

Romuald Tarczewski

Konstruowanie architektury

Uwagi o materializacji
formy architektonicznej



Ofcyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej



Romuald Tarczewski

Konstruowanie architektury

Uwagi o materializacji formy
architektonicznej

Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2019



Recenzenci
Krzysztof GASIDŁO
Barbara GRONOSTAJSKA

Opracowanie redakcyjne i korekta
Paulina HANDTKE

Projekt okładki
Romuald TARCZEWSKI

Na okładce wykorzystano fragment obrazu
Wieża Babel Pietera Bruegla starszego
(ilustracja w domenie publicznej)

Wszelkie prawa zastrzeżone. Niniejsza książka, zarówno w całości,
jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny,
fotograficzny i inny, bez zgody wydawcy i właściciela praw autorskich

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2019

OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
website: <http://www.portal.pwr.wroc.pl/oficyna.dhtml>
e-mail: oficwyd@pwr.wroc.pl

ISBN 978-83-7493-075-8

Druk i oprawa: beta-druk, www.betadruk.pl

Spis treści

Przedmowa	5
1. Wprowadzenie	7
1.1. Architektoniczna Wieża Babel	7
1.2. Relacja architekt–konstruktor w procesie tworzenia formy architektonicznej	10
2. Obiekt architektoniczny a jego model	17
2.1. Wymiana informacji jako element kształtowania formy architektonicznej	19
2.1.1. Proces inwestycyjny jako proces tworzenia i wymiany informacji	19
2.1.2. Sposoby modelowania obiektów budowlanych	21
2.1.2.1. Znaczenie terminu „modelowanie obiektów budowlanych”	21
2.1.2.2. Sposoby modelowania obiektów budowlanych	21
2.1.3. Kontekst historyczny modelowania obiektów budowlanych	22
2.1.3.1. Artefakty paleolityczne	23
2.1.3.2. Zapisy budynków ze starożytnej Mezopotamii	23
2.1.3.3. Rysunki architektoniczne w starożytnym Egipcie	25
2.1.3.4. Greckie kontrakty budowlane	26
2.1.3.5. Od renesansowego przełomu w modelowaniu budynków do czasów współczesnych	29
2.2. Nowe techniki modelowania a forma architektoniczna	33
2.2.1. Poszukiwanie nowego języka formy	33
2.2.2. Pojawienie się nurtu „free-form design” i „efektu Bilbao”	36
2.2.3. Etyka inżynierska w projektowaniu form swobodnych	44
3. Paradygmat funkcjonalny architektury w kontekście społecznym	51
3.1. Asymetria rozkładu formy architektonicznej	51
3.1.1. „Dobry pieniądz” i „zły pieniądz” – czy prawo Kopernika–Greshama działa w architekturze?	53
3.1.2. Tendencja do przesady w architekturze i jej geneza	55
3.1.3. Formy manifestacji przesady w budynkach publicznych	55
3.1.4. Przesada w architekturze w kontekście prawa Zipfa	62
3.1.5. Społeczne skutki nadmiaru w projektowaniu budynków publicznych	64
3.2. Komunikacja społeczna w procesie realizacji obiektu	65
3.2.1. Studium przypadku	65
3.3. Problem starzenia i przemijania w obiektach architektonicznych	69
3.3.1. Interakcja pomiędzy człowiekiem a architekturą	69
3.3.2. Pomiedzy starzeniem a ruiną – materialne aspekty przemijania	71
3.3.3. Starzenie w znaczeniu społecznym i cywilizacyjnym	74
3.3.4. Nomadyzm funkcjonalny i estetyczny – immanentność przemijania	76
4. Zarządzanie informacją w procesie inwestycyjnym	79
4.1. Rola architekta w procesie inwestycyjnym	79

4.2.	Od modelowania obiektów budowlanych do modelowania informacji budowlanej	80
4.2.1.	Specjalizacja w modelowaniu budynków – koncepcja „wysp informacji”	80
4.2.2.	Współczesna reintegracja modelowania informacji budowlanej	83
4.2.3.	Modelowanie Informacji Budowlanej – Building Information Modeling (BIM)	85
4.2.3.1.	Nie zamrażać rysunku architektonicznego!	87
4.2.3.2.	BIM Level 2	88
4.3.	Model zintegrowanego procesu inwestycyjnego – IPD	93
4.3.1.	Fazy życia inwestycji	93
4.3.2.	Zintegrowany proces inwestycyjny (IPD)	96
4.4.	Klasyfikacja informacji w modelowaniu budynków	101
4.4.1.	Rola specyfikacji w modelowaniu budynków	101
4.4.2.	Klasyfikacje a typologie	102
4.4.3.	Podstawowe zasady klasyfikacji w zastosowaniu do budownictwa	104
4.5.	Systemy klasyfikacji w procesie inwestycyjnym	113
4.5.1.	System Sfb	114
4.5.2.	System Uniclass	119
4.5.3.	Międzynarodowy schemat organizacji systemów klasyfikacji w budownictwie	124
4.6.	Koncepcja polskiej wersji fasetowego systemu klasyfikacji informacji budowlanej	133
4.6.1.	Katalogi KNR jako narodowa baza tekstów opisowych	135
4.6.2.	Konstrukcja systemu fasetowego	139
4.6.3.	Zawartość faset systemu PolClass	142
4.7.	Struktura bazy danych gromadzącej informacje niegraficzne	147
5.	Podsumowanie – Architekt w czasach BIM	153
5.1.	Crowdsourcing w projektowaniu	153
5.2.	Standaryzowanie usług architekta	155
5.3.	Integralność intelektualna architektów	158
5.4.	Uwagi końcowe	159
	Bibliografia	161
	Załącznik 1 – Faseta Elementów systemu PolClass	169
	Załącznik 2 – Faseta Rodzajów Robót systemu PolClass	185
	Spis rysunków	189
	Spis tabel	193
	Constructing architecture. On the materialization of the architectural form. Summary	195

Przedmowa

Prezentowana praca podsumowuje trzydziestoletni okres, w którym zajmowałem się zagadnieniami wymiany informacji w procesie inwestycyjnym, początkowo w Biurze Projektowo-Badawczym Budownictwa Ogólnego „Miastoprojekt” we Wrocławiu, a następnie na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej. W tym czasie miałem przyjemność i zaszczyt współpracować z wybitnymi znawcami tej tematyki z Norwegii, Odd Lyngiem, dyrektorem Norweskiej Rady Normalizacji w Budownictwie i Januszem Ziolką, dyrektorem norweskiej firmy konsultingowej Ziolk & Co A/S. Przez pewien czas uczestniczyłem również w pracach komitetu ISO/TC59/SC13 *Organization of information in construction industry*, którego Odd Lyng był przewodniczącym. Obecna nazwa tego komitetu brzmi: *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)* i ta zmiana najlepiej oddaje ewolucję, jaką zagadnienie modelowania i wymiany informacji przeszło w ostatnich latach.

Ogromny postęp w modelowaniu budynków, pojawienie się technologii BIM, systematyczne zbliżanie się do uzyskania jednolitego modelu budynku, wspólnego dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego, rozszerzenie znaczenia „proces inwestycyjny” na cały okres życia budynku, to tylko najważniejsze przykłady.

Pracując na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej mogłem obserwować, jak bardzo ta problematyka „nie leży” przyszłym architektom, dla których kreatywna część zawodu, związana z tworzeniem nowych form jest najbardziej pociągająca. Ostatnio stała się też wyraźna potrzeba przygotowania podstaw, zarówno teoretycznych, jak i praktycznych, dla stworzenia bazy klasyfikacyjnej, umożliwiającej szerokie wprowadzenie w Polsce technologii BIM, z zachowaniem dorobku i tradycji polskiego budownictwa. Dlatego, spośród wielu aspektów procesu materializacji formy architektonicznej, wybrałem wątek związany z modelowaniem budynków i wymianą informacji.

Dziękuję wszystkim, którzy zachęcili mnie do podjęcia tej pracy i wspierali mnie w jej trakcie, w szczególności zaś mojej Rodzinie, za wyrozumiałość i cierpliwość w tym okresie.

Romuald Tarczewski
Wrocław, marzec 2019

Rozdział 1. Wprowadzenie

Architektura zaczyna się, gdy starannie ułożysz dwie cegły obok siebie. Tam się zaczyna.

