

## 1. Inżynieria przedsięwzięć budowlanych

### 1.1. Wprowadzenie

Budowa obiektów budowlanych, technologia i organizacja robót budowlanych, kierowanie budową, zarządzanie przedsięwzięciami i przedsiębiorstwami budowlanymi, a także eksploatacja obiektów budowlanych są przedmiotem badań i kształcenia inżynierów budownictwa od wielu lat. W tym czasie nastąpił istotny rozwój zarówno teorii jak i możliwości jej zastosowań do rozwiązywania problemów praktyki. Pojawiły się nowe możliwości analizy i projektowania procesów budowlanych, ale także nowe potrzeby praktyki w zakresie zarządzania tymi procesami. Wymagania społeczne, techniczne i ekonomiczne wymuszają kompleksowe analizy i rozwiązania problemów budowy, przebudowy, montażu, remontu lub rozbioru i eksploatacji obiektów budowlanych. Konieczne staje się nowe kompleksowe, systemowe podejście do rozwiązywania tych problemów. Niezbędne stają się nowe metody i techniki analizy i projektowania realizacji robót budowlanych. Takie podejście stało się podstawową przyczyną ukształtowania się specjalności inżynieria przedsięwzięć budowlanych. Jest to związane z postawą badacza i projektanta, która ukierunkowana jest na sprawne i efektywne z punktu widzenia warunków społecznych, technicznych i ekonomicznych, rozwiązywanie problemów budownictwa. Ponadto, zakłada się wykorzystanie dorobku innych nauk do rozwiązywania takich problemów. Biorąc pod uwagę różnorodność poglądów w tym zakresie, warto zdefiniować podstawowe pojęcia i zdefiniować przedmiot badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Definicji wymagają trzy podstawowe określenia: *inżynieria*, *przedsięwzięcie budowlane* oraz termin złożony *inżynieria przedsięwzięć budowlanych*.

Termin „*inżynieria*” stosowany jest od dawna w nauce i technice do opisu zagadnień związanych z analizą, badaniem i projektowaniem różnych obiektów. Przez lata rozumienie słowa „*inżynieria*” ewoluowało, zmieniały się jego zakres i treść. Obecnie, pojęciem tym najczęściej opisuje się postępowanie, w którym analiza wybranego fragmentu rzeczywistości prowadzona jest kompleksowo z zastosowaniem podejścia systemowego, a proponowane metody i rozwiązania formułowane są w ujęciu systemowym. Różne koncepcje w tym zakresie są prezentowane w pracach [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Można stwierdzić, że współcześnie, w różnych dziedzinach związanych przygotowaniem zmian i przekształcaniem rzeczywistości, termin „*inżynieria*” rozumie się jako:

1. Rozszerzający się dział nauk praktycznych, który opisuje, bada i formułuje prawa dotyczące określonego fragmentu rzeczywistości, w tym materii nieorganicznej i organicznej, roślin i zwierząt.

---

<sup>1</sup> Tadeusz Kasprowicz, prof. dr hab. inż., Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna

2. Proces decyzyjny i wykorzystanie zasobów podporządkowane celowi, którym jest przygotowanie i realizacja jakiegoś przedsięwzięcia.

W odniesieniu do budownictwa termin inżynieria bywa rozumiany różnie. Zgodnie z „Leksykonem naukowo-technicznym” [7] inżynieria lądowa to techniczna dyscyplina naukowa zajmująca się zagadnieniami budowy dróg, kolei, lotnisk i tuneli. Można stwierdzić, że definicja ta nie obejmuje dużego obszaru budownictwa, które definiowane jest, jako technika wznoszenia i konserwacji budowli oraz związane z nią umiejętności, gdyż budowla [7, 8] to każdy obiekt budowlany niebędący budynkiem lub obiektem małej architektury. Na internetowej stronie Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN (<http://www.kiliw.pan.pl>) określono zakres działania komitetu, jako badanie obiektu budowlanego w czasie projektowania, wznoszenia i eksploatacji w środowisku, a także jego modernizacja i naprawy. Natomiast główne kierunki badań to: obciążenia działające na obiekt, współdziałanie obiektu z podłożem, materiały budowlane, systemy izolacyjne, systemy ogrzewania, wentylacji, zaopatrzenia w wodę i energię, sanitarne, ponadto budowle hydrotechniczne, inżynieria dróg i mostów, infrastruktura techniczna miast oraz organizacja i planowanie procesów budowlanych. Definicja ta chyba najlepiej oddaje współczesne rozumienie inżynierii lądowej.

