

1. SPECYFIKA PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH W KONTEKŚCIE INNOWACYJNYCH WYZWAŃ

Oleg Kapliński¹

1.1. WPROWADZENIE

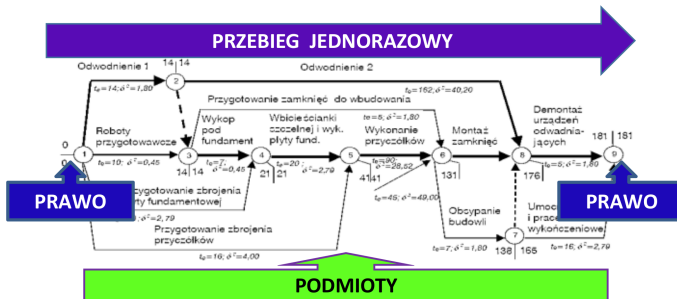
Jak w gospodarkach wielu państw, tak w budownictwie obserwuje się w ostatnich kilku latach intensywne działania w zakresie poszukiwania nowych paradygmatów rozwoju. Treść niniejszego rozdziału wpisuje się w myśl przewodnią, jaką są *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*, co szczególnie widoczne jest m.in. w pracach członków Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN (Czarnecki 2017; Czarnecki i in. 2017a, 2017b; Kapliński 2017b, 2018; Sobotka, 2017). Dalsze rozważania obejmą dwa pojęcia: *innowacyjność* oraz *inżynieria przedsięwzięć budowlanych*.

Innowacyjność i inżynieria przedsięwzięć to dziś dwa pojęcia komplementarne, wzajemnie się przenikające. Tak charakterystyczne dla drugiej połowy XX wieku hasła jak postęp techniczny, bądź postęp technologiczny, są dziś zastąpione innowacyjnością i kreatywnością. Niemniej, innowacje, nowoczesność, dobre zmiany to hasła, które kształtują rzeczywistość gospodarczą. Innowacje są potrzebne dla podmiotu inspirującego te zmiany lecz przy zachowaniu interesu otoczenia. Dąży się (świadomie lub podświadomie) do tego, aby zmiany zgodne były z paradygmatami np. zrównoważonego rozwoju.

Z kolei pojęcie przedsięwzięcie budowlane dotyczy przygotowania, organizacji, wykonania i funkcjonowania różnych systemów budowlanych w ramach działalności inwestycyjnej, czyli jest to splot współzależnych działań, których celem jest zaspokojenie potrzeb budowlanych inwestora lub właściciela obiektu budowlanego (por. Kasprowicz, 2007).

¹Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, e-mail: oleg.kaplinski@put.poznan.pl

Zatem to nie tylko przygotowanie i wykonywanie obiektu budowlanego w określonym miejscu i czasie, lecz również przygotowanie i realizacja odbudowy, rozbudowy, nadbudowy, przebudowy, montażu, remontu lub rozbiórki obiektu budowlanego a nawet likwidacja inwestycji wraz z recyklingiem i utylizacją. Dalej przedsięwzięcie będzie traktowane jako zamknięty system technologiczno-organizacyjny, które ma wyraźny początek i koniec, a przebieg jest w zasadzie jednorazowy (rys. 1). Charakterystyczne jest to, że poszczególne etapy (w tym wspomniane początek i koniec) są regulowane legislacyjnie. Przedsięwzięcie może być realizowane przez wiele podmiotów, stąd szczególna rola dobrej organizacji i zarządzania.



Rys. 1. Przedsięwzięcie budowlane jako zamknięty system technologiczno-organizacyjny. Źródło: opracowanie własne.

Z punktu widzenia jednostek organizacyjnych (np. przedsiębiorstw) realizujących przedsięwzięcia istnieją trzy podstawowe rodzaje innowacji: poprzez działalność badawczo-rozwojowa (R-D), zakup know-how, nabycie tzw. technologii materialnych (innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne, maszyny, sprzęt, materiały budowlane itp.). W tym rozdziale zajmiemy się pierwszą grupą zagadnień, kładąc nacisk na badania aplikacyjne podejmowane w obszarze inżynierii przedsięwzięć budowlanych (IPB).

Problematyka badawcza IPB jest szeroka, od rozwiązań konstrukcyjnych, technologiczno-technicznych, ekonomicznych, metod podejmowania decyzji, po rozwiązania organizacyjne i sprawny management.

W odróżnieniu od specyfiki problemów technicznych/technologicznych budownictwa prezentowanych w większości specjalności budowlanych tu mamy do czynienia z **podmiotami działań**, tworzących IPB. W dużym uproszczeniu podmioty w IPB można rozpatrywać w dwóch ujęciach. Jako uczestników organizacji procesu inwestycyjnego oraz jako zasoby czynne.

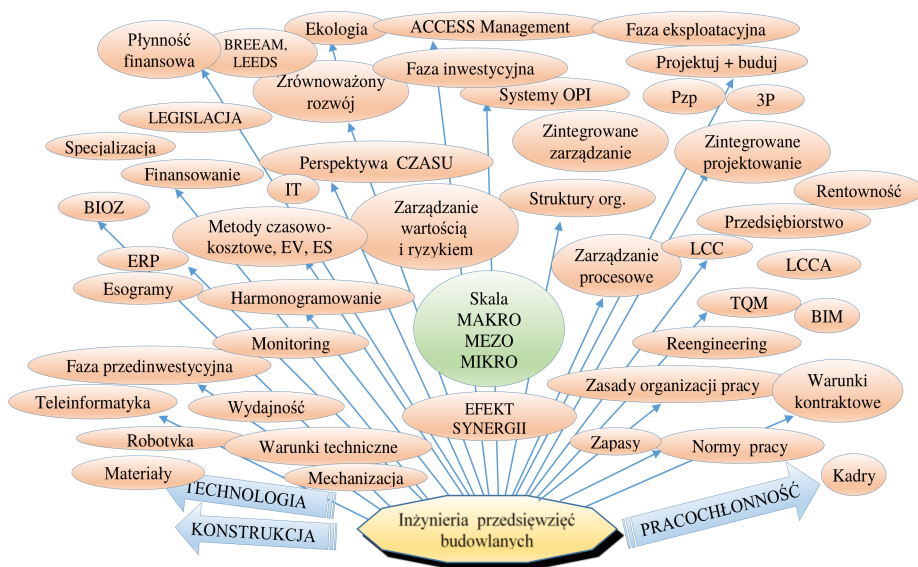
W ramach procesu inwestycyjnego podmioty (ich działalność, odpowiedzialność) regulowane są m.in. Prawem budowlanym. W niektórych przypadkach ich liczba wzrasta nawet do kilkudziesięciu, wliczając instytucje weryfikujące, nadzorujące, zatwierdzające itp.

W odróżnieniu od zasobów biernych (zużywanych) zasoby czynne to jednostki organizacyjne posiadające określony potencjał wykonawczy. Mają one możliwość świadczenia pracy. Zasoby czynne (stanowiące potencjał produkcyjny realizatora) w nomenklaturze IPB funkcjonują w postaci (Marcinkowski, 1995):

- addytywnych jednostek zasobowych,
- brygad specjalistycznych,
- struktur złożonych.

Istotne tu staje się nie tylko pozyskiwanie i kierowanie zasobami czynnymi, lecz planowanie ich pracy, co przejawia się w postaci harmonogramu pracy posiadanych jednostek zasobowych. Cechą charakterystyczną harmonogramowania i stanowiącą zasadniczą trudność w harmonogramowaniu pracy zasobów czynnych jest *zmienny horyzont czasu planowania*, wymuszający ciągle uaktualnianie planu.

Już te wyżej przedstawione wątki od konstrukcji, technologii, podmiotów po efektywność ekonomiczną oraz po horyzont czasu wskazują na wielowymiarowość problematyki inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Uwzględniono je na rysunku 2, przy czym rysunek uzupełniono o inne elementy. „Fundament” wielowymiarowości stanowią nie tylko konstrukcja i technologia lecz także pracochłonność. Znając pracochłonność możemy określić koszt realizacji względnie czas.



Rys. 2. Wielowymiarowość problematyki inżynierii przedsięwzięć budowlanych.
Źródło: opracowanie własne.

Każdy z wymienionych elementów musi dawać tzw. wartość dodaną. Im więcej ww. elementów współgra ze sobą, tym efekt jest większy. Jest to efekt synergii.

Ale jest potencjalna możliwość, że jeden element może poważnie zaszkodzić powodzeniu przedsięwzięcia (choćby np. efektywności). Takimi przykładami istotnego wpływu są problemy legislacyjne i finansowe. Na rysunku 2 uwzględniono np. płynność finansową: jej brak jest najczęstszą przyczyną upadku przedsiębiorstw budowlanych w Polsce.