Ludwig Mies van der Rohe¹

Architektura nie jest niczym innym jak inżynierią żyjącą w konkubinacie z muzami

Wacław Zalewski²

1.1. Architektoniczna Wieża Babel

Samuel C. Florman, w swojej książce *Egzystencjalne przyjemności inżynierii* (Florman 1996) porównuje metaforycznie projekty inżynierskie (a więc również architektoniczne) do wystawienia przedstawienia na jednej z wielkich scen operowych świata. Dyrygent interpretuje muzykę, a reżyser opracowuje i nadzoruje inscenizację. Są śpiewacy: gwiazdy i artyści drugoplanowi oraz chór. Jest orkiestra, sufler, koncertmistrz. Pracuje scenograf, projektant kostiumów, oświetleniowcy oraz technicy, którzy wykonują ich projekty. Są pracownicy administracji, menedżerowie, księgowi, sekretarki. Niektórzy z nich są bardziej „profesjonalni” niż inni, niektórzy są bardziej „kreatywni”. Jeden lub dwóch może być geniuszami. Ale w magicznej chwili, gdy kurtyna się podnosi, odbywa się spektakl będący dziełem wielu ludzi, którzy w różnym stopniu pracowali nad jego powstaniem. Każdy z nich nie tylko zasługuje na uznanie za finalny efekt, ale każdy z nich odczuwa satysfakcję z uczestniczenia w wielkim przedsięwzięciu. Niektórzy z tych, którzy pełnili funkcje drugorzędne mają nadzieję, że odegrają ważniejszą rolę w przyszłej produkcji, ale niezależnie od tego ich udział w radości z przedstawienia jest uzasadniony i zasłużony. Może się nawet zdarzyć, że niektórzy z drugoplanowych uczestników projektu będą bardziej zachwyceni niż ci ważniejsi. Wrażliwość i świadomość są niekoniecznie proporcjonalne do statusu. Nie należy też zapominać o odbiorcach

¹ Ang. *Architecture starts when you carefully put two bricks together. There it begins.* Cytat pochodzi z artykułu Ludwiga Mies van der Rohe *On restraint in Design*, zamieszczonego w The New York Herald Tribune, 28 czerwca 1959.

² Cytat za: (Zalewski 1989).

– publiczności, dla której przyjemności i na której koszt, spektakl został wyprodukowany. Metafora ta pomaga zademonstrować sposób, w jaki duża zróżnicowana grupa może dzielić wspólny cel i wspólną satysfakcję.

Co umożliwia współpracę ludzi różnych specjalności, o różnym poziomie kwalifikacji i zaangażowania nad wspólnym projektem? Jest to efektywna komunikacja, możliwość zbudowania jednoznacznej wizji końcowego efektu (jego modelu) i wymiana informacji podczas pracy. Przechodząc od metafory operowej do architektury, znajdujemy się w trakcie procesu inwestycyjnego, będącego jednym z najbardziej złożonych rodzajów ludzkiej aktywności³. Angażuje wielu specjalistów z różnych dziedzin, duże środki techniczne i zasoby finansowe. Efekty tego procesu mają znaczny i długotrwały wpływ na środowisko, w którym żyjemy, a jednocześnie jest to aktywność, która musi być prowadzona. Potrzeby rozwijającego się, czy choćby tylko trwającego społeczeństwa wymagają budowania nowych mieszkań, zakładów przemysłowych, obiektów infrastruktury itd. Proces inwestycyjny, jak zostanie to pokazane dalej, jest w istotnej części procesem tworzenia i wymiany informacji, a sprawność tej części procesu jest warunkiem jego powodzenia.

Przedstawiona na okładce tej pracy Wieża Babel (fragment obrazu Pietera Bruegla starszego) jest symbolem ukaranej ludzkiej pychy, a zarazem słabości człowieka (bo Bóg zburzył tę wieżę w jednej chwili). Ale ta biblijna opowieść o niemożności porozumienia świadczy także o tym, że jej autorzy „rozumieli potęgę, jakiej język udziela ludziom w ich stosunkach ze środowiskiem” i szukali przyczyny, dla której „ludzie, niekiedy sąsiadujący z sobą o miedzę, mówią innymi językami i nie rozumieją się wcale albo tylko z trudem” (Kopaliński 1991).

Komunikacja w procesie inwestycyjnym jest głównym wątkiem niniejszej pracy. Ma ona wiele aspektów, a w ostatnim okresie stała się szczególnie istotna, gdyż rozwój narzędzi do projektowania zaczął napotykać na bariery „językowe”. Coraz bardziej zaawansowane systemy komputerowe wspomagające projektantów zbliżają się w swoim rozwoju do momentu, w którym możliwe będzie zbudowanie jednolitego modelu, z którego będą mogli korzystać wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego na każdym etapie tego procesu. Co więcej, model ten może obejmować nie tylko sam budynek, lecz także przebieg procesu we wszystkich jego aspektach. Pełna implementacja tych narzędzi, nawet pomijając fakt, że nadal jeszcze mają one wiele ograniczeń, wymaga uzgodnienia wspólnego słownika pojęć i zbudowania jego struktury w taki sposób, aby oddawała ona całą złożoność obiektów architektonicznych i procesów ich powstawania, a jednocześnie była otwarta na zmiany zachodzące wraz z rozwojem technicznym i ewolucją kultury technicznej w tym zakresie. Propozycja takiego systemu klasyfikowania informacji jest przedstawiona w dalszej części pracy.

Proces inwestycyjny został w podtytule tej książki określony jako „proces materializacji formy architektonicznej”. W istocie tak jest – różnice w sformułowaniu wynikają z patrzenia na ten proces z różnych punktów widzenia. Dla społeczeństwa, w szczególności dla inwestora, dla organów administracji, dla wyko-

³ Florman uważa, że najbardziej złożonymi wytworami człowieka nie są promy kosmiczne, ale miasta z ich wielowarstwową tkanką: urbanistyczną, społeczną i techniczną (Florman 1996).

nawców i większości projektantów branżowych będzie to proces inwestycyjny. Natomiast dla architekta – twórcy formy architektonicznej oraz dla projektanta najbardziej zaangażowanego w nadawanie jej fizycznego kształtu, czyli dla konstruktora, będzie to proces materializacji tej formy.

Wyrażany czasami pogląd, że architekturą jest tylko to, co zostało zbudowane jest kontrowersyjny i słusznie krytykowany. Wiele prac konkursowych, które nigdy nie zostały zrealizowane, miało duży wpływ na kształtowanie trendów w projektowaniu, podobnie – prace teoretyczne. Wcale nierzadko wykonywane są projekty, które są oferowane jako gotowe produkty⁴, część z nich jest potem realizowana. Przykładem mogą być choćby katalogi domów jednorodzinnych wykonywane przez wiele firm projektowych. Jednakże zrealizowany (zmaterializowany) obiekt architektoniczny ma wyróżniającą go cechę fizycznej obecności. Potwierdza, że zaprojektowana forma spełnia surowe wymagania stawiane przez Naturę. Fizyczna obecność poddaje też obiekt wielostronnej ocenie pod względem funkcjonalnym, estetycznym, środowiskowym i społecznym. Takiej weryfikacji nie mogą przejść obiekty pozostające jedynie projektami i dlatego materializacja formy architektonicznej jest ważnym etapem jej tworzenia. Nie jest to etap końcowy, gdyż w całym okresie swego „życia” budynku podlegają zmianom – większym lub mniejszym, zachodzącym szybko lub powoli, i w zmienionej formie znów są poddawane weryfikacji. Jest to proces ciągły.

Przez długi czas ten fakt był oczywisty, gdyż role architekta i inżyniera były wzajemnie dualne i wykonywane przez tę samą osobę. David Blockley zauważa, że „nieuchronne historyczne rozdzielanie tych dwóch zawodów było niefortunne, dzielące i często dysfunkcyjne. Na przykład doprowadziło to do powstania uproszczonego, ale podzielanego przez wiele osób, kontrowersyjnego wrażenia, że architektura jest formą sztuki twórczej, podczas gdy inżynieria jest «tylko» rzemiosłem, branżą lub zawodem, który opiera się jedynie na umiejętnościach manualnych” (Blockley 2014).

Tymczasem, „dobra architektura i dobra inżynieria są sztukami wymagającymi nauki, ale są ukierunkowane na różne cele⁵. [...] Kiedy architektura i inżynieria zostają sztucznie rozdzielone, wyniki mogą nie być takie, jak być powinny. Na przykład firma lub deweloper inwestujący w nowy budynek, powiedzmy – biurowiec, może wyznaczyć architekta, który opracuje propozycję programu, odpowiadającego potrzebom klienta. Jeśli, jak to się często zdarzało, zrobi to bez zaangażowania odpowiednio wykwalifikowanych inżynierów, to później, gdy projekt się rozpocznie, nieuchronnie pojawią się problemy praktyczne. W najgorszych projektach budowla-

⁴ Krzysztof Gasidło podaje przykład wypowiedzi Kasa Oosterhuisa, który stwierdził, że „cały czas pracuje nad różnymi projektami dla anonimowego użytkownika i nigdy ich nie wyrzuca, bo mogą odpowiadać czyjejś potrzebie. Makiety tych obiektów wystawia na półkach jak w sklepie” (Gasidło 2016). Część z tych projektów znajduje nabywców i jest realizowana, zatem z całą pewnością mogą one być uważane za obiekty architektoniczne, jeszcze zanim doczekały się realizacji.