Termin „*przedsięwzięcie budowlane*” związany jest z często ostatnio używanymi terminami „*projekt*” i „*zarządzanie projektami*”. Zarządzanie projektami jest chyba aktualnie jednym z najbardziej rozpowszechnionych terminów, który jest wykorzystywany do kompleksowego opisu podejmowanych działań w różnych dziedzinach i dyscyplinach naukowych, a także w praktyce gospodarczej. Za pomocą terminu „*projekt*” zwykle opisuje się wszystkie działania związane z przygotowaniem i realizacją określonego zadania, w tym zarządzanie i realizację zadania od pomysłu, poprzez opracowanie jego wykonania, realizację i zakończenie. Taką treść w języku polskim lepiej opisuje słowo przedsięwzięcie [6]. Ponadto, w budownictwie sformułowanie „zarządzanie projektem budowlanym” może być i bywa mylące, gdyż terminy „zarządzanie budową”, „projektowanie w budownictwie” i „projekt budowlany” zostały wcześniej dobrze zdefiniowane i są powszechnie jednakowo rozumiane, jednak inaczej niż w określeniu „zarządzanie projektem”. W tym kontekście, podobnie jak w pracach [1, 2, 3], za pomocą terminu „*przedsięwzięcie budowlane*” opisuje się proces przygotowania i realizacji budowy, przebudowy, montażu, remontu lub rozbioru obiektu budowlanego w konkretnym miejscu, czasie, otoczeniu systemowym i środowisku naturalnym. Przedsięwzięcie budowlane jest realizowane współzależnymi etapami, które zapewniają osiągnięcie założonego celu. Etapy te to: studia techniczno-ekonomiczno-środowiskowe, opracowanie koncepcji przedsięwzięcia i projektu budowlanego oraz przygotowanie organizacyjne i realizacja budowy, w tym przekazanie obiektu do eksploatacji. We wszystkich etapach przygotowania i realizacji przedsięwzięcia budowlanego, poszczególne opracowania wykonywane są przez specjalistów posiadających wymagane uprawnienia. Podstawowym etapem przedsięwzięcia budowlanego są roboty budowlane na placu budowy. Szczególnym przedsięwzięciem budowlanym jest eksploatacja obiektu budowlanego, czyli zapewnienie możliwości użytkowania obiektu zgodnie z przeznaczeniem poprzez utrzymanie jego wymaganego stanu eksploatacyjnego. W tym sensie użytkowanie obiektu, to zbiór działań związanych