Uwzględniono też zarządzanie kadrami: niewidzialna ręka rynku pominęła kształcenie zawodowe i traktuje to zagadnienie po macoszemu. Problem pozyskiwania wysokokwalifikowanej kadry zawodowej jest istotnym nawet na rynkach międzynarodowych. W krajach o wysokim rozwoju technologicznym bezpieczeństwo i zagadnienia jakości są traktowane z priorytetem.

1.2. WIELOWYMIAROWOŚĆ W UJĘCIU WERTYKALNYM

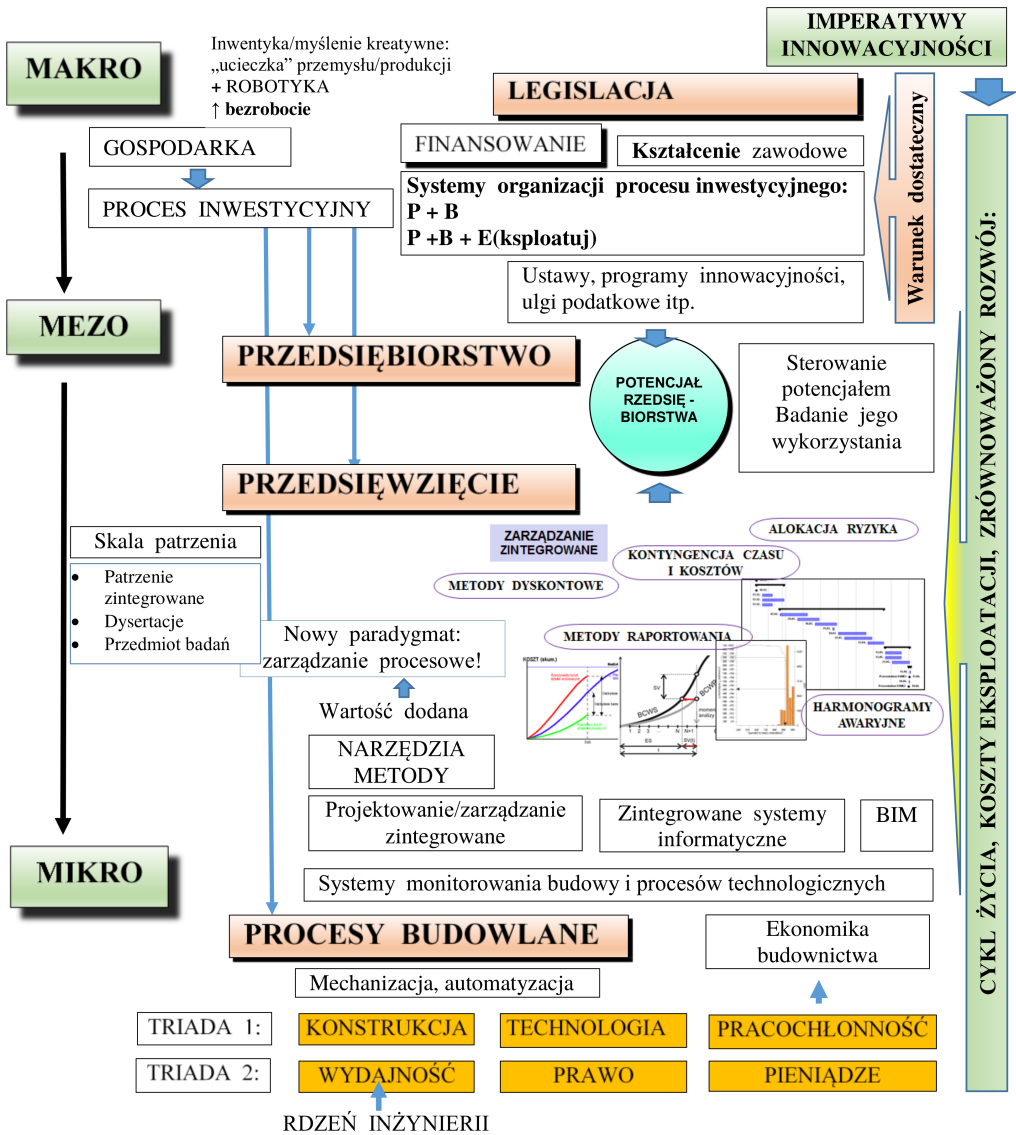
Problematykę IPB można traktować, np. z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju, całości procesu inwestycyjnego łącznie z cyklem życia obiektu, z punktu widzenia poszczególnych faz procesu inwestycyjnego (faza przedinwestycyjna, inwestycyjna, eksploatacyjna – wg klasyfikacji UNIDO). Można też rozpatrywać z punktu widzenia przedsiębiorstwa, osobno tylko w zakresie placu budowy, czy też poszczególnych podmiotów, czy przydatności poszczególnych metod, narzędzi i ich ewolucji itp. Problematyka jest tym bardziej złożona, wielowymiarowa. Po dołączeniu zagadnień legislacyjnych i systemów organizacji – niezbędnych i decydujących o powodzeniu przedsięwzięć budowlanych, można rozpatrywać wielowymiarowość problematyki inżynierii przedsięwzięć budowlanych na trzech poziomach:

- makro (gospodarka),
- mezo (przedsiębiorstwo, przedsięwzięcie),
- mikro (procesy budowlane).

Szkic problematyki trzech poziomów przedstawiono na rysunku 3. Wymienione poziomy są o różnym stopniu złożoności.

Dwa istotne elementy/problemy są po prawej stronie (górze), tj. LEGISLACJA oraz organizacyjne systemy realizacji (w kontekście procesu inwestycyjnego), które towarzyszą wszystkim trzem poziomom (od makro do mikro), a bez których (poprawnych) nie można uzyskać sprawnego przebiegu i efektywności przedsięwzięcia budowlanego. Ułomne elementy legislacyjne (i organizacyjne) niweczą trud wszystkich podmiotów. Oddziaływania elementów MAKRO na poziomy niższe są znamienne. Natomiast oddziaływanie w drugą stronę, tj. od poziomu MIKRO w stronę MAKRO stopniowo maleje.

Po prawej stronie, jako elementy występujące we wszystkich zagadnieniach owych trzech poziomów, umieszczono zagadnienia: „NARZĘDZIA” i „METODY”, które służą podejmowaniu decyzji, harmonogramowaniu, budżetowaniu, zarządzaniu ryzykiem itp. W tym miejscu (rysunek) zwraca się uwagę na zintegrowane



Rys. 3. Synteza trójpodziałów w inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Imperatywy innowacyjności. Źródło: opracowanie własne.

(innowacyjne) działania, w tym projektowania, zarządzania, jak i na zintegrowane systemy informatyczne, z czego wywodzi się BIM.

Osobną problematykę stanowią takie zagadnienia jak technologia wykonawstwa, mechanizacja i automatyzacja w budownictwie, które są domeną poziomu MIKRO i oddziałują na MEZO.

Tak więc, poziom MAKRO w dużym uproszczeniu obejmuje problematykę gospodarki oraz całego procesu inwestycyjnego. Jest też szczególnie związek ze szczeblem/poziomem dolnym (MIKRO) np. poprzez automatyzację/robotyzację, która może sprzyjać zwiększaniu się bezrobocia – zwłaszcza przy likwidacji uciążliwej tradycyjnej produkcji na rzecz lansowania przemysłów kreatywnych. Na poziomie MAKRO (rys. 3) uwzględniono kształcenie kadr, w tym w zakresie niezadawalającego kształcenia zawodowego. Istotną cechą tego poziomu jest wpływ legislacji i sposobów organizacji przedsięwzięć budowlanych (procesu inwestycyjnego) na niższe poziomy. Chodzi o potrzebę rozpowszechnienia systemu P+B (projektuj i buduj, DB) i najbardziej efektywnego systemu P+B+E (projektuj – buduj – eksploatuj, czyli DBO). Są one popularne np. w USA (3xP), u nas przyjmowane za bardzo uciążliwie – ze względu na problemy legislacyjne (Kapliński, 2017a).

Poziom MEZO dotyczy PRZEDSIĘBIORSTWA oraz PRZEDSIĘWZIĘCIA BUDOWLANEGO. Na przedsiębiorstwo, tak jak i na każdą jednostkę organizacyjną, oddziałuje środowisko zewnętrzne (polityczne, ekonomiczne, biznesowe, prawne, technologiczne, demograficzne). Oddziaływanie w drugim kierunku w warunkach krajowych nie występuje.

Ponieważ przedsięwzięcie traktujemy jako zamknięty system technologiczno-organizacyjny, stąd jest to asumpt do zarządzania zintegrowanego, do analizy ryzyka, szerokiej informatyzacji. Gamma metod i modeli z tego zakresu pozwala rozpatrywać IPB również w ujęciu horyzontalnym.

Poziom MIKRO dotyczy procesów budowlanych. Nieodzowne jest uwzględnienie podstawowej triady: konstrukcja – technologia – pracochłonność; bez której nie można mówić o realizacji obiektu budowlanego. Pracochłonność jest niezbędna do ustalenia czasu oraz kosztów realizacji.