⁵ Blockley następująco próbuje zdefiniować sztukę i naukę: „Sztuka jest trudna do zdefiniowania, ale jest siłą praktycznego intelektu, zdolnością do tworzenia czegoś ponadprzeciętnego. Nauka to dziedzina wiedzy, która jest systematyczna, testowalna i obiektywna – nauka jest tym, co wiemy” (Blockley 2014).

nych architektki określają formy strukturalne, które mogą być po prostu nie do zbudowania lub niepotrzebnie drogie w budowie” (Blockley 2014).

Cytowany na początku tego rozdziału, Ludwig Mies van der Rohe, widział początek architektury w starannym ułożeniu dwóch cegieł. Podobnie uważał Frank Lloyd Wright, który występując na konferencji w Milwaukee powiedział: „Panie i panowie, czy wiecie, co to jest cegła? Jest banalna i kosztuje 11 centów; jest powszechna i bezwartościowa, ale ma szczególną cechę. Daj mi tę cegłę, a będzie na wagę złota” (Hall 2015) (Łysiak 1982)⁶. Obaj ci wielcy twórcy architektury odwołują się do materialnego nośnika formy architektonicznej. Jednocześnie, w pośredni sposób, wskazują na szczególne relacje pomiędzy architektem a konstruktorem, którzy – pomimo rozdzielania ich ról – nadal są (lub powinni być) najbliższymi współpracownikami w kreowaniu formy architektonicznej.

1.2. Relacja architekt–konstruktor w procesie tworzenia formy architektonicznej

Konstrukcja jest często postrzegana jako pasywny element obiektu architektonicznego, jako coś, co po prostu przenosi obciążenia – zarówno te, które wynikają z jego cech (jak ciężar własny), jak i te, które są w stosunku do niego zewnętrzne (śnieg, wiatr, obciążenia technologiczne itp.). Dosyć łatwo jest jednak zauważyć, że konstrukcja jest również nośnikiem formy architektonicznej. Dlatego, że jak wcześniej wspomniano, przenosi obciążenia, a przez to umożliwia wypełnianie przez obiekt jego funkcji użytkowych, ale także dlatego, że zastosowany system konstrukcyjny jest sam w sobie nośnikiem znaczeń, metafor i konotacji składających się na formę architektoniczną. Za Sławomirem Mrożkiem można powiedzieć, że „ubieranie tworzy postać”⁷.

Jeżeli patrzymy na przykład na budynek Muzeum Literatury Współczesnej (Literaturmuseum der Moderne) w Marbach, projektu Davida Chipperfielda albo na budynek biblioteki uniwersytetu Tama Art w Tokio, projektu Toyo Ito, to odnajdujemy w nich natychmiast elementy charakterystyczne dla dobrze znanych stylów: w pierwszym przypadku klasycznego, a w drugim – gotyku, rys. 1.1.

Elementy te wykonane są w innej technologii, pełnią inne funkcje, ale ich identyfikacja jest łatwa i jednoznaczna, a funkcja – czytelna. Ta czytelność wynika z symbolizmu, który był od początku wpisany w proces powstawania i ewolucji systemów konstrukcyjnych. Ewolucja jest często rozumiana jako przejście od systemów wernakularnych, które w wyniku rozwoju umiejętności i opanowywania nowych technologii stawały się coraz bardziej wyrafinowane, do złożonych,

⁶ Historia ta została przytoczona przez Alvara Aalto, który skomentował ją: „Być może był to jedyny raz, kiedy publicznie słyszałem, powiedziane jasno i bez ogródek, czym naprawdę jest architektura. Architektura to przekształcenie bezwartościowej cegły w coś wartego swej wagi w złocie” (Hall 2015).

⁷ Sławomir Mroźek, *Krawiec*, 1977.



Rys. 1.1. Muzeum Literatury Współczesnej w Marbach⁸ (proj. David Chipperfield),
widok od frontu (u góry) i biblioteka uniwersytetu Tama Art w Tokio⁹ (proj. Toyo Ito),
widok wnętrza (u dołu)

⁸ Fotografia za: <http://proyectos1etsaun.blogspot.com/2012/11/moneo-david-chipperfield.html> (dostęp: 15.04.2014).

⁹ Fotografia za: <https://thefotosgratis.eu/toyo-ito-associates-rasmus-hjortsh%C3%B8j-%C2%B7-tama-art-university.html> (dostęp: 15.04.2014).

świadomie kreowanych form¹⁰. Jednak sam rozwój techniczny nie wystarcza do pełnego wyjaśnienia tego procesu. Amerykańska badaczka historii architektury, Phyllis Ackerman zauważa, że rekonstruowanie rozwoju form architektonicznych całkowicie na gruncie uwarunkowań techniczno-materiałowych jest przykładem zastosowania marksizmu do badania historii architektury (Ackerman 1953). Jest to swego rodzaju determinizm określony przez warunki ekonomiczne, czyli dostępne zasoby, aktualny poziom umiejętności i potrzeby praktyczne. Jednakże w twórczej działalności ewoluującego człowieka uwarunkowania materialne nie zależą od pojawiającej się potrzeby, a jedynie warunkują w pewnym stopniu realizację celu, czyli jej zaspokojenie. Zaspokajanie bieżących potrzeb wymagało poznawania relacji z cyklami występującymi w przyrodzie: pór roku, okresu wzbierania wód w rzekach, czy wegetacji roślin. Prowadziło to z kolei do obserwacji zjawisk na niebie, które zidentyfikowano jako źródło zarówno zagrożeń, jak i bezpieczeństwa. W efekcie powstawało naturalne dążenie do odzwierciedlania w powstających budynkach niebiańskiego porządku, a ich materialna forma była silnie zakorzeniona w symbolizmie, będącym swego rodzaju gwarancją sukcesu. Pierwsi architekci i rzemieślnicy budowlani byli na ogół ściśle związani z miejscowym kultem religijnym oraz z obowiązkami kapłańskimi¹¹. Wrażliwość religijna i formy jej wyrażania, podobnie, jak formy życia społecznego znajdowały swój architektoniczny wyraz w klasycznych porządkach – stylach (Witruwiusz 1999), będących w istocie systemami konstrukcyjnymi i ornamentacyjnymi. Elementy systemu konstrukcyjnego miały zatem nie tylko swoją funkcję techniczną, lecz także znaczenie symboliczne (Jones 2014).

Zaskakującym aspektem współczesnego życia jest to, że choć jego forma jest bezpośrednim skutkiem ogromnego rozwoju inżynierii, to społeczeństwo ma bardzo mało zrozumienia dla inżynierów i ich pracy. Charles Correa w swoim eseju *In search of Brunel* zamieszczonym w zbiorze *A Place in the Shade* (Correa 2012), zauważa, że obojętność wobec cudów inżynierii, które nas otaczają jest przerażająca. Chociaż nie rozumiemy, w jaki sposób działa naprawdę samolot, któremu powierzamy nasze życie, znamy imię każdego, kto maluje rzucając bezładnie farbę na płótno. Inżynierowie, podobnie jak kamieniarze średniowiecza żyją w zadziwiającej anonimowości. Podobnie jest w architekturze. Wiele wyróżniających się obiektów współczesnej architektury mogło powstać jedynie dzięki nowym materiałom i technologiom. Dotyczy to zarówno imponujących wielkością budynków wysokościowych, jak i budynków zero-energetycznych. Jednak współczesnemu rozwojowi nowych technologii w budownictwie nie towarzyszył, jak to miało miejsce u zarania architektury, proces symbolicznej identyfikacji, „nominalizacji” poszczególnych elementów systemu konstrukcyjnego. W efekcie, są one

¹⁰ Często przywoływanym przykładem jest ewolucja łuku, a później sklepienia z systemu konstruowania budynków z wiązek wygiętej trzciny – „mudhif” rozwiniętego przez Madanów (Arabowie Błotni) w południowym Iraku (Rudofsky 1987). Podobnym przykładem jest łuk utworzony z dwóch związanych w kluczu kłów mamuta (Tobolczyk 2000; Zambelli 2013).

¹¹ Znajduje to odbicie również w języku. Łacińskie słowo określające kapłana: „pontifex”, pochodzi od określenia budowniczego mostów (Ackerman 1953).

anonimowym „tworzywem”, a formy tworzone za pomocą tych elementów są aż nadto często efektem dążenia jedynie do wyróżnienia się na tle innych, co dobrze ilustruje pokazany na rys. 1.2 przykład Centrum Kongresowego w Mediolanie (proj. Mario Bellini).