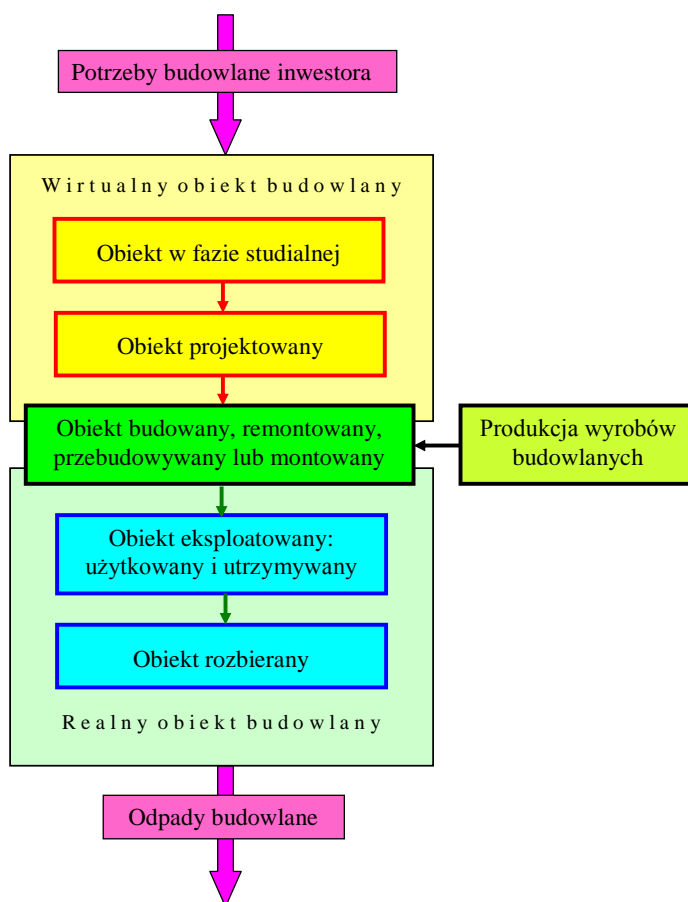
z kierowaniem procesem użytkowania i wypełniania przez obiekt wymaganych funkcji, czyli wykorzystania obiektu zgodnie z przeznaczeniem. Utrzymanie obiektu, to zbiór działań związanych z kierowaniem utrzymaniem i zachowaniem lub odtworzeniem zdolności wypełniania przez obiekt wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych. W tym sensie utrzymanie obiektu to jego obsługa funkcjonalna, konserwacja, remont bieżący lub główny. Podstawą projektowania przedsięwzięć budowlanych jest analiza potrzeb inwestora, warunków realizacji robót i eksploatacji obiektu. Szczególnym etapem przygotowania przedsięwzięcia budowlanego jest projektowanie techniczne obiektu. Można stwierdzić, że projektowanie techniczne, w tym konstrukcji obiektu i opracowanie projektu budowlanego (dokumentacji projektowej), ze względu na wymaganą wiedzę, niezbędne umiejętności i kompetencje jest realizowane przez specjalistów, jako wyodrębniona część przedsięwzięcia. Zawsze z uwzględnieniem wymagań funkcjonalnych oraz warunków technicznych, technologicznych, organizacyjnych, ekonomicznych, systemowych i środowiskowych realizacji robót i eksploatacji obiektu. Etap ten nie jest w niniejszej pracy szczegółowo opisywany.

Biorąc powyższe pod uwagę oraz aktualny stan badań, można stwierdzić, że „*inżynieria przedsięwzięć budowlanych*” to specjalność w ramach inżynierii lądowej, która zajmuje się badaniem budowy, montażu, przebudowy, remontu i eksploatacji obiektów budowlanych w konkretnym miejscu, czasie, otoczeniu systemowym i środowisku naturalnym. Dotyczy to gromadzenia i tworzenia specjalistycznej wiedzy, umiejętności i kompetencji, które są niezbędne do projektowania przedsięwzięć budowlanych oraz podejmowania decyzji określających sposób, czas, koszty, jakość, wymagania i miejsce realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Z tego punktu widzenia, w ramach inżynierii przedsięwzięć budowlanych prowadzone są badania technologii i organizacji robót budowlanych, przygotowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych, struktury i funkcjonowania przedsiębiorstw budowlanych oraz procesu eksploatacji obiektów budowlanych. Podstawowym celem takiej analizy jest spełnienie wymagań zrównoważonego budownictwa i wykonanie przedsięwzięć budowlanych na czas, w ramach budżetu i powyżej oczekiwań jakościowych zmagającego.

## **1.2. Przedmiot badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych**

Zgodnie z przedstawioną definicją podstawowym przedmiotem badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest budowa, przebudowa, montaż, remont lub rozbiórka obiektu budowlanego w konkretnym miejscu, czasie, otoczeniu systemowym i środowisku naturalnym. Badany jest cykl przygotowania, wykonania i eksploatacji obiektu budowlanego. Oznacza to, że obiekt budowlany w początkowej fazie przedsięwzięcia budowlanego fizycznie nie istnieje. W kolejnych fazach powstaje obiekt. Początkowo jest to ogólne wyobrażenie obiektu, związane z zaspokojeniem potrzeb inwestora, następnie kolejno koncepcja funkcjonalno-konstrukcyjna, projekt konstrukcji, projekt realizacji robót. Podczas realizacji robót powstaje obiekt rzeczywisty, który jest przekazywany do eksploatacji i eksploatowany. Można stwierdzić, że w fazie precyzowania potrzeb inwestora, opracowania koncepcji i projektowania przedmiotem działań jest *obiekt wirtualny*, który, po uzy-