Niezbędne jest jeszcze spojrzenie poprzez kolejną triadę: wydajność – prawo – pieniądze (rys. 3, dół). Wydajność stanowi rdzeń inżynierii, natomiast poprzez ostatni element triady (pieniądze) dochodzimy na takich zagadnieniach szczególnych jak sposoby finansowania inwestycji, budżetowanie, LCC (cykl życia), ekonomika projektowania.

Wyjątkowo problematyka BIM, stawiana (na rys. 3) obok projektowania i zarządzania zintegrowanego oraz zintegrowanych systemów informatycznych, może być rozpatrywana na trzech poziomach (MAKRO, MEZO, MIKRO) – ze względu na hierarchię podmiotów (Magiera 2017; Zima 2017): od szczebla państwa (legislacja lub tzw. mandat dla BIM w zamówieniach publicznych), przez szczeble średnie (np. poziom zamawiającego, administracja lokalna, klienci korporacyjni) do szczebli najniższego rzędu (np. wydziały architektury, administracja projektu, geodezja, nadzór budowlany, a zwłaszcza wykonawcy projektów branżowych).

Klamrą spinającą zagadnienie wielowymiarowości jest CYKL ŻYCIA BUDYNKU (LCCA – Life Cycle Cost Analysis), zwłaszcza w kontekście kosztów eksploatacji i dyrektyw europejskich. A więc jest to *wymiar czasowy* („hory-

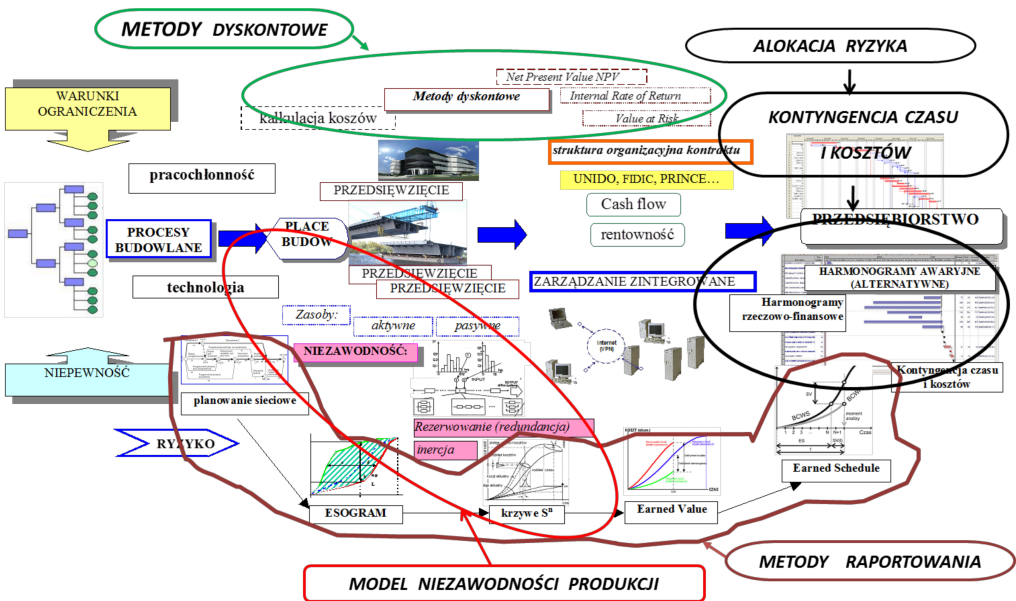
zontalny”), tj. nie na dziś a na określony czas (w tym wykorzystanie zdyskontowanych przepływów pieniężnych – NPV (Net Present Value)).

1.3. WIELOWYMIAROWOŚĆ W UJĘCIU HORYZONTALNYM

Wielowymiarowość w ujęciu wertykalnym jest powszechniejsza, ma większe znaczenie w kształtowaniu rzeczywistości gospodarczej, jest łatwiejsza w interpretacji. Natomiast nie wszystkie elementy wymienione na rysunku 2 funkcjonują w ujęciu horyzontalnym. Można je przyporządkować ze względu na wymiar czasowy, sekwencje, proces podejmowania decyzji, kształtowanie się kosztów w cyklu życia budynku. Oto charakterystyczne przypadki.

Przykład 1

Przedsięwzięcie budowlane zakwalifikowane do poziomu MEZO (rys. 3) jest zamkniętym systemem technologiczno-organizacyjnym. Ma wyraźny początek i wyraźne zakończenie. Terminy początek i koniec są usankcjonowane przepisami, m.in. Prawem budowlanym. Rysunek 4 przedstawia rozszerzony zakres zarządzania przedsięwzięciem budowlanym.



Rys. 4. Rozszerzony zakres zarządzania przedsięwzięciem budowlanym (zamkniętym systemem technologiczno-organizacyjnym). Źródło: opracowanie własne.

Jak widać, potrzebna jest wiedza z zakresu zarządzania przedsięwzięciami, wykorzystania metodyk PMBOK oraz PRINCE2, metod kontroli postępu robót,

standardowych warunków kontraktowych (m.in. FIDIC) prowadząc do zarządzania zintegrowanego.

Przegląd najbardziej rozpowszechnionych standardów zarządzania przedsięwzięciami był przedstawiony podczas konferencji krynickiej w 2011 (Kapliński i in., 2011).

Dobrze się stało, że zwraca się u nas baczniejszą uwagę na warunki kontraktowe. Są one przecież w standardach międzynarodowych, a wymuszają nie tylko przyjęcie odpowiedniej struktury organizacyjnej, lecz także wskazują na zakres odpowiedzialności i podział ryzyka.

W ramach IPB (por. rys. 4) ważne są następujące obszary badawcze:

- standaryzacja procesu zarządzania na etapie planowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych,
- wpływ obowiązujących regulacji prawnych na proces inwestycyjny,
- szacowanie ryzyka w inżynierii przedsięwzięć budowlanych, w tym identyfikacja i kontrola czynników ryzyka oraz alokacja ryzyka w harmonogramie,
- zintegrowane systemy zarządzania w budownictwie (dotyczy przedsiębiorstwa i przedsięwzięcia).

Na rys. 4 naniesiono kilka modeli/metod analizy przydatnych do rozwiązywania ww. problemów. Metody dyskontowe są przydatne w określaniu efektywności inwestycji (przedsięwzięcia) na dziś i w przyszłości (np. cykl życia budynku); są podstawą studium wykonalności (feasibility study). Budżetowanie i harmonogramowanie wspomagane są tzw. metodami raportowania: od metod sieciowych i esogramów po metody wartości wypracowanej EVM i ESM. Te metody plus kontyngencje czasu i kosztów zmierzają do określenia tzw. harmonogramów awaryjnych (alternatywnych).

Przykład 2

Drugi, z charakterystycznych przypadków, dotyczy decyzji inwestycyjnych i projektowych. Decyzja sama w sobie nie jest momentem (czynnością jednorazową), lecz jest procesem a skutki, wymierne, są widoczne po pewnym czasie.

Konsekwencją błędnych decyzji podejmowanych na wcześniejszych etapach procesu inwestycyjnego (koncepcja i projekt) może być wzrost kosztów budowy i eksploatacji. Ich wpływ przyjmuje się na poziomie 70–85% wartości gotowego obiektu (Dziadosz, 2015).

Badania własne z końca lat 90-tych dotyczące kosztów zmian dokumentacji projektowej, błędnych rozwiązań, poprawek technicznych i technologicznych pozwoliły jedynie wskazać proporcje między tymi kosztami a momentem ich powstawania. Przyjmując wagę znaczenia decyzji (i wpływu na koszty inwestycji) na poziomie realizacji budowy za 1, to waga decyzji na poziomie koncepcji wahała się od 30 do 40, na poziomie projektu wstępnego znacznie mniej, bowiem od 4 do 16, a na poziomie projektu technicznego od 1,5 do 6. Z tego wypływają dwa wnioski pochodne acz praktyczne:

- czynności przygotowawcze (programowanie, planowanie, projektowanie) mają największy wpływ na efekt końcowy (koszty budowy, rozwiązania wizualne, udogodnienia techniczne, osiągnięcie parametrów projektowych itp.);
- czas realizacji powinien być krótki ze względu na zamrożenie środków inwestycyjnych (zajęcie nieruchomości gruntowej, dzierżawa maszyn i sprzętu, zakup materiałów i wyrobów budowlanych).

Z tego względu procedury certyfikacji (np. LEED lub BREEAM) – w ramach zrównoważonego rozwoju – musiały uwzględnić wpływ projektowania a nie tylko samej realizacji przedsięwzięć budowlanych. Proces certyfikacji obiektów nowo budowanych rozpoczyna się od momentu decyzji inwestora odnośnie wyboru lokalizacji inwestycji. Ważną kwestią jest powołanie zespołu projektowego wraz z akredytowanym specjalistą w zakresie danego certyfikatu (systemu akredytacji).