Rys. 1.2. Centrum Kongresowe w Mediolanie (proj. Mario Bellini), widok ogólny¹²

Abstrahując od formy tego obiektu, która – wg słów samego projektanta¹³ – wynikała z inspiracji wstążkami makaronu, przyjęty system konstrukcyjny – przestrzenna struktura prętowa – zastosowany jest tutaj w bardzo niespecyficzny sposób. Tworzy ona w jednej ciągłej formie zarówno zadaszenie obiektu, jak i – częściowo – jego ściany, a także rozbudowane słupy. W przypadku Muzeum Literatury Współczesnej w Marbach, prefabrykowane elementy pionowe i poziome tworzyły jednoznacznie rozumiany układ słupów i belek, który można było odczytać jako analogię do układu kolumna–architrav. Łuki w bibliotece uniwersytetu Tama Art przechodzą płynnie w służki. Tutaj również układ konstrukcyjny jest jednoznacznie rozumiany i poprzez związaną z nim symbolikę nadaje wnętrzu określony charakter – staje się ono świątynią książki i świątynią wiedzy. Przestrzenne struktury prętowe wywodzą się od płaskich dwuwarstwowych rusztów, które pierwotnie służyły przede wszystkim jako elementy konstrukcji zadaszeń, zwłaszcza o dużych rozpiętościach. Rozszerzenie zakresu ich zastosowań na elementy pionowe i pochylone w najróżniejszych możliwych układach, aczkolwiek całkowicie uzasadnione konstrukcyjnie,

¹² Fotografia: Massimo Majowiecki, wykorzystana za zgodą Autora.

¹³ Wypowiedź Mario Belliniego podczas Structural Engineers World Congress SEWC 2011 w Como.

zerwało z tą początkową konotacją i w efekcie są one w budynku Centrum Kongresowego w Mediolanie jedynie swego rodzaju plastyczną masą, „modeliną”, z której artysta-architekt dowolnie tworzy swoje dzieło.

Rozdzielenie formy i jej znaczeń od jej nośnika i jego cech jest efektem stopniowego „wyzwalania” się architektów od technologicznych aspektów swojego zawodu, które zostały przekazane inżynierom i innym specjalistom technicznym. Początkowo dotyczyło to przede wszystkim konstrukcji – ten proces rozpoczął się już w drugiej połowie XVIII wieku, a później objął również takie zagadnienia jak zapewnienie odpowiedniego klimatu we wnętrzu, jego oświetlenia itd. (LaVine 2001). Rozdzielenie się obszarów zainteresowania architektów i konstruktorów początkowo wydawało się zjawiskiem pozytywnym, gdyż pozwalało na pogłębioną analizę nowych zagadnień, które pojawiły się wraz z rozwojem specjalistycznych dziedzin nauki: mechaniki budowli i wytrzymałości materiałów oraz gwałtowną industrializacją okresu pierwszej rewolucji przemysłowej. Relatywnie szybko jednak ujawnił się negatywny, choć nie od razu dostrzeżony, aspekt tego procesu. Domeną architektów pozostały decyzje dotyczące ogólnego układu obiektu, kształtu kolumn, rozmieszczenia ścian i okien, proporcji pomiędzy elementami. Inżynierowie przejęli analizę obliczeniową i znaczną część problemów realizacyjnych. Przepływ informacji na etapie konceptualizacji projektu był zatem dość jednokierunkowy. Architekci wykorzystywali możliwości, jakie stwarzał rozwój technologiczny, chętnie stosując proponowane im nowe materiały i rozwiązania techniczne, np. kratownice stalowe, czy – później – beton. Jednocześnie nie oczekiwali od inżynierów wsparcia w tym, co było ich domeną – kreowaniu formy architektonicznej. Takie relacje były efektywne dopóki styl projektowania¹⁴ mieścił się w ramach wypracowanego od dawna i powszechnie akceptowanego paradygmatu. Na potrzeby niniejszej pracy zostanie on określony jako „ortogonalne preferencje projektowania”¹⁵. Niezależnie od szczegółów formy architektonicznej paradygmat ten pozwalał na względnie swobodne korzystanie z dostępnych elementów konstrukcyjnych, ponieważ ich aranżacja przestrzenna opierała się na ustalonej, hierarchicznej organizacji, której wariacje formy nie zmieniały.

Efektem ubocznym opisywanego procesu było swoiste skostnienie w metodach pracy i sposobie myślenia inżynierów. Ogromnemu rozwojowi metod analizy nie towarzyszył adekwatny rozwój metod kształtowania systemu konstrukcyjnego, ponieważ nie było na to zapotrzebowania. Inżynierowie pewnie się czuli

¹⁴ Określenie „styl projektowania” zostało tu użyte w znaczeniu sposobu podejścia do ustalenia ogólnych relacji pomiędzy głównymi elementami budynku, podczas gdy „forma architektoniczna” ma znaczenie szersze i obejmuje również szczegóły kształtu elementów, detal, ornamentykę, kolor itp. Rozróżnienie to można zilustrować na przykładzie antycznych świątyń. Styl projektowania jest w nich wyraźnie ortogonalny: pionowe kolumny podtrzymują poziome architrawy, również rzut obiektu jest prostokątny. Niezależnie od tego formę architektoniczną tego obiektu kreują również wypukłości stylobatów, *entasis* kolumn, czy ich niewielka zbieżność korygująca perspektywę.

¹⁵ Źródła ortogonalnych preferencji projektowania należy szukać zarówno w specyfice dostępnych technologii, jak i w sposobie modelowania budynków w procesie wymiany informacji, o czym będzie mowa w dalszej części pracy.

przeprowadzając obliczenia lub analizując problemy cząstkowe, niż nakreślając przedmiot swojej analizy (Zalewski 1989).

Jak wspomniano, taki „podział obowiązków” funkcjonował dobrze w kontekście wypracowanego i ustalonego paradygmatu kształtowania formy architektonicznej. Ten jednak uległ gwałtownej zmianie w ostatnim dziesięcioleciu XX wieku, kiedy koincydencja kilku czynników, między innymi pojawienie się nowej grupy komputerowo wspomaganych metod projektowania (będzie to omówione w dalszej części pracy), wywołały tzw. efekt Bilbao¹⁶, czyli fascynację złożonymi wielokrzywiznowymi kształtami geometrycznymi, kreowanymi dowolnie, bez oglądania się na – dotychczas oczywiste – uwarunkowania konstrukcyjne. Przykładem takiego obiektu jest przedstawione powyżej Centrum Kongresowe w Mediolanie. Oczywiście, natura nie znosi próżni i te dowolne formy mogły być zrealizowane poprzez dostosowanie i modyfikację znanych rozwiązań. Zerwana została jednak jedność formy i systemu konstrukcyjnego, który często jest wymuszony i w którym z tego powodu mogą wystąpić nieoczekiwane i niebezpieczne efekty (Majowiecki 2010).

Taka sytuacja wydaje się niemożliwa do utrzymania. Aczkolwiek, ze względu na bardzo daleko posuniętą obecnie specjalizację i złożoność procesu projektowego, jedności personalnej architekta i konstruktora nie uda się już raczej przywrócić, to możliwe jest jednak przywrócenie jedności procesu projektowego. Wymaga to z jednej strony, zaangażowania się inżynierów w projekt już w jego najwcześniejszych fazach, a z drugiej strony, architekci powinni mieć świadomość i uwzględniać już od samego początku procesu projektowego, że ich dzieło musi być zmaterializowane. Najpierw poprzez ubranie go w „kostium” konstrukcyjny, a następnie poprzez proces realizacji.

¹⁶ Znaczenie określenia „efektu Bilbao”, geneza tego zjawiska i jego wpływ na kształtowanie współczesnej formy architektonicznej, omówione są w rozdz. 2.2.2. W uzupełnieniu prowadzonych rozważań można zauważyć, że pojęcie „efekt Bilbao” dotyczy także zjawiska oddziaływania spektakularnego obiektu na otoczenie urbanistyczne, prowadzącego do istotnych zmian, np. w procesie rewitalizacji urbanistycznej (za: K. Gasidło).

Rozdział 2. Obiekt architektoniczny a jego model

To niezwykle, co możesz zobaczyć, kiedy zaczniesz się przyglądać.

Milton Hyland Erickson¹⁷

Charakterystyczne dla barbarzyńcy jest upieranie się przy oglądaniu rzeczy „takiej jaka jest”.

Richard Malcolm Weaver¹⁸

Cała metoda polega na porządku i rozłożeniu tego, na co należy zwrócić uwagę, aby odkryć jakąś prawdę.