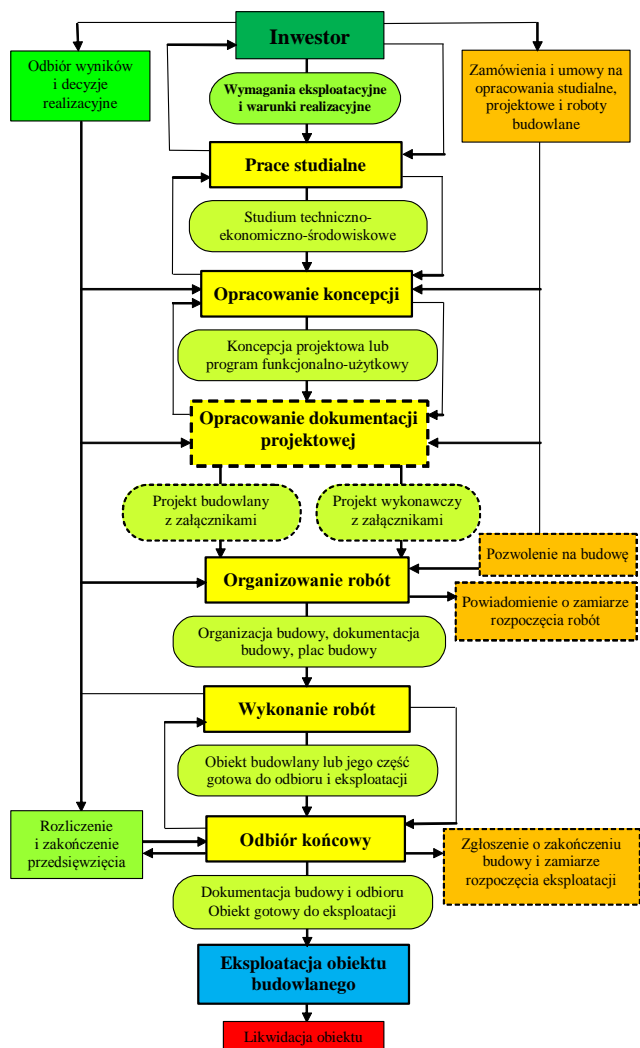
skaniu pozwolenia na budowę (jeśli jest wymagane), podczas realizacji robót na placu budowy, przekształcany jest w *obiekt realny* i taki przekazywany do eksploatacji (rys. 1.1).



Rys. 1.1. Cykl życia obiektu budowlanego

Prowadzone analizy, prace studialne, koncepcyjne i projektowe wymagają zwykle wiedzy interdyscyplinarnej i mogą być prowadzone przez specjalistów różnych dziedzin, dyscyplin i specjalności. Często wykonawcy muszą posiadać określone uprawnienia do ich przeprowadzenia. W pracach studialnych i podczas przygotowania koncepcyjnego, ze względu na powstawanie coraz bardziej szczegółowego zbioru informacji i danych, może być konieczne powtórzenie lub weryfikacja wcześniej wykonanych opracowań.

Dlatego jest to skończony ciąg czynności ze sprzężeniami zwrotnymi, który realizowany jest w celu optymalnego lub racjonalnego zaspokojenia potrzeb inwestora i użytkowników – rys. 1.2 [5, 7, 8, 9].