Przykład 3

Dziś kształtowanie się kosztów budynków w ujęciu horyzontalnym, czyli koszt cyklu życia, ma charakter paradygmatu projektowania, realizacji i eksploatacji. Okres obliczeniowy wartości obiektu (nie na dziś a w perspektywie czasowej) jest wymogiem Dyrektywy Unii Europejskiej 2010/31/EU oraz normy PN-EN 15459.

Wprowadzono w niej okres obliczeniowy 30 lat w odniesieniu do budynków mieszkalnych i publicznych, oraz 20 lat dla budynków niemieszkalnych o charakterze gospodarczym, dla budynków komercyjnych. Wymusza to na wszystkich uczestnikach procesu inwestycyjnego zainteresowanie się takimi pojęciami jak LCC, LCCA a przede wszystkim kosztami tworzonymi w fazie eksploatacji.

Pociągnęło to za sobą zmiany Warunków technicznych (...), które obowiązują już od 1 stycznia 2014 roku (Dz.U. 2013, poz. 926) oraz Prawa budowlanego. Zmiany w Prawie zamówień publicznych poszły w kierunku **najniższego kosztu a nie najniższej ceny**, a w ramach kosztów rozpatrywane są również koszty utrzymania inwestycji. Zsynchronizowano dyrektywy Unii Europejskiej odnośnie oceny/porównywania budynków pod względem zużycia energii w cyklu życia (Urząd Zamówień Publicznych, 2014).

Podstawowa formuła kalkulacji kosztów w cyklu życia obiektu (LCC) jest następująca (Dziadosz, 2015):

$$LCC = \text{Koszt nabycia} + \text{Koszt posiadania} + \text{Koszt likwidacji} - \text{Wartość rezydualna}, \quad (1)$$

gdzie:

Koszt nabycia – koszty związane z realizacją obiektu (robocizna, materiały, sprzęt), nakłady początkowe,

Koszt posiadania – koszty eksploatacyjne, w tym naprawy, remonty, utrzymanie obiektu,

Koszt likwidacji – koszty rozbiórki i utylizacji na koniec okresu użytkowania,
Wartość rezydualna (pozostałościowa) – oczekiwana wartość po sprzedaży majątku na końcu życia (m.in. sprzedaż gruntu).

Wyznaczania kosztów cyklu życia dokonuje się w oparciu o metodę analizy efektywności inwestycji, która uwzględnia zdyskontowane przepływy pieniężne – Net Present Value (NPV). Metoda ta mierzy nadwyżkę sumy zdyskontowanych wydatków i wyrażona jest wzorem:

$$NPV = -I_0 + \frac{CF_1}{1+r} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}, \quad (2)$$

gdzie:

CF_t – oczekiwany przepływ środków pieniężnych w okresie t (traktowane jako wpływy ze sprzedaży),

I_0 – początkowe wydatki inwestycyjne,

r – stopa dyskontowa w okresie t (wymagana stopa zwrotu lub koszt kapitału dla konkretnego przedsięwzięcia),

n – okres eksploatacji inwestycji.

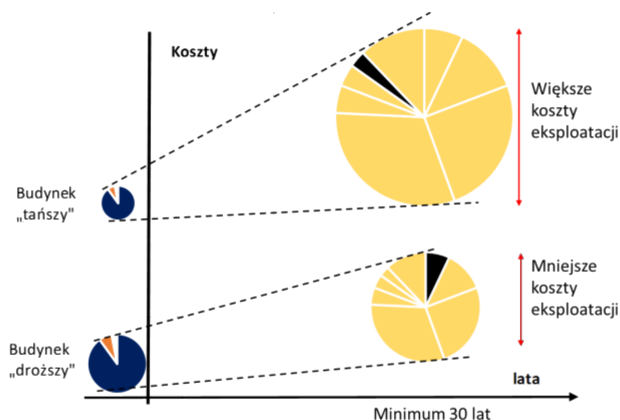
Pojęcie NPV wykorzystywane jest w studium wykonalności (feasibility study). Jeżeli NPV przyjmuje wartości dodatnie, to inwestycja jest dochodowa i należy ją realizować. Sprzyja wariantowaniu rozwiązań inwestycyjnych: przy ocenie rywalizujących przedsięwzięć inwestycyjnych, NPV jest najskuteczniejszym sposobem określenia, która opcja jest optymalna w obliczu przyjętych kryteriów.

Dla zilustrowania znaczenia poszczególnych składników LCC (wzór 1) można przytoczyć dwa skrajne przypadki:

- kiedy udział kosztów utrzymania personelu (m.in. płace) w jednym z kalifornijskich budynków (*Koszt posiadania*) wyniósł po 30 latach aż 92% wszystkich poniesionych w tym okresie kosztów. Koszty projektowania i budowy stanowią jedynie 2% łącznych kosztów (Fuller, 2016),
- kiedy hipotetyczny *Koszt likwidacji* (utylizacji) elektrowni atomowej w Polsce przewyższyłyby o 20 miliardów zł koszty jej budowy (Bałtowski, 2014).

„Oszczędne” czy „tanie” projektowanie i realizacja przedsięwzięć budowlanych wyraźnie odbija się na większych wartościach LCC poprzez wzrost kosztów eksploatacji. Przy poprawnym projektowaniu, tj. zgodnym z paradygmatami wynikającymi ze zrównoważonego rozwoju i omówionymi powyżej wymogami, można się spodziewać, że koszty eksploatacji będą niższe. Hipotetyczne rozważania z tego zakresu przedstawia rysunek 5. Procentowy udział kosztów projektu i budowy w momencie oddania budynku do użytkowania jest dość znaczny, lecz po kilkunastu latach stanowi znikomą wartość (wycinek w czarnym kolorze).

Ujęcie horyzontalne kosztów w cyklu życia obiektu ma istotne znaczenie w osiągnięciu wymogów budynku niemal zeroenergetycznego („nZEB”).



Rys. 5. Procentowy udział kosztów projektu i budowy (czarny kolor) w cyklu życia budynku (wykres hipotetyczny). Źródło: opracowanie własne.

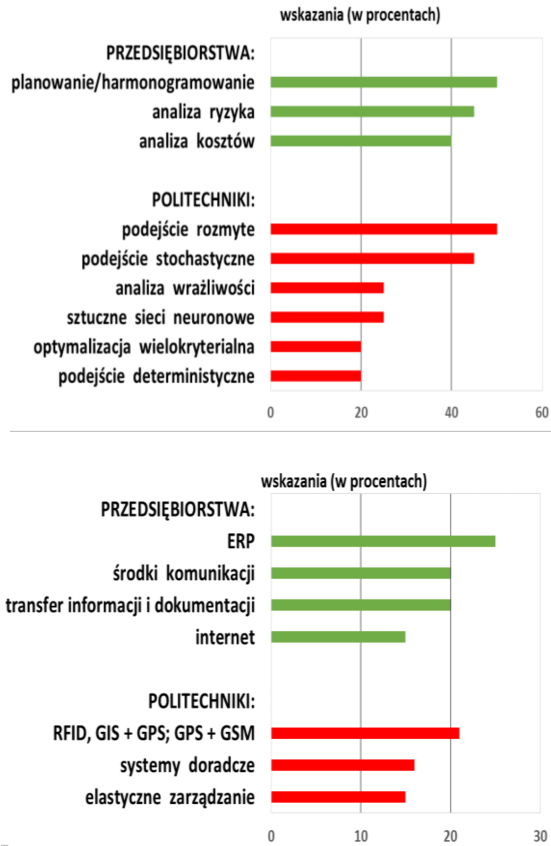
1.4. DYWERSYFIKACJA I EWOLUCJA KRYTERIÓW INNOWACYJNOŚCI W IPB

1.4.1. ROZBIEŻNOŚCI W OCENIE INNOWACYJNOŚCI. BADANIA

Od 2002, tj. od końca poważnego kryzysu, obserwowano szybki wzrost rentowności sektora budowlanego. Przedsiębiorstwa budowlane w latach stagnacji rzadko inwestowały w systemy IT. Można było zaobserwować swoisty paradoks: dobra koniunktura w sektorze i szybki rozwój przedsiębiorstw utrudnia wprowadzanie rozwiązań IT, a zwłaszcza nowych systemów klasy ERP (Enterprise Resource Planning). Wyjaśnić to można jedynie trudnym wyborem między odległą korzyścią, jaki przyniesie system IT w przyszłości, a krótkoterminowym profitem wynikającym z liczby realizowanych przedsięwzięć. Ten stan rzeczy trwa, mimo że w Polsce przestał istnieć rynek wykonawcy.