Kartezjusz¹⁹

Architekci nie tworzą budynków; wykonują rysunki budynków.

Robin Evans²⁰

Modelowanie jest metodą badania złożonych systemów poprzez tworzenie ich modeli (Gutenbaum 2003). System, według najbardziej ogólnej definicji jest konstruktem lub zbiorem różnych elementów, razem dających wyniki, które nie mogą być uzyskane przez te elementy oddzielnie. System może być fizyczny (coś co już istnieje) lub pojęciowy (plan lub koncepcja czegoś, co nie istnieje). Przykładami systemów mogą być układy, zjawiska i procesy. Elementami systemu mogą być urządzenia, materiały, dokumenty, sprzęt, oprogramowanie, ludzie i wszystkie inne rzeczy niezbędne do wytworzenia na poziomie systemu właściwych mu cech, właściwości, funkcji, zachowania i wydajności.

¹⁷ Cytat za: Polski Instytut Ericksonowski, <http://www.p-i-e.pl/>

¹⁸ Oryg. *It is characteristic of the barbarian to insist upon seeing a thing “as it is”*. Cytat za: (Weaver, Kimball i Smith 2013).

¹⁹ Oryg. *Tota methodus consistit in ordine et dispositione eorum ad quae mentis acies est convertenda, ut aliquam veritatem inveniamus*. Kartezjusz, *Regulae ad directionem ingenii: Regula V*. Cytat za: (Tatarkiewicz 1990).

²⁰ (Evans i in. 1989), s. 19.

Modele są aproksymacją, przybliżeniem systemów występujących w rzeczywistym świecie. Model jest fizyczną, matematyczną lub inną logiczną reprezentacją systemu, jednostki, zjawiska lub procesu. Jako substytut, model będzie tym, co zostanie zbadane w celu zdobycia większej wiedzy na temat systemu. Jego uproszczony charakter umożliwia opis i zrozumienie złożonych zjawisk i procesów, ponieważ rzeczywiste systemy mogą być trudne lub niemożliwe do zbadania. Co więcej, model może być modyfikowany, umożliwia to symulację jego zachowania w różnych warunkach i analizę prowadzącą do wniosków i zaleceń w stosunku do modelowanej rzeczywistości (Sokolowski i Banks 2010).

Aby stworzyć model, wyodrębnia się z rzeczywistości opis systemu. Zadaniem modelu nie jest reprezentowanie wszystkich aspektów badanego systemu, gdyż to byłoby nie tylko zbyt skomplikowane, a niekiedy niemożliwe, ale neutralizowałoby korzyści wynikające z analizowania uproszczonego opisu (Gemino i Wand 2005). Model powinien być idealizacją systemu i reprezentować tylko te jego aspekty, które wpływają na cechy badane w tworzonym modelu. W ten sposób system może być przedstawiony na wielu poziomach abstrakcji, za pomocą wielu modeli (Sokolowski i Banks 2010).

Klasycznym przykładem idealizacji systemu (w tym wypadku obiektu budowlanego) poprzez model, jest budowa modelu obliczeniowego dla celów obliczeń konstrukcyjnych. W takim modelu zachowany jest bardzo ogólny, czasami pozornie luźny związek na poziomie geometrycznym, elementami modelu zaś są konstrukty umożliwiające analizę za pomocą metod mechaniki budowli i wytrzymałości materiałów: schematy statyczne, charakterystyki geometryczne i materiałowe przekrojów itp.

Podobnie w modelu architektonicznym, idealizacja obiektu odbywa się poprzez użycie w modelu elementów, które oddają cechy obiektu istotne ze względu na jego funkcje architektoniczne. Ściana jest przedstawiana jako pewna wydzielona część przestrzeni, o określonym układzie geometrycznym. Towarzyszyć temu przedstawieniu może informacja o konkretnym rozwiązaniu materiałowym, ale na ogół nie ma potrzeby przedstawiania elementów na najbardziej szczegółowym poziomie – nie pokazuje się poszczególnych cegieł w ścianie murowanej chyba, że jest to istotne z innych względów, np. estetycznych.

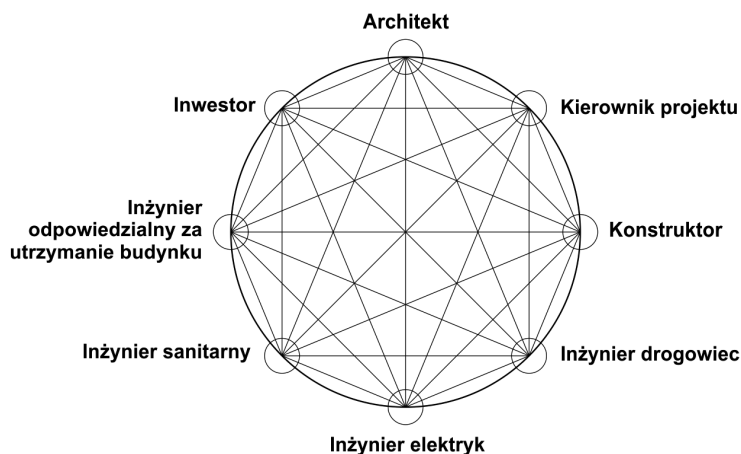
Tak samo w przebiegu procesu inwestycyjnego, stosuje się jednostki będące pewnymi uogólnieniami wykonywanych czynności i zachodzących procesów. Używając określenia „murowanie ściany z cegły pełnej”, nie musimy podawać konkretnych czynności wykonywanych przez murarza: ustawiania rusztowania, nakładania zaprawy, układania cegieł itp.

Jednak, jak widać choćby z tego krótkiego zestawienia przykładów modelowania w odniesieniu do obiektu budowlanego, w różnych zastosowaniach może występować potrzeba stosowania modeli operujących różnym stopniem uszczegółowienia (różnym poziomem idealizacji) systemu. To prowadzi do budowy modeli hierarchicznych, w których można wybierać aktualnie przydatny poziom abstrakcji. Jest to cecha, która powinna charakteryzować każdy prawidłowo zbudowany system modelowania obiektów budowlanych i procesów inwestycyjnych.

2.1. Wymiana informacji jako element kształtowania formy architektonicznej

2.1.1. Proces inwestycyjny jako proces tworzenia i wymiany informacji

Każdy budynek pojawia się najpierw jako abstrakcyjna idea, związana z potrzebami inwestora. Ta idea jest „tłumaczona” na język architektury i przekształcana w koncepcję architektoniczną. Początkowy pomysł jest następnie rozwijany aż do opracowania szczegółowego projektu wykonawczego, a następnie realizowany. Jest to proces projektowania i realizacji budynku. Na każdym etapie tego procesu są wytwarzane informacje na temat projektu, które muszą być wymieniane pomiędzy wszystkimi jego uczestnikami. Należą do nich: inwestor, architekt, konstruktor, inżynierowie zajmujący się wyposażeniem technicznym, konsultanci zewnętrzni, firmy wykonawcze, rzemieślnicy, władze lokalne i inni, co schematycznie przedstawiono na rys. 2.1. (Tarczewski 2014b).

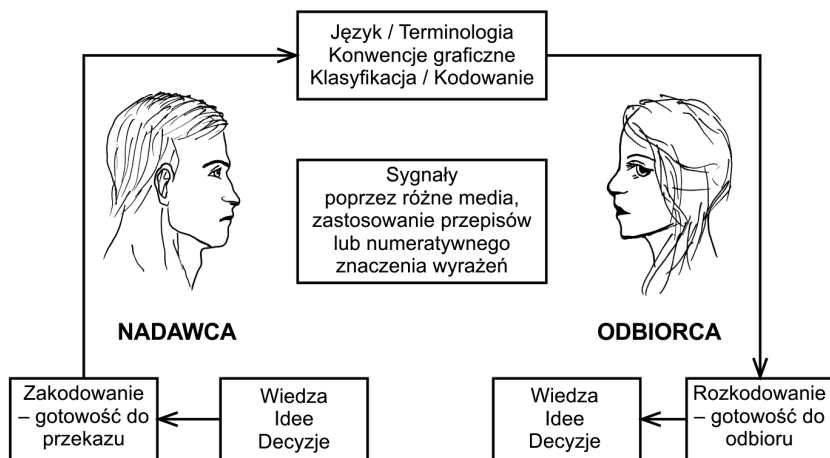


Rys. 2.1. Schematyczne przedstawienie przepływu informacji w procesie inwestycyjnym

Struktura przepływu informacji przedstawiona na rys. 2.1 jest bardzo uproszczona i umowna. Pokazuje jedynie ogólne kierunki i intensywność przepływu informacji. Procesy te mogą się różnić w zależności od rodzaju inwestycji, zmieniają się również w czasie w kolejnych jej fazach.