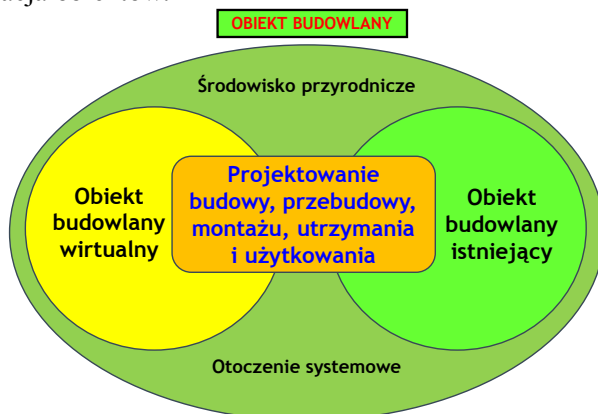


Rys. 1.2. Cykl realizacji przedsięwzięcia budowlanego: [ Działania warunkowe ]

W przedstawionym ujęciu, analizy i badania w ramach inżynierii przedsięwzięć budowlanych realizowane są w pewnym cyklu współzależnych działań i dotyczą różnych aspektów technicznych, technologicznych, ekonomicznych, organizacyjnych i środowiskowych w całym cyklu życia obiektu budowlanego. Pozwala to kompleksowo analizować i oceniać obiekty budowlane zgodnie z zasadami zrównoważonego budownictwa. Przedmiotem badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych są (rys. 1.3):

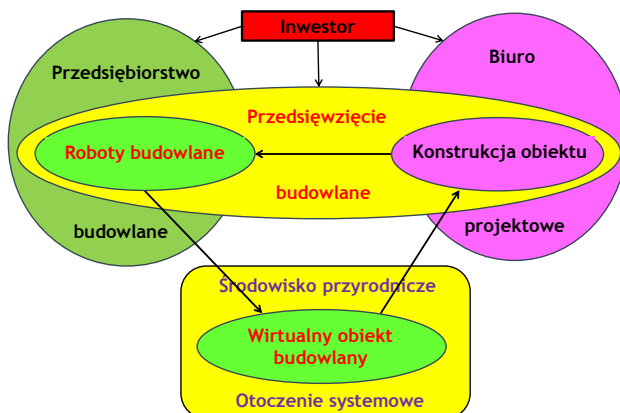
- procesy budowy, przebudowy, montażu, remontu i rozbiórki obiektów budowlanych,
- zasady i metody opracowania koncepcji i projektowania budowy, przebudowy, montażu, remontu i rozbiórki obiektów budowlanych,

- eksploatacja obiektów.



Rys. 1.3. Przedmiot badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych

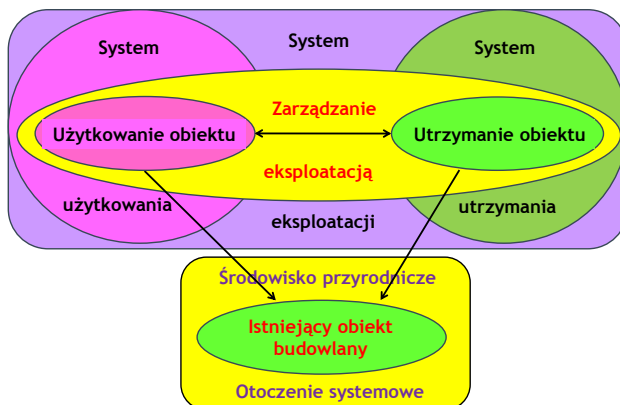
W odniesieniu do obiektów wirtualnych przedmiotem inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest konstrukcja obiektu budowlanego, niezbędne roboty budowlane oraz organizacja wykonania przedsięwzięcia budowlanego (rys. 1.4).



Rys. 1.4. Badanie robót, przedsięwzięć i przedsiębiorstw budowlanych

W odniesieniu do obiektów realnych przedmiotem badań jest eksploatacja obiektów budowlanych. W szczególności (rys. 1.5):

- użytkowanie,
- utrzymanie,
- zarządzanie eksploatacją.

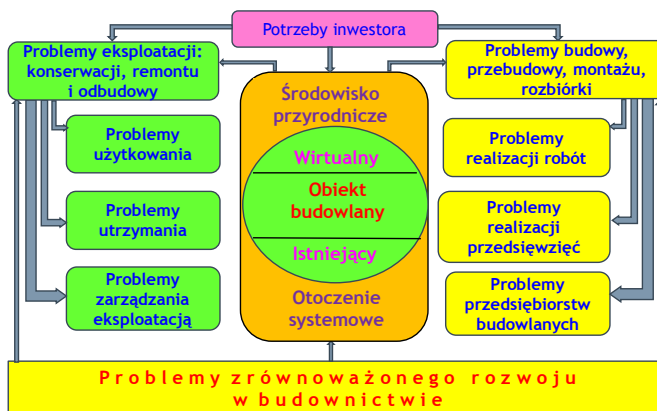


Rys. 1.5. Badanie eksploatacji obiektów budowlanych

Kompleksowa analiza przedmiotu badań jest podstawowym warunkiem skuteczności, sprawności i efektywności robót i przedsięwzięć budowlanych.