Systematycznie przeprowadzano badania w Wielkopolskiej Izbie Budownictwa oraz podczas BUDMY (Kapliński, 2008, 2009a, 2009b), które uwiaryściły rozbieżność w ocenie „atrakcyjności” rekomendowanych lub użytkowanych metod przez pracowników nauki a przedsiębiorców (por. rys. 6, jedna z ilustracji wyników). Dla pracowników nauki najbardziej atrakcyjnymi metodami przed 2005 rokiem były podejścia rozmyte i stochastyczne, również z zakresu wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Po 2005 pojawiły się takie zagadnienia jak: flexible management (elastyczne zarządzanie), advisory systems (systemy doradcze) oraz gama problemów z GIS, GPS i GSM.

Budowlani menedżerowie duże nadzieje pokładali nie tylko w RFID (Radio-Frequency Identification), lecz także w GIS w połączeniu z systemem nawigacji GPS wspartym przez GSM. Powiązanie ich razem dały ciekawy efekt w zakre-



Rys. 6. Ewolucja kryteriów innowacyjności w przedsiębiorstwach budowlanych i w zakładach TOB politechnik w latach 2000 (u góry) i 2008. Źródło: opracowanie własne

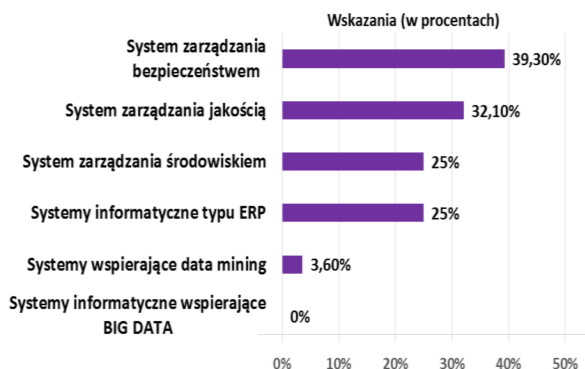
się monitorowania i sterowania produkcją budowlaną, na przykład w zakresie kolejności dostaw, miejsca wbudowania i dokładności montażu.

Działy planowania wskazywały jako najbardziej “gorące” problemy: harmonogramowanie, analizy ryzyka, budżetowanie. Po 2005 nasiliło się zapotrzebowanie na ERP, środki komunikacji, w tym transfer informacji i dokumentacji.

W roku 2010 na plan pierwszy wyszły: zarządzanie zasobami ludzkimi (HR), w tym pozyskanie kadr, 3xP (partnerstwo prywatno-państwowe) i płynność finansowa. Zwiększyło się zapotrzebowanie na budżetowanie, zarządzanie ryzykiem, kontyngencję czasu i kosztów, sposoby finansowania inwestycji.

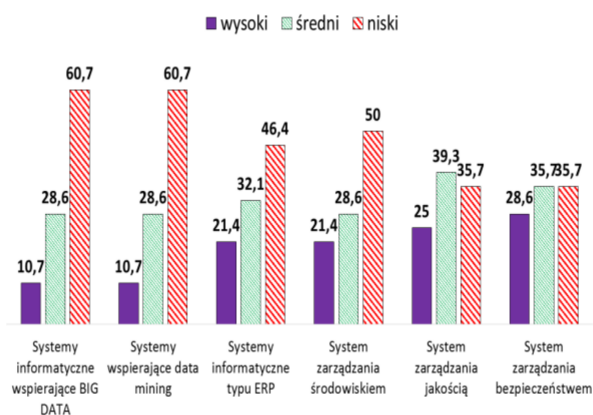
Podobne badania zostały przeprowadzone w 2016 roku w rejonie kujawsko-pomorskim (Górecki, 2016). Pytania dotyczyły wdrożonych innowacyjnych systemów IT. Oto znamienne wyniki: aż 39% przypadków dotyczyło wdrożenia sys-

temu zarządzania bezpieczeństwem, 32% w zakresie zarządzania jakością, 25% systemów typu ERP, zaledwie 3,6% w zakresie data mining i zero odpowiedzi w zakresie BIG DATA (por. rys. 7).



Rys. 7. Innowacyjne systemy wdrożone w przedsiębiorstwie (dane: styczeń i luty 2016 – Górecki, 2016). Źródło: opracowanie własne.

Określono też potencjalny poziom użyteczności ww. narzędzi innowacyjnych (rys. 8). Niestety wyniki wahały się w przedziale od 10 do 28% w grupie pozytywnych ocen i odpowiednio od 60 do 35% w grupie negatywnych ocen. Badano też poziom świadomości przedsiębiorców w zakresie nowoczesnych narzędzi zarządzania, które obnażyły znikomy stan wiedzy. Ciekawostką jest to, że przedsiębiorcy określili się, że są otwarci na tego typu innowacje, lecz brakuje im szczegółowych informacji na ten temat.



Rys. 8. Potencjalny poziom użyteczności niektórych narzędzi innowacyjnych (dane: styczeń i luty 2016 – Górecki, 2016). Źródło: opracowanie własne.

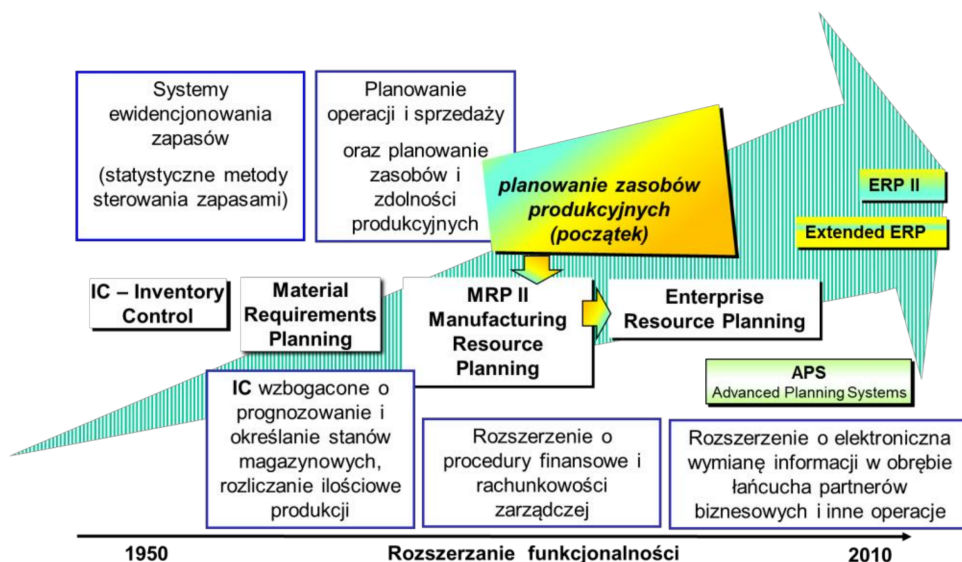
1.4.2. ZARZĄDZANIE PROCESOWE

Jak widać z badań, ERP stało się standardem zarządzania i jest istotnym wyznacznikiem postępu przedsiębiorstwa budowlanego. Umożliwia bowiem przedsiębiorstwu przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym w zintegrowanym, zorientowanym na procesy, środowisku. Ponadto w systemach ERP/MRP nowszych generacji stosowane są mechanizmy, które umożliwiają symulowanie różnorodnych posunięć i analizę ich skutków. MRP oznacza Manufacturing Resource Planning (Planowanie zasobów wytwórczych).

Warto już teraz rozważyć wdrożenie rozwiązań klasy Business Intelligence (controlling, budżetowanie, przesyłanie danych), które działając w oparciu o hurtownie danych, umożliwiają wielowymiarowe analizy zgromadzonych w systemie ERP danych.

Kolejne mutacje ERP niosą w sobie istotny ładunek intelektualny w postaci nowego paradygmatu zarządzania, wspartego na tzw. zarządzaniu procesowym.

Zarządzanie procesowe obejmuje cały zestaw działań związanych z określeniem struktury procesów, ich identyfikacją, kwantyfikacją, odwzorowaniem, ustaleniem celów i mierników dla poszczególnych procesów, podmiotów (właściciele, uczestników), sposobu nadzoru i monitorowania. Umożliwia właściwe wykorzystanie zasobów istniejących w organizacji, również powala na bardziej wszechstronne wykorzystanie mechanizmów planowania strategicznego. Zarządzanie procesowe stało się fundamentem nowoczesnego systemu zarządzania (Kapliński i in., 2011).



Rys. 9. Ewolucja zintegrowanych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie w polskim budownictwie. Źródło: opracowanie własne.