Informacja jest wytwarzana i wymieniana na każdym etapie procesu inwestycyjnego. Każdy uczestnik tego procesu wytwarza pewną ilość informacji i wymienia ją z innymi uczestnikami. Możliwość wymiany informacji jest warunkiem koniecznym do przeprowadzenia procesu inwestycyjnego. Jej ilość, a także ilość

połączeń pomiędzy uczestnikami procesu, w których następuje wymiana, zwiększa się gwałtownie przy przejściu do każdej kolejnej fazy inwestycji. Ponieważ wytwarzane i wymieniane informacje dotyczą wielu różnych, najczęściej bardzo specjalistycznych dziedzin, a także są wytwarzane i przechowywane w różnej postaci i na różnych nośnikach, do jej wymiany niezbędne jest wykorzystanie odpowiednich narzędzi, które zapewnią, że dotrze ona do właściwego odbiorcy, i że będzie on w stanie ją właściwie zrozumieć. Każdy proces komunikacji zakłada, że nadawca i odbiorca uczestniczą w tej samej wspólnocie komunikacyjnej.



Rys. 2.2. Proces wymiany informacji na każdym etapie procesu inwestycyjnego (Tarczewski 2014b)

Każda informacja jest generowana przez jej autora – uczestnika procesu budowlanego (*Nadawcę*) i odpowiada wytworzonym przez niego *Ideom* i podjętym *Decyzjom*. Jej forma zależy od zakresu aktywności autora w ramach procesu inwestycyjnego i posiadanej przez niego *Wiedzy*. Wysłanie takiej informacji do *Odbiorcy* wymaga zakodowania umożliwiającego jej transfer. Odbywa się to poprzez specjalistyczny *Język*, który zawiera odpowiednią *Terminologię* oraz przez powszechnie akceptowane *Konwencje Graficzne*, *Normy*, *Systemy Klasyfikacji*, *Kodowanie* i *Opisy Tekstowe*. Odbiorca rozkodowuje otrzymaną informację używając tych samych narzędzi i wtedy jest gotów do jej percepcji. Musi on zamienić ją na swoje własne *Idee* i *Decyzje* i uzupełnić swój stan *Wiedzy*. Ten proces jest przedstawiony graficznie na rys. 2.2. Taka organizacja procesu wymiany informacji umożliwia jej wymianę pomiędzy specjalistami z zupełnie różnych dziedzin i specjalności (Tarczewski 2014b). Prosty przykład praktycznym przebiegu tego procesu jest przesłanie przez inżyniera konstruktora informacji na temat sposobu wykonania połączenia części składowych stalowego elementu konstrukcyjnego do rzemieślnika-spawacza, który te połączenia ma wykonać. Nośnikiem zakodowanej informacji jest w tym wypadku rysunek roboczy. Dla nadawcy zawiera on informacje o cechach spoin istotnych ze względu na cechy wy-

trzymałościowe przyjęte w modelu obliczeniowym, a dla odbiorcy – informacje o sposobie ukosowania krawędzi blach, rodzaju elektrod i sposobie ich prowadzenia w ściegu itp. Jest to możliwe dzięki temu, że rysunek został sporządzony w przyjętej konwencji graficznej i odwołuje się do powszechnie znanych i akceptowanych norm. Warto zauważyć, że proces komunikacji wymaga również zamiany ról między nadawcą i odbiorcą.

2.1.2. Sposoby modelowania obiektów budowlanych

2.1.2.1. Znaczenie terminu „modelowanie obiektów budowlanych”

Wymiana informacji w procesie inwestycyjnym oznacza w istocie, że każdy z jego uczestników tworzy na swoje potrzeby, a także na potrzeby komunikacji z innymi uczestnikami, własny model powstającego obiektu. Interoperacyjność tych modeli jest odrębnym zagadnieniem, które będzie poruszone w dalszej części tego rozdziału. Należy tu wprowadzić rozróżnienie dwóch znaczeń, w jakich termin „modelowanie obiektów budowlanych” może być stosowany.

Pierwsze znaczenie odnosi się do przedstawionego powyżej procesu wymiany informacji i jej kodowania za pomocą przyjętego zespołu umownych konwencji. Drugie znaczenie jest węższe i dotyczy bezpośrednio tworzenia modeli, czyli „obrazów” budynku lub ich części na potrzeby szczegółowych zadań projektowych lub realizacyjnych. W tym znaczeniu modelowanie będzie przykładowo oznaczało: dla architekta – przygotowanie geometrycznej reprezentacji budynku, dla konstruktora – przygotowanie modelu lub kilku modeli do obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, dla specjalisty od kosztorysowania – przygotowanie specyfikacji, przedmiarów robót i wstępnych kosztorysów, a dla konsultanta od spraw finansowych – opracowanie finansowego modelu inwestycji. Oczywiście, modele te zazwyczaj fundamentalnie różnią się od siebie i tylko część zawartych w nich informacji może być wymieniana z innymi uczestnikami procesu inwestycyjnego. Przykładem może być model używany przez konstruktora zawierający np. informacje o przyjętej idealizacji schematu statycznego i podziale na elementy skończone, które nie są przydatne dla innych specjalistów i nie będą wymieniane. Jak wspomniano, pomimo wielu wysiłków i inicjatyw, pełna interoperacyjność tych modeli jest jeszcze kwestią przyszłości.

2.1.2.2. Sposoby modelowania obiektów budowlanych

O tym, że możliwość i sposób zrozumienia zachodzących zjawisk zależy od języka, za pomocą którego są opisywane, wiadomo co najmniej od czasu, kiedy kwestia ta została podniesiona na gruncie filozofii. Pisał o tym Ludwig Wittgenstein w tezie 5.6 swojego głównego dzieła „...granice mojego języka oznaczają granice mojego świata” (Wittgenstein 2018), Martin Heidegger zauważył zaś, że „...słowa i język nie są żadnymi gilzami, w które rzeczy pakuje się tylko w celu po-

rozumienia się w mowie i piśmie. Dopiero w słowie, w języku rzeczy stają się i są” (Heidegger 2006). Stwierdzenia te zachowują słuszność również na gruncie modelowania obiektów budowlanych. Ponieważ, jak wskazano powyżej, warunkiem realizacji każdego obiektu jest możliwość wymiany informacji pomiędzy jego uczestnikami, a ta wymaga stworzenia jego odpowiednich modeli, wszelkie ograniczenia narzucane przez modelowanie, które pełni w tym przypadku rolę Wittgensteinowskiego języka, ograniczają możliwości twórcze i realizacyjne uczestników.

Ograniczenia w modelowaniu mogą wynikać zarówno z ograniczeń modelu teoretycznego z którego korzystamy, jak i z właściwości medium bądź techniki modelowania. Pierwsze z tych ograniczeń można zilustrować za pomocą przywołanego wcześniej przykładu modelu konstrukcji w metodzie elementów skończonych. Pomimo ogromnego rozwoju tej metody i bardzo szerokiego zakresu zastosowań, wciąż występują w niej pewne ograniczenia, które przekładają się na zakres możliwej do przeprowadzenia analizy. Tym samym zawężają one zakres kształtowania obiektu, wyłączając stosowanie rozwiązań, które nie mogą być właściwie przeanalizowane.

Przykładem ograniczenia w kształtowaniu wynikającego ze specyfiki języka-nośnika są odwzorowania kartograficzne. Stosujemy różne metody (projekcje) aby przedstawić kulę na płaszczyźnie, albowiem naszym językiem jest głównie (a do niedawna – wyłącznie), dwuwymiarowy rysunek. Gdybyśmy mogli bezpośrednio operować wygodnym modelem trójwymiarowym, nie byłoby to potrzebne.

W efekcie wielowiekowego rozwoju, wypracowane zostały różne sposoby modelowania obiektów budowlanych. Różnią się one techniką wykonania, zakresem zastosowania i przeznaczeniem, co przedstawiono w tab. 2.1. (Tarczewski 2014a). Zaskakujące jest, że niektóre z technik modelowania pojawiły się historycznie bardzo wcześnie i nie zmieniły się istotnie w ciągu kilku tysięcy lat.

Tabela 2.1. Ogólny podział sposobów modelowania obiektów budowlanych

Technika wykonania	Zakres zastosowania	Przeznaczenie
• fizyczne	• architektoniczne	• ocena i uszczegółowienie projektu
• graficzne 2D	• konstrukcyjne	• pozwolenie na budowę
• graficzne 3D	• instalacyjne	• proces realizacji
• numeryczne	• technologiczne	• zarządzanie nieruchomością
• tekstowe	• ekonomiczne	
• obiektowo zorientowane	• inne	

2.1.3. Kontekst historyczny modelowania obiektów budowlanych

Poniżej przedstawiono przegląd najważniejszych etapów kształtowania się sposobów modelowania obiektów budowlanych w ujęciu historycznym. Pokazuje ono, że proces ten trwa nieprzerwanie od czasów prehistorycznych do dzisiaj.