### 1.3. Obszary problemowe i wybrane szczegółowe problemy badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych

Analiza przedmiotu badań pozwala określić podstawowe obszary problemowe, które wskazują potrzebę analiz i badań w ramach inżynierii przedsięwzięć budowlanych (rys. 1.6).



Rys. 1.6. Obszary problemowe badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych

W wymienionych obszarach są formułowane szczegółowe problemy badań. Aktualnie do najważniejszych szczegółowych problemów badawczych można zaliczyć:

1. Problemy zintegrowanego zarządzania w budownictwie, w szczególności:
  - a) zintegrowane metody przygotowania, organizacji i realizacji robót i przedsięwzięć budowlanych:

- standaryzacja procesu inwestycyjnego i systemów realizacji, w tym: cykl realizacji, wymagania prawa budowlanego i prawa zamówień publicznych, logistyka,
  - analiza technologii i organizacji robót, ocena kosztów i efektywności,
  - analiza czasu realizacji, metody harmonogramowania w warunkach ryzyka,
  - analiza i ocena ryzyka, kontyngencja ryzyka,
  - systemy, metody i techniki wspomaganie przygotowania i realizacji robót i przedsięwzięć budowlanych, na przykład: Building Information Modeling (BIM), Earned Value/Project/Procurement Management (EVM/EVPM), Analytical Hierarchy Process (AHP), Life Cycle Cost (LCC), Life Cost Assessment (LCA), Online Remote Construction Management (ORCM), Accelerated Construction Method (ACM) itp.;
- b) kierowanie robotami i przedsięwzięciami budowlanymi, w tym:
- organizacja kierowania,
  - kierowanie operatywne,
  - systemy, metody i techniki wspomaganie kierowania operatywnego, zarządzanie ryzykiem;
- c) systemy zrównoważonego rozwoju w budownictwie.
2. Problemy zintegrowanego zarządzania eksploatacją obiektów budowlanych:
- metody identyfikacji cyklu życia obiektu budowlanego,
  - definiowanie koniecznych normatywnych warunków eksploatacji obiektu budowlanego, stany normatywne obiektu budowlanego,
  - organizacja eksploatacji normatywnej obiektów budowlanych (system in-proces eksploatacji, użytkowanie, utrzymanie, standardy utrzymania, zarządzanie eksploatacją, prognozowanie eksploatacji),
  - metody oceny i prognozowania stanu eksploatacyjnego podczas eksploatacji normatywnej obiektów budowlanych,
  - systemy, metody i techniki wspomaganie zarządzania eksploatacją.
3. Problemy funkcjonowania przedsiębiorstw budowlanych:
- a) tworzenie, struktura i funkcjonowanie:
- zarządzanie i kierowanie, oferty i umowy na roboty budowlane,
  - realizacja przedsięwzięć, logistyka, outsourcing, reengineering, lean management, płynność finansowa, zarządzanie jakością, bezpieczeństwo i ochrona zdrowia itd.).
- b) systemy i metody wspomaganie podejmowania decyzji (procedury algorytmiczne i heurystyczne, systemy ekspertowe, algorytmy ewolucyjne i sieci neuronowe, metody symulacyjne itd.),
- c) zarządzanie ryzykiem, zarządzanie strategiczne, w tym systemy zrównoważonego rozwoju.

Można stwierdzić, że każdy z wyróżnionych problemów szczegółowych wymaga specyficznych metod i technik analitycznych i badawczych.