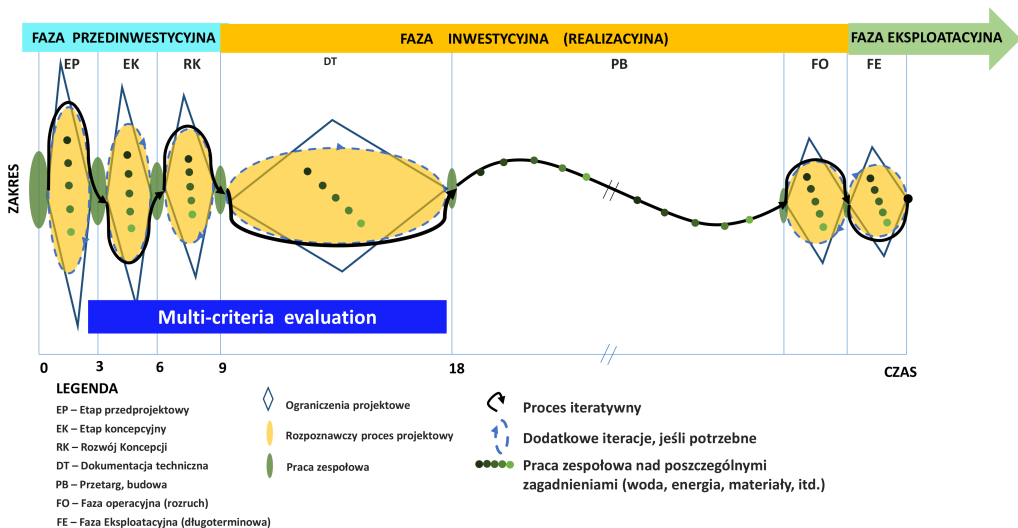
Istotnym elementem w podejściu procesowym do zarządzania przedsiębiorstwem jest zmiana struktury organizacyjnej, która uwzględnia potrzebę większej mobilności, oraz ich potrzebę wiedzy, doświadczenia, a także informacji. Oznacza to, że zmierza się do utworzenia takiej konfiguracji procesów, w której nacisk położony będzie na uzyskanie struktury o jak największym udziale procesów dających wartość dodaną.

Zarządzanie procesowe umożliwiło międzynarodową standaryzację w zarządzaniu: powstały tzw. zintegrowane systemy zarządzania – mające poczesne miejsce w trendach innowacyjności w IPB (rys. 9).

1.4.3. PROJEKTOWANIE ZINTEGROWANE

Wiek XXI dostarczył ceną, organizacyjno-legislacyjną innowację (holistyczną) dla celów projektowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych – zwaną Integrated Project Delivery (IPD, projektowanie zintegrowane). Autorem jest American Institute of Architects (AIA), który stworzył nowy rodzaj umowy. Obecna wersja jako IP-Delivery sygnowana jest rokiem powstania, tj. jako 2007 rok (AIA, 2007), poprzednio znana była jako IP-Design.

Projektowanie zintegrowane jest procesem iteracyjnym, interaktywnym (por. rys. 10); sposobem realizacji całego procesu inwestycyjnego, który w racjonalny sposób, pod względem współpracy zespołu projektowego, w skład którego wchodzi: architekt, branżyści, inwestor, wykonawca i użytkownik, pozwala stworzyć obiekt zrównoważony pod względem kosztów budowy jak i kosztów eksploatacji.



Rys. 10. Zintegrowany proces projektowania jako proces iteracyjny wg American Institute of Architects (AIA). Źródło: opracowanie własne.

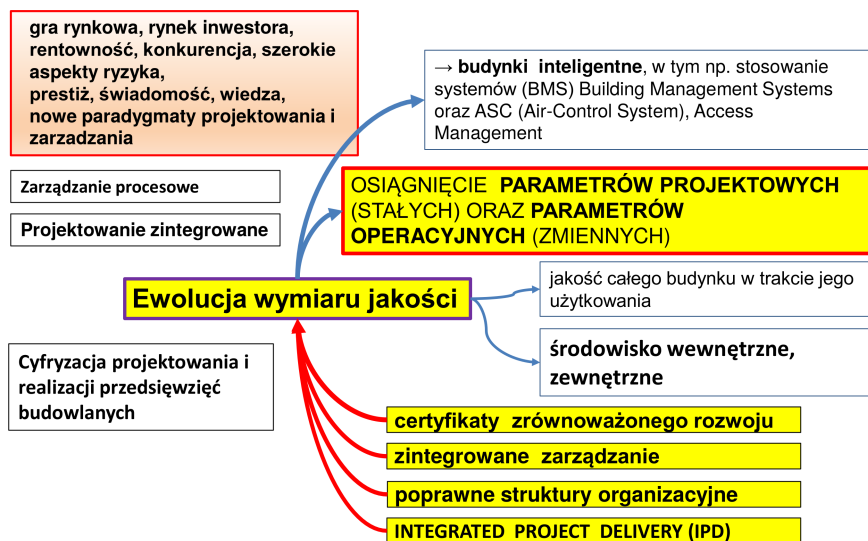
Porównując tradycyjny proces projektowania z procesem zintegrowanym można określić, że proces tradycyjny jest procesem liniowym i charakteryzuje się separacją procesów twórczych, natomiast projektowanie zintegrowane charakteryzuje się integracją procesów twórczych (Bonenberg i Kapliński, 2016).

W krajach rozwiniętych ten sposób projektowania i organizacji procesu inwestycyjnego robi furorę, natomiast w Polsce potyka się o ułomne zapisy legislacyjne.

1.4.4. EWOLUCJA WYMIARU JAKOŚCI

Przemiany z lat 90-tych pokazały, że problemy wyłącznie wykonawcze zeszyły na dalszy plan: samo posiadanie umiejętności w zakresie prowadzenia prac budowlanych przestało wystarczać; istotne stały się problemy związane z kosztem, czasem i jakością (w walce o rynek i klienta), (Kapliński i in., 2002). Doszły też (ewoluowały) inne problemy: gra rynkowa, rynek inwestora, rentowność, konkurencja, szerokie aspekty ryzyka, prestiż, świadomość, wiedza, nowe paradygmaty projektowania i zarządzania.

Szczególnie jaskrawo widoczna jest ewolucja wymiaru jakości w budownictwie. Dziś jakość to nie tylko trwałość materiałów, jakość wykończenia, ale osiągnięcie parametrów projektowych (stałych) oraz parametrów operacyjnych (zmiennych), certyfikaty zrównoważonego rozwoju, zarządzanie projektowaniem (IPD), postępowanie wsparte zintegrowanym zarządzaniem, poprawne struktury organizacyjne a także jakość całego budynku w trakcie jego użytkowania – jako krok w stronę budynków inteligentnych, w tym np. stosowanie systemów (BMS) Building Management Systems



Rys. 11. Dywersyfikacja i ewolucja kryteriów innowacyjności w IPB: ewolucja wymiaru jakości. Źródło: opracowanie własne.

ding Management Systems oraz ASC (Air-Control System), Access Management. Tło i środki wspomagające tę ewolucję przedstawiono na rys. 11.

Warto nadmienić, jak ważką rolę odegrała sprawna inżynieria przedsięwzięcia przy certyfikacji Smart Building Center pod Poznaniem (siedziba Wielkopolskiego Przedsiębiorstwa Inżynierii Przemysłowej). Przyznano certyfikat LEED v4 o standardzie Platinum (88 punktów). Jest to efekt kompleksowego działania już od koncepcji projektu. Natomiast w ramach certyfikatu BREEAM nowy budynek biurowy firmy Bloomberg w Londynie (2017) uzyskał ocenę 98,5% a nowy biurowiec Geelen Counterflow w Haelen (Holandia, 2017) ocenę aż 99,94%. Oczywiście, oba biurowce zostały scertyfikowane w kategorii Offices – New. Certyfikacja oraz zrównoważony rozwój zmieniają podejście do projektowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych. Wartość dodaną uzyskuje się poprzez efekt synergii (Bonenberg i Kapliński, 2018).

1.4.5. CYFRYZACJA PROJEKTOWANIA I REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH

W praktyce funkcjonują dwa pojęcia BIM: jako Building Information Modeling czyli *modelowanie informacji* o budynku oraz jako Building Information Management czyli *zarządzanie informacją* o budynku oraz kierowanie i koordynacja pracami przy projektowaniu i realizacji przedsięwzięć. To drugie pojęcie jest bliższe naszej problematyce.

Pochodną BIM jest BLM (Building Lifecycle Management) czyli zarządzanie cyklem życia w środowisku zbudowanym i ma odniesienie do omówionych wcześniej LCC oraz LCCA.

BIM w powiązaniu z projektowaniem zintegrowanym okazał się doskonałym instrumentarium – zwłaszcza dla projektantów przedsięwzięć budowlanych oraz samej organizacji procesu inwestycyjnego. W styczniu 2014 r. Parlament Europejski przyjął dyrektywę rekomendującą stosowanie technologii BIM w obszarze zamówień publicznych.