Najwyraźniej głęboką potrzebą człowieka jest graficzne przedstawianie swojego miejsca schronienia, domu, a stopniowo także innych obiektów, skoro zaczął to robić już wtedy, gdy chroniąc się przed warunkami atmosferycznymi, przeszedł od początkowej fazy poszukiwania schronienia w naturalnych miejscach do budowy prymitywnych chat.

Kiedy w następnej fazie rozpoczął budowę obiektów, które można nazwać (zgodnie z naszą obecną terminologią) domami, narodziło się budownictwo – jeden z bardzo ważnych obszarów ludzkiej działalności. Następnie pojawili się wyspecjalizowani rzemieślnicy zajmujący się budowaniem nie tylko dla własnych celów, ale przede wszystkim dla potrzeb innych. Niemal natychmiast pojawił się problem wymiany informacji, który doprowadził do tego, co dziś nazwalibyśmy „modelowaniem obiektów budowlanych”.

2.1.3.1. Artefakty paleolityczne

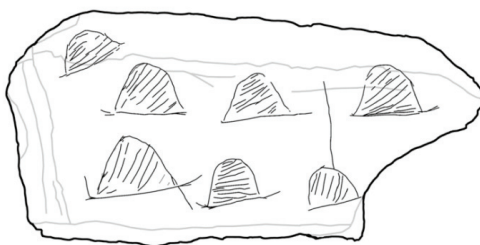
Do niedawna powszechnie uważano, że w epoce paleolitu sztuka obejmowała głównie figuratywne przedstawienia zwierząt, a znacznie rzadziej postaci ludzkie. Ostatnie odkrycia artefaktu z epoki górnego paleolitu, dokonane w 2015 roku pod skalnym nawisem Molí del Salt, w północno-wschodniej części Półwyspu Iberyjskiego, zaprzeczają temu przekonaniu. Okazuje się, że anonimowi twórcy sprzed około czterestu tysięcy lat odczuwali potrzebę graficznej reprezentacji swojego obozowiska, rys. 2.3, poświęcając na to swój czas i wysiłek. Znaleziona płyta łupkowa pokazuje chaty społeczności łowiecko-zbierackich wraz z głównymi cechami środowiska, dzięki czemu możliwa jest rekonstrukcja przestrzennego układu zabudowy. Mimo konturowego charakteru wyrytego rysunku, jest on wyraźny i czytelny (García-Diez i Vaquero 2015).

2.1.3.2. Zapisy budynków ze starożytnej Mezopotamii

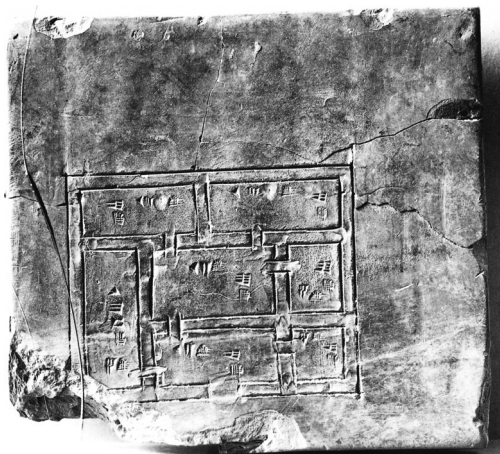
Liczne, zachowane do czasów współczesnych rysunki budynków pozwalają umieścić początki modelowania obiektów budowlanych w starożytnej Mezopotamii. Najstarsze znaleziska z tego okresu pochodzą z bardzo odległych czasów – okresu neosumeryjskiego. Obejmują one rysunki rzutów budynków z opisami, wykonane na tabliczkach glinianych. Ich liczba i wielkość są zdumiewające i nie mają wcześniejszych odpowiedników (Heisel 1998).

Ówczesne metody modelowania obiektów budowlanych obejmują: „...przykłady tworzenia specyficznej dokumentacji o szerokim spektrum typów: istniejące plany, plany i elewacje, modele, ilości, umowy o dostawy, raporty z produkcji niezakończonych, zapisy warsztatowe, teksty metrologiczne, napisy dedykacyjne i umowy sprzedaży budynków” (Gelder 2002). Ówczesne technologie, zarówno budowlane, jak i wymiany informacji, były oparte na glinie. Znaleziono około pięciu tysięcy tego rodzaju tabliczek. Do dzisiaj zachowało się około trzydziestu tabliczek z planami budynków mieszkalnych, świątyń i zigguratów. Rysunki przedstawiają plany, plany z elewacjami i opisy. Niektóre plany podają wymiary, czasami również nazwy pomieszczeń: „Wiele tabliczek przedstawia ściany jako parę równoległych linii, z drzwiami pokazanymi ja-

ko przerwa w ścianie. Niektóre pokazują ściany jako pojedyncze linie, z otworami zaznaczonymi przez kreski na liniach” (Gelder 2002).



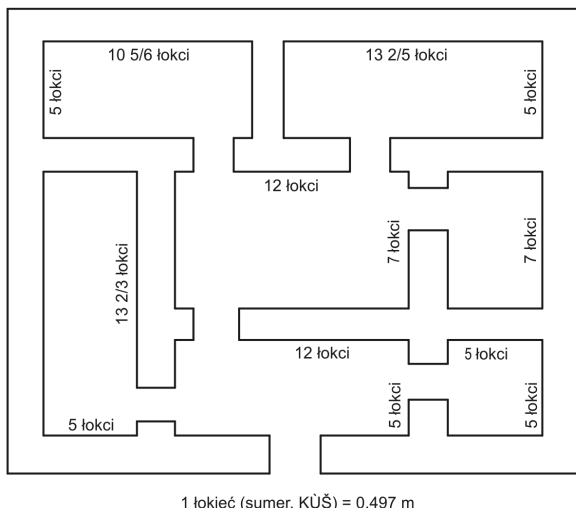
Rys. 2.3. Rysunek paleolityczny przedstawiający obozowisko z Molí del Salt w Hiszpanii²¹: oryginalny artefakt (u góry) i odrys (u dołu)



Rys. 2.4. Tabliczka gliniana z okresu neosumeryjskiego (ok. 2200÷2000 p.n.e.), przedstawiająca rzut budynku mieszkalnego w Ummi²²; z kolekcji Vorderasiatisches Museum w Berlinie, numer katalogowy – VAT 7031

²¹ Ilustracja za: (García-Diez i Vaquero 2015).

²² Ilustracja za: (Heisel 1998).



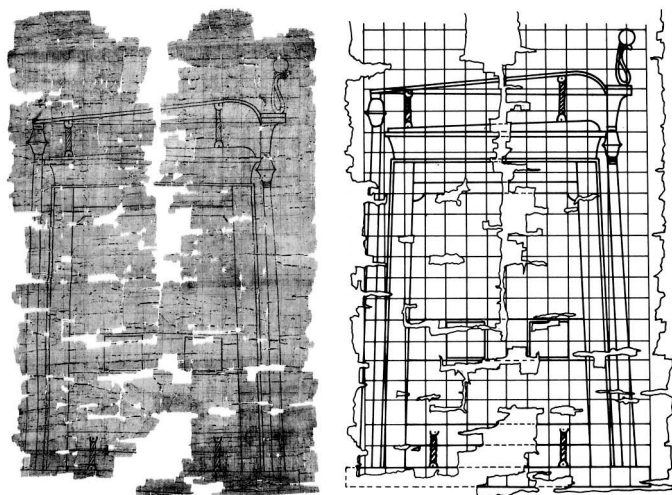
Rys. 2.5. Plan z tabliczki na rys. 2.4, przerysowany zgodnie z oryginalnymi proporcjami i przetłumaczony²³

Doskonałym przykładem takiej dokumentacji jest tabliczka gliniana z Ummy, z okresu neosumeryjskiego (ok. 2200÷2000 p.n.e.), o wymiarach 12×11,3 cm, przedstawiająca rzut budynku mieszkalnego. Widoczny jest na niej nie tylko rysunek wykonany w konwencji niemal identycznej jak stosowana obecnie, lecz także opisy z wymiarami podanymi w łokciach. Rysunek 2.4 przedstawia widok tabliczki, a rys. 2.5 – plan budynku przerysowany zgodnie z oryginalnymi proporcjami i wymiarami przetłumaczonymi z pisma klinowego.

