu każdego roku biorą udział największe i najbardziej liczące się firmy budowlane w Polsce. Temat przewodni tegorocznej edycji to „*Nowoczesne rozwiązania w procesie wykonawczym i projektowym*”. Jest to wydarzenie otwarte. Nie może Cię tam zabraknąć. Więcej informacji pojawi się na facebooku oraz stronie [www.dzienbudowlanca.sggw.pl](http://www.dzienbudowlanca.sggw.pl)

Do zobaczenia!