U nas pojawiła się nowelizacja Prawa zamówień publicznych (z maja 2016 roku), w której pojawił się zapis o modelowaniu informacji: „*W przypadku zamówień na roboty budowlane lub konkursów zamawiający może wymagać użycia narzędzi elektronicznego modelowania danych budowlanych lub podobnych narzędzi*”. Jest to dopiero pierwszy krok w stronę technologii BIM. Należy jednak ubolewać, że innowacyjne, efektywne sposoby działania w budownictwie wprowadza się u nas w formie nakazowej. Tempo zmian nie jest zadowalające, stąd też wspólne stanowisko SARP oraz PZITB z maja 2015 r. ostrzega przed realnym zagrożeniem rosnącego opóźnienia technologicznego Polski (SARP i PZITB 2015; BCMM 2015).

Opieszałość w stosowaniu BIM oraz IPD wynika ponadto ze struktury biur projektowych. Aktualnie w strukturze form prowadzenia biur architektonicznych

w Polsce zdecydowanie dominują niewielkie pracownie zatrudniające do 3 architektów, które stanowią aż $\frac{3}{4}$ rynku! A zatem, jak w tak małych zespołach wdrażać cyfrowe technologie projektowania; jak te małe zespoły mają dostosować się do kanonów zintegrowanego projektowania; jak mają pokonać szeroko rozumianą konkurencję?

Dwie charakterystyczne konkluzje wynikające z wdrożenia BIM:

- obowiązek (a z czasem ekonomiczne potrzeby) wprowadzenia BIM w Polsce w znacznym stopniu zmieni strukturę rynku projektowego/inwestycyjnego,
- poprzez BIM i IPD oraz zintegrowane zarządzanie architekturą i budownictwem stają się wyraźnie grą zespołową.

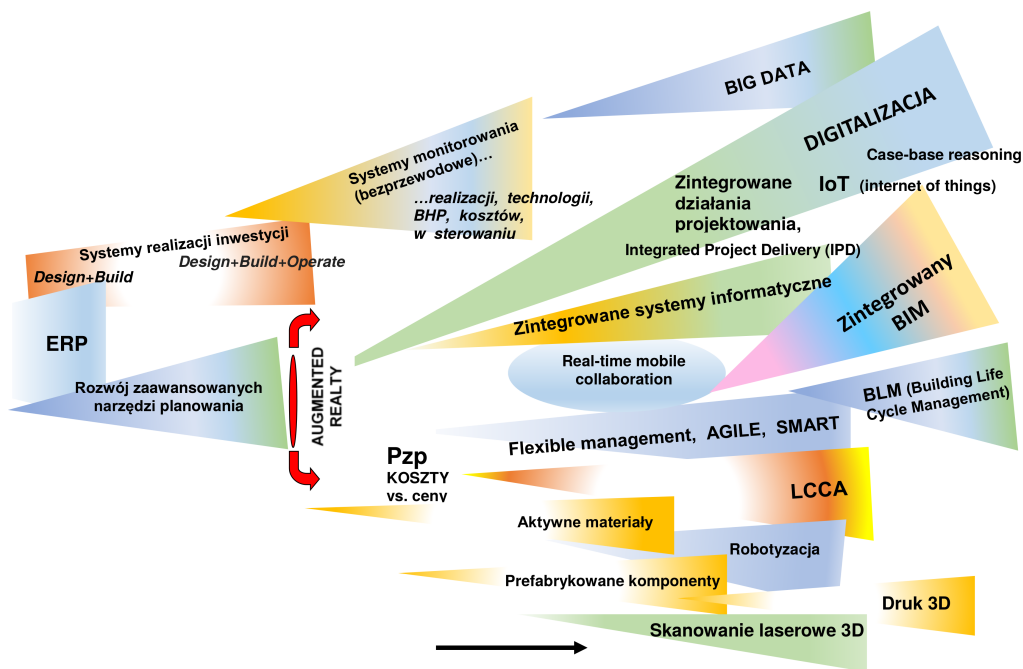
1.4.6. TRENDY

Inżynieria przedsięwzięć budowlanych musi być wsparta technologią i instrumentami zarządzania. Na naszych oczach nastąpiła gwałtowna ewolucja zintegrowanych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie w polskim budownictwie – por. rys. 9. W latach 50-tych i 60-tych pojawiły się systemy ewidencjonowania zapasów, później (lata 80-te) mieliśmy do czynienia z planowaniem operacji i sprzedaży, były początki planowania zasobów i zdolności produkcyjnych.

Istotnym przełomem w zarządzaniu w budownictwie było wdrożenie metod i programów z zakresu planowania zasobów produkcyjnych – np. Manufacturing Resource Planning (MRP i MRP II). Na rynku amerykańskim były to lata 80-te, u nas przynajmniej o dekadę później. Wkrótce, jeszcze w XX wieku weszły na rynek programy Enterprise Resource Planning (ERP i ERP II) – dziś systematycznie wdrażane również przez polskie przedsiębiorstwa (wiek XXI).

Obecnie inżynieria przedsięwzięć budowlanych (zwłaszcza na rynkach światowych) wspierana jest masową cyfryzacją – por. rys. 12. Ten trend można scharakteryzować terminem „rozszerzona rzeczywistość” (Augmented Reality, AR). Jest to system łączący świat rzeczywisty z generowanym komputerowo.

Zakres AR w obszarze budownictwa obejmuje np. systemy bezprzewodowego monitoringu (w tym specyficzne realizacje, bezpieczeństwo pracy, monitoring kosztów oraz sterowanie produkcją). Pokażną grupę zagadnień tworzą zintegrowane systemy IT. Mamy tu np. zintegrowane zarządzanie, zintegrowane projektowanie (Integrated Project Delivery, IPD), tak ważny dzisiaj integrowany BIM oraz BLM (Building LifeCycle Management), i coraz bardziej popularny IoT (Internet of Things, internet rzeczy, Corbett, 2015), i inne. Oczywiście nie można teraz obejść się bez BIG DATA-analysis oraz chmury (Kapliński i in. 2016). Współpraca opiera się na przenośnych urządzeniach (Real-time mobile collaboration). Do naszych przedsiębiorstw ta fala dotrze za kilka lat. Niemniej już teraz znane są rozwiązania z zakresu flexible management (elastyczne zarządzanie), agile (zwinne), smart (inteligentne), case-base reasoning.



Rys. 12. Trendy innowacyjne w inżynierii przedsięwzięć budowlanych.
Źródło: opracowanie własne.

Od kilku lat w niektórych krajach (np. USA, Chiny, Zjednoczone Emiraty Arabskie) niezwykle dynamicznie rozwijają się prace z zakresu, np. aktywnych materiałów, prefabrykowanych komponentów, skanowania laserowego, zastosowania dronów, druku 3D. Istnieją poważne osiągnięcia w zakresie mechanizacji, automatyzacji i robotyki. Spodziewać się należy, że ten trend „technologiczny” będzie dominował nad innymi rozwiązaniami, gdyż będzie najbardziej rentownym.

Niestety, u nas tematy z tego zakresu są podejmowane z niechęcią. Podczas konferencji dotyczących budownictwa (inżynierii przedsięwzięć) coraz mniej jest referatów z mechanizacji, automatyzacji i przede wszystkim z technologii. Tego typu tematy wymagają badań, które są pracochłonne, długotrwałe, zespołowe a parametryzacja nauki (a zwłaszcza środowiska uczelnianego) nie sprzyja temu.

1.4.7. ZMIANA MENTALNOŚCI

Innowacyjne wyzwania wymagają również odpowiedniej postawy, wiedzy i mentalności, w tym społeczeństwa akademickiego. Pozytywnie należy odnotować fakt nadania priorytetu tematyce *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej* podczas 63. Konferencji krynickiej KILiW PAN oraz KN PZITB. Wydane materiały (Czarnecki, 2017) i dyskusje wyznaczają kierunki dalszych badań. Można

było zaobserwować pewne przewartościowanie niektórych pojęć. Nadano większe znaczenie aspektom środowiskowym i społecznym, problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych uzyskała równorzędną rangę w stosunku do innych specjalności budowlanych.

Na podstawie wydanych materiałów i na podstawie skorowidza można określić liczbę użytych sformułowań. W liczącej 685 stron księdze zdecydowanie góruje pojęcie SYSTEM (w różnych kontekstach i formach gramatycznych) i to 994 razy. Nastąpiło przewartościowanie niektórych pojęć. I tak „tradycyjne” pojęcia BETON i STAL (np. betonowanie, technologia betonu, konstrukcje betonowe; stalowe, stali itp.) użyto zaledwie, odpowiednio, 560 i 232 razy. Większej mocy nabrały takie hasła jak KOSZT (268 razy), CYKL (151) i JAKOŚĆ (np. jakość materiałów, jakość zarządzania, jakościowe itp.) – 260 razy. Stosunkowo często użyto haseł ŻYCIA (178), ŻYCI (m.in. od życia obiektu) – 293 razy. Z zadowoleniem należy przyjąć pojawienie się nowych pojęć typu INTELIG(en) – 109 razy, BIM – 189, IoT (Internet rzeczy) – 30 razy. Upowszechniły się takie pojęcia jak WKI (wartość kosztorysowa inwestycji) nie na dziś a na jutro (20 i 30 lat), budynki niemal zeroenergetyczne; coraz częściej używa się w środowisku budowlanych takie pojęcia jak wartość pieniądza w czasie, stopa dyskontowa. Oznacza to również, że absolwent wydziałów budowlanych powinien nie tylko znać kiloniutony lecz także kilowatogodziny.