2.1.3.3. Rysunki architektoniczne w starożytnym Egipcie

Podobnie jak w kulturze Mezopotamii, również starożytni Egipcjanie stosowali przedstawienia budynków na rysunkach. Wykonywano je za pomocą tuszu na papirusie, czasami na kamieniu, najczęściej dotyczyły one oficjalnych budowli państwowych, świątyń i – bardzo często – królewskich grobów. Przykładami mogą być groby Ramzesa IV i Ramzesa IX w Dolinie Królów. Poniżej przedstawiony jest przykład takiego rysunku, przedstawiający elewację boczną świątyni w Abu Gurab, datowany na okres XVIII–XIX dynastii (ok. 1567÷1200 p.n.e.), rys. 2.6. Sporządzony jest czerwonym i czarnym tuszem na papirusie o wymiarach 53,5×84,5 cm. W odróżnieniu od Mezopotamii, w Egipcie nie znajduje się tego rodzaju dokumentacji sporządzonej dla budynków prywatnych.

²³ Opracowanie własne za: (Heisel 1998).



Rys. 2.6. Elewacja boczna świątyni w Abu Gurab, z okresu XVIII–XIX dynastii²⁴:
po lewej – oryginalny rysunek, po prawej – rysunek przerysowany z oryginału;
z kolekcji London University College, Petrie Museum, numer katalogowy – 27934ii

2.1.3.4. Greckie kontrakty budowlane

Specyfika praktyki architektonicznej w starożytnej Grecji znalazła wyraz nie tylko we wspaniałych budynkach, z których wiele przetrwało do naszych czasów. Także modelowanie tych obiektów było inne niż w przypadku opisywanych powyżej Mezopotamii i Egiptu, co prawdopodobnie mogło wynikać w pewnym stopniu z demokratycznej organizacji społeczeństwa.

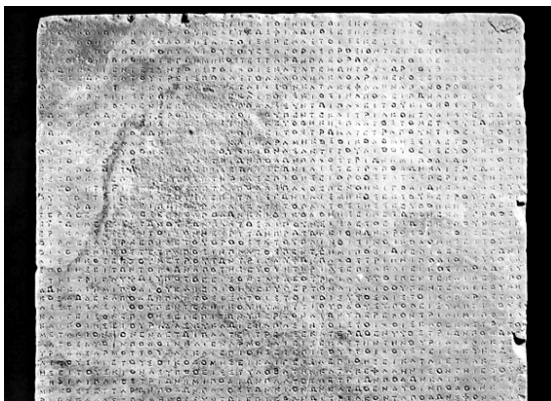
Niezwykle wysoka jakość, charakteryzująca starożytne budynki greckie i rzymskie, opierała się na pewnych ustalonych regułach budowlanych, które były znane i jednoznacznie rozumiane przez wszystkich zajmujących się budownictwem. Zasady te, nazwane *paradeigmata*, były przede wszystkim praktyczne, ale także teoretyczne lub estetyczne. Dzięki wspólnej znajomości i zastosowaniu tych zasad udało się ograniczyć modelowanie budynków jedynie do opisu tekstowego. Szczególną cechą modelowania obiektów budowlanych w starożytnej Grecji było to, że ustne i pisemne opisy (*syngraphē*) odgrywały w dokumentacji i przy prezentacji projektów, ważniejszą rolę niż w innych starożytnych kulturach²⁵.

Wśród najstarszych dokumentów tekstowych dotyczących budowy budynku jest zachowana w pełni specyfikacja ateńskiego arsenału floty wojennej (*skeuothekē*) w Pireusie, wówczas nazywanym Zea, w którym stacjonowały okręty wraz z ich wyposażeniem. Tak zwana Inskrypcja Arsenału pochodzi z lat 347–346 p.n.e.

²⁴ Ilustracja za: (Heisel 1998).

²⁵ Prawdopodobnie najstarszym odniesieniem do specyfikacji jest wzmianka Plutarcha o kontraktach sporządzonych przez greckiego architekta Kallikratesa dla świątyni Ateny Nike (Nike Apteros) na ateńskim Akropolu w V w. p.n.e. (Gelder 2001; Roth i Clark 2013).

Jest to stela, wycięta z niebiesko-szarego marmuru, o długości 54 cm, szerokości 10 cm i wysokości 116 cm, rys. 2.7, a została znaleziona w 1882 roku w Pireusie. Jest bardzo dobrze zachowana, obecnie znajduje się na wystawie stałej w Muzeum Epigraficznym w Atenach.



Rys. 2.7. Górna część steli z Inskrypcją Arsenau
– dokumentem kontraktowym na budowę arsenału floty wojennej²⁶

Inskrypcja składa się z dziewięćdziesięciu sześciu starannie wyrzeźbionych linii, spośród 5161 liter tylko 24 są nieczytelne i mogą być z pewnością interpolowane. Jest to oficjalny dokument – kontrakt pomiędzy miastem a Filonem z Eleusis i Euthydomosem z Aten, zawierający warunki budowy *skeuotheke* i opisujący szczegółowo architekturę budynku i wymagania techniczne stawiane przez inwestora – miasto. Zawiera także zatwierdzony budżet budowy oraz specyfikacje techniczne: przewidziane do stosowania materiały, główne wymiary budynku, tryb budowy i wszystkie wymiary bloków i belek. Opisuje nawet takie szczegóły procesu budowlanego, jak sposób zapłaty pracownikom²⁷.

²⁶ Ilustracja za: stroną internetową Ministerstwa Kultury Grecji http://odysseus.culture.gr/h/4/eh430.jsp?obj_id=4545 (dostęp: 02.09.2016).

²⁷ Fragment tekstu Inskrypcji Arsenau w Pireusie: „Bogowie: Specyfikacje (syngraphai) Etydemosa, syna Demetriosa z Melity, syna Exekestidesa z Eleusis, dla kamiennego arsenału do przechowywania sprzętu marynarki wojennej. W Zea zostanie zbudowany arsenał dla sprzętu marynarki, zaczynający się od propylejów na rynku i biegnący za hangarami dla okrętów, które mają wspólny dach. Długość wynosi cztery plethora (około 405 stóp), szerokość 50 stóp lub 55 stóp ze ścianami. Grunt na miejscu należy zebrać o 3 stopy, gdzie jest najwyższy i wyrównać w innych częściach. Na tym obszarze należy ułożyć warstwę murów fundamentowych na równą wysokość, całość wyrównana do poziomowi. Fundamenty zostaną przedłużone, tak aby wspierać pomosty, do odległości 15 stóp od ścian, wliczając grubość pomostu. W każdym rzędzie znajdzie się 35 pomostów, które będą ustawione w taki sposób, aby pozostawić przejście publiczne przez środek arsenału. Dwa przejścia powinny być otwarte na każdym końcu arsenału, każde o szerokości 9 stóp. A na obu końcach między drzwiami, należy zbudować ścianę środkową szerokości 2 stóp i biegnącą 10 stóp do wnętrza...

Wykopaliska archeologiczne prowadzone w Pireusie w ostatnim stuleciu potwierdziły istnienie arsenału w kształcie opisanym przez inskrypcję. Długie doki dla trier mogły pomieścić około czterystu okrętów (Kostof 2000). W 2002 roku powstała w Danii inicjatywa The Zea Harbour Project, której celem jest przeprowadzenie szczegółowych badań archeologicznych i źródłowych arsenału oraz rekonstrukcja jego formy²⁸. Uczestnicy projektu nawiązują do prac jednego z pierwszych badaczy arsenału, Vilhelma Marstranda (Marstrand 1922).

Inny zachowany znakomity przykład starożytnej greckiej specyfikacji dotyczy budowy *stoa* w kompleksie świątynnym Eleusis. Jego architektem był Filon, ten sam, który wybudował wcześniej arsenał floty. Pochodząca z 318 r. p.n.e. inskrypcja, również zapisana na kamiennej steli, jest jeszcze bardziej szczegółowa niż poprzednia. Podaje na przykład szczegółowe wymagania co do miejsca pochodzenia, składu i jakości brązu użytego w łącznikach bębnow kolumn (*empolia* i *poloi*) oraz sposobu ich wykonania. Dokładność opisu zawartego w specyfikacji pokazuje, jak długie i szczegółowe musiały być przygotowania do tak dużej inwestycji, niezwykle jest w tym przypadku również to, że kontrakt obejmował nie tylko ogólne warunki wykonania budynku i wymagania technologiczne, lecz także – wg dzisiejszej technologii – warunki zapewnienia jakości (QA – *Quality Assurance*) (Hovgaard 1926; Papangeli 2002; Hahn 2001).

Badacze są generalnie zgodni co do tego, że oprócz specyfikacji, które pełniły rolę dokumentów kontraktowych i specyfikacji technicznych w dzisiejszym rozumieniu, starożytni Grecy architekci