#### 1.4. Interdyscyplinarność badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych

Przedmiot badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest złożony ze względu na charakterystykę techniczną, technologiczną, organizacyjną, ekonomiczną oraz środowiskową procesu przygotowania i realizacji robót i przedsięwzięć budowlanych. Dotychczasowe doświadczenia pozwalają stwierdzić, że dobrą metodą analizy, wykrywania, formułowania, badania i rozwiązywania problemów inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest podejście systemowe. Jest to podejście kompleksowe i interdyscyplinarne, które umożliwia zastosowanie sprawnych metod analizy systemowej i inżynierii systemów [2, 4, 5] oraz optymalne lub racjonalne rozwiązywanie złożonych problemów analizy identyfikacyjnej, problemowej, projektowo-planistycznej i decyzyjnej robót i przedsięwzięć budowlanych. W kolejnych fazach realizacji przedsięwzięcia analizowane i badane są wymagania i ograniczenia realizacyjne oraz sprzężenia wewnętrzne i zewnętrzne, a wyniki formułowane są w ujęciu systemowym. W tym kontekście podejście systemowe oznacza [2, 4, 5]:

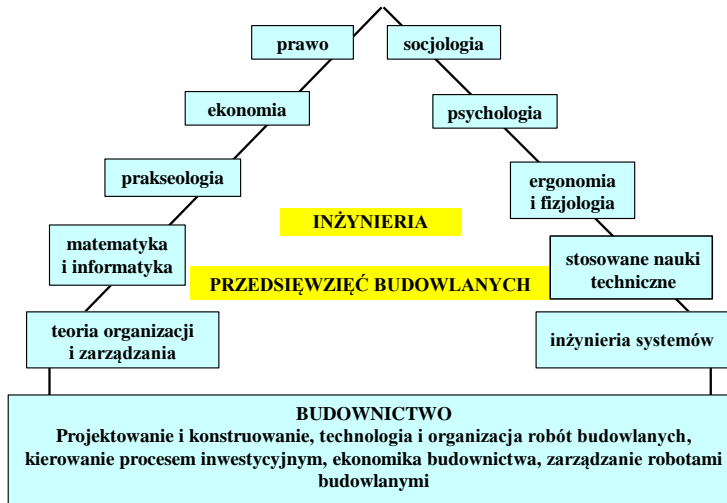
1. Identyfikowanie potrzeb i uwarunkowań ich zaspokojenia, analizowanie i projektowanie robót budowlanych i przedsięwzięcia budowlanego z uwzględnieniem wewnętrznych związków pomiędzy wyodrębnionymi elementami i zewnętrznymi z elementami otoczenia, widzenie wielokierunkowych wzajemnych relacji między nimi oraz możliwych zmian uwarunkowań i wyników działania.
2. Całościowe postrzeganie robót i przedsięwzięcia budowlanego ze względu na przygotowanie koncepcyjne, budowę, przebudowę, montaż, remont lub rozbiorę i eksploatację obiektu budowlanego. Dotyczy to formułowania potrzeb inwestora oraz wszelkich uwarunkowań realizacyjnych, organizacji i funkcjonowania wykonawców robót na placu budowy, uwarunkowań eksploatacyjnych oraz potencjalnych efektów synergetycznych<sup>2</sup> we wszystkich fazach przygotowania i realizacji przedsięwzięcia, a następnie podczas eksploatacji obiektu budowlanego.
3. Wyodrębnienie i badanie przedsięwzięcia budowlanego, jako złożonego systemu względnie odosobnionego. Wyodrębnienie to jest zależne w znacznym stopniu od analityka. Jednak zawsze powinno uwzględniać realizację wymaganych funkcji obiektu i organizację struktur realizacyjnych stworzonych do wykonania robót i przedsięwzięcia oraz oddziaływanie bezpośrednie i pośrednie otoczenia, które może mieć wpływ na przygotowanie i realizację robót i przedsięwzięcia.

Zakres badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych w proponowanym ujęciu jest bardzo szeroki. Niezbędne analizy, badanie i efektywne rozwiązywanie problemów inżynierii przedsięwzięć budowlanych wymaga zastosowania specyficznych metod i odpowiednio przygotowanych specjalistów. Dotyczy to użytecznych metod i technik modelowania, badania, formułowania i rozwiązywania problemów identyfikacji potrzeb inwestora i uwarunkowań ich zaspokojenia, projektowania

---

<sup>2</sup> Synergia – takie zestawienie dwóch lub więcej elementów, by ich oddziaływanie dawało skutek większy niż suma skutków wywołanych przez każdy z elementów oddzielnie.

organizacji i wykonania robót i przedsięwzięć budowlanych oraz eksploatacji obiektów budowlanych. Podejście systemowe, czyli podejście kompleksowe i interdyscyplinarne, obecnie stosowane jest mniej lub bardziej świadomie. Uwzględniając aktualny stan wiedzy, rozwój teorii i praktykę badań, potrzeby dydaktyczne i praktykę inżynierską oraz złożoność przedsięwzięć budowlanych można stwierdzić, że termin „inżynieria przedsięwzięć budowlanych” dobrze określa podstawową wiedzę specjalistyczną w dyscyplinie budownictwo. Jednak specyfika przedsięwzięć budowlanych sprawia, że inżynieria przedsięwzięć budowlanych powinna korzystać i korzysta z dorobku nauk, dyscyplin i specjalności, takich jak: *prawo, socjologia, ekonomia, psychologia, prakseologia, ergonomia i fizjologia, matematyka i informatyka, stosowane nauki techniczne, teoria organizacji i zarządzania oraz inżynieria systemów* (rys. 1.7).



Rys. 1.7. Inżynieria przedsięwzięć budowlanych w otoczeniu nauk podstawowych i stosowanych

Podstawowym warunkiem skutecznego wykorzystania dorobku innych nauk i opracowania efektywnych, specjalistycznych systemów, metod i technik inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest dobra znajomość zagadnień ściśle budowlanych. Wymagana jest znajomość podstaw pracy konstrukcji i projektowania obiektów budowlanych oraz gruntowna wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie technologii i organizacji robót budowlanych, kierowania robotami budowlanymi, organizacji inwestycji budowlanych, kierowania procesem inwestycyjnym i ekonomiki budownictwa.

## 1.5. Podsumowanie

Inżynieria przedsięwzięć budowlanych to specjalistyczna wiedza, umiejętności i kompetencje niezbędne w budownictwie do wypracowania i podejmowania decyzji określających sposób, czas, koszty, jakość i miejsce realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Dotyczy to w szczególności:

- (1) znajomości podstaw:

- pracy konstrukcji,
  - projektowania obiektów budowlanych,
  - organizacji inwestycji budowlanych;
- (2) wiedzy, umiejętności i kompetencji w zakresie:
- technologii i organizacji robót budowlanych,
  - kierowania robotami budowlanymi,
  - zarządzania i organizacji przedsięwzięć budowlanych,
  - ekonomiki budownictwa,
  - eksploatacji obiektów budowlanych;
- (3) znajomości dorobku nauk związanych i pokrewnych.

## 1.6. Literatura

- [1] Kapliński O. (red.), *Metody i modele badań inżynierii przedsięwzięć budowlanych*. Studia z zakresu inżynierii nr 57, PAN- KILiW – IPPT (patronat SIPB), Warszawa 2007.
- [2] Pszczołowski Tadeusz, *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*. Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk 1978.
- [3] <http://pl.wikipedia.org>
- [4] Kasprowicz Tadeusz, *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych*. Metody i modele w Inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Pr. zb. pod red. Kapliński Oleg. PAN KILiW, IPPT. Warszawa 2007.
- [5] Konieczny Józef, *Inżynieria systemów działania*. WNT. Warszawa 1983.
- [6] Słownik języka polskiego, red. S. Skorupka, H. Auderska. PWN, Warszawa 1974.
- [7] *Leksykon naukowo-techniczny*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1984.
- [8] *Prawo budowlane*. (tekst ujednoczony przez GUNB). Dz.U. 1994.89.414 (z późn. zmianami)
- [9] Kasprowicz Tadeusz, „Proces analizy koncepcyjnej, projektowania, organizacji i realizacji przedsięwzięć budowlanych”. *Czasopismo Techniczne/Technical Transactions*. Politechnika Krakowska. Kraków 2010 (str. 177 – 189).