1.5. PODSUMOWANIE

Przedsięwzięcie budowlane jest zamkniętym systemem technologiczno-organizacyjnym.

Problematyka badawcza inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest szeroka, złożona, wielowymiarowa. Cechą szczególną, odróżniającą problematykę IPB od innych specjalności budowlanych jest niezbędność uwzględnienia podmiotów tworzących przedsięwzięcie.

Siła innowacji wymaga odpowiedniego podłoża. Są to sprawy legislacyjne oraz organizacyjne. Relacje ekonomiczne też odgrywają istotną rolę. Formuła kosztowa w Prawie zamówień publicznych (już samo ograniczenie wagi ceny oferty do 60%) w znacznym stopniu wspomogł rozwój innowacyjności w budownictwie.

Z przeglądu metod i programów IT w sektorze budowlanym wynika, że rozwój narzędzi i metod jest dynamiczny. W ostatniej dekadzie nastąpiła zmiana formuły jakości, zmienił się horyzont czasu planowania, rozwinęły się zintegrowane systemy projektowania i zarządzania. Jednocześnie są symptomy wskazujące, że sektor budowlany jest niedoinwestowany w narzędzia IT. Niestety są też liczne przypadki wskazujące, że rentowność można uzyskać bez innowacji.

Wyznacznikiem trendów na rynku jest nadal relacja popytu i podaży. Konkurencyjność i zarządzanie ryzykiem warunkują też innowacyjność. Zmiany w budownictwie są interesujące, ale wymagają środków finansowych i wiedzy.

Dzięki wymianie informacji, wzrostowi wykształcenia i operowania międzynarodowym kapitałem zmienia się jednak mentalność, określana „myśleniem horyzontalnym” lub „myśleniem procesowym”.

* * *

Istotnym uzupełnieniem powyższego tekstu z zakresu innowacyjnych wyzwań oraz wielowymiarowości problematyki inżynierii przedsięwzięć budowlanych są referaty prezentowane podczas 63. Konferencji krynickiej KILiW PAN oraz KN PZITB. I tak:

- z zakresu innowacji technologicznych, mechanizacji i automatyzacji referat (Marcinkowski i in., 2017),
- z zakresu innowacyjności i zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstwa referat (Dziadosz, 2017),
- z zakresu nowych rozwiązań technologicznych BIM referat (Magiera, 2017).

1.6. BIBLIOGRAFIA

- BAŁTOWSKI, M. (2014). Apokalipsy nie będzie. *Rzeczpospolita*, 13.03.2014, Wydanie 9784.
- BCMM (2015). *Nastroje architektów 2015. Wyniki badania sondażowego wśród architektów* (4.04.2016). Pobrano z lokalizacji: www.bcomm.com.pl.
- BONENBERG, W., KAPLIŃSKI, O. (2016). Postawa architekta wobec zrównoważonego rozwoju. W *Architektura wobec wyzwań zrównoważonego rozwoju*, tom 2, (strony 11–30). Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 11–30.
- BONENBERG, W., KAPLIŃSKI, O. (2018). Architect and the Paradigms of Sustainable Development: A Review of Dilemmas. *Sustainability*, Vol. 10, Special Issue, 1–15, DOI: 10.3390/su10010100.
- CORBETT, K. (6. 12. 2015). Beyond the internet of things to internet of experiences. Pobrano z lokalizacji: <http://kevincorbett.com/category/iot/>
- CZARNECKI, L. (red.) (2017). *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*. Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej.
- CZARNECKI, L., DEJA, J., FURTAK, K., HALICKA, A., KAPLIŃSKI, O., KASZYŃSKA, M., KRUK, M., KUCZYŃSKI, K., SZCZECHOWIAK, E., ŚLIWIŃSKI, J. (2017b). Idee kształtujące innowacyjne wyzwania techniki budowlanej. Kierunki rozwoju. *Materiały Budowlane*, 7, 34–39.
- CZARNECKI, L., DEJA, J., FURTAK, K., HALICKA, A., KAPLIŃSKI, O., KASZYŃSKA, M., KRUK, M., KUCZYŃSKI, K., SZCZECHOWIAK, E., ŚLIWIŃSKI, J. (2017a). Idee kształtujące innowacyjne wyzwania techniki budowlanej. W poszukiwaniu paradygmatu rozwoju budownictwa. *Materiały Budowlane*, 7, 28–33.

- DZIADOSZ, A. (2015). Model oszacowania łącznych kosztów cyklu życia obiektu. W *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych. Rekomendowane metody i techniki*, Red. T. Kasprowicz (strony 245–265). Warszawa, KILiW PAN.
- DZIADOSZ, A. (2017). Innowacyjność w inżynierii przedsięwzięć budowlanych jako element zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstwa. W *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*, Red. L. Czarnecki (strony 645–659). Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej.
- FULLER, S., *Life-cycle cost analysis (LCCA)* (19. 09. 2016). WBDG Whole Building Design Guide. Pobrano z lokalizacji: <https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>.
- GÓRECKI, J. (2016). Badanie gotowości przedsiębiorstw budowlanych do wdrażania innowacji organizacyjnych. *Materiały Budowlane*, 6 (526), 170–171.
- KAPLIŃSKI, O., KOSELEVA, N., ROPAITE, G. (2016). Big Data in civil engineering: a state-of-the-art survey. *Engineering Structures and Technologies*, nr 8:4, 165–175.
- KAPLIŃSKI, O. (2017a). Innowacje i trendy w budownictwie amerykańskim. *Materiały Budowlane*, 3 (535), 74–76.
- KAPLIŃSKI, O. (2008). Development and usefulness of planning techniques and decision making foundations on the example of construction enterprises in Poland. *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. XIV, 4, 492–502.
- KAPLIŃSKI, O. (2009a). Problems of the information technologies use in Polish construction sector: state of the art. *Archives of Civil Engineering*, Vol. 55, No 2, 173–198.
- KAPLIŃSKI, O. (2009b). Information technology in the development of the Polish construction industry. *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. XV, No. 3, 437–452.
- KAPLIŃSKI, O. (2017b). Wielowymiarowość problematyki inżynierii przedsięwzięć budowlanych. W *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*, Red. L. Czarnecki (strony 601–619). Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej,
- KAPLIŃSKI, O. (2018). Innovative solutions in construction industry. Review of 2016–2018 events and trends. *Engineering Structures and Technologies*, 10 (1), 27–33.
- KAPLIŃSKI, O., DZIADOSZ, A., ZIOBERSKI, J.L. (2011). Próba standaryzacji procesu zarządzania na etapie planowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, z. 58, (3/11/i), 79–100.
- Kapliński, O., Werner, W., Kosecki, A., Biernacki, J., Kuczmarski, F. (2002). Current state and perspectives of research on construction management and mechanization in Poland. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. VIII, 4, 221–230.
- KASPROWICZ, T. (2007). Inżynieria przedsięwzięć budowlanych. W *Metody i modele w inżynierii przedsięwzięć budowlanych*, Red. O. Kapliński (strony 35–78). Warszawa, KILiW PAN, IPPT.

- MAGIERA, J. (2017). Przegląd nowych technologii i procesów BIM. W *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*, Red. L. Czarnecki (strony 661–680). Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej.
- MARCINKOWSKI R. (1995). *Metody harmonogramowania zadań inżynieryjno-budowlanych*. Warszawa, WAT.
- MARCINKOWSKI, R., KRAWCZYŃSKA-PIECHNA, A., BIRUK, S. (2017). Innowacje technologiczne a rozwój mechanizacji w budownictwie. W *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*, Red. L. Czarnecki (strony 621–643). Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej.
- SARP i PZITB (2015). *Propozycje do art. 30 Projektu Ustawy Prawo Zamówień Publicznych* (20.05.2015). Pobrano z lokalizacji: <https://legislacja.rcl.gov.pl/docs//2/12271652/12284974/12284977/dokument169293.pdf>
- SOBOTKA, A. (2017). Innovative solutions in engineering of construction projects. *Procedia Engineering*, Vol. 208, 160–165.
- The American Institute of Architects (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide* (Version 1). AIA & AIA CC (National California Council).
- Urząd Zamówień Publicznych (2014). *Zamówienia publiczne w Unii Europejskiej po modernizacji. Nowe unijne dyrektywy koordynujące procedury udzielania zamówień publicznych*. Warszawa.
- ZIMA, K. (2017). *Kalkulacja kosztów robot budowlanych z wykorzystaniem technologii BIM*. Kraków. Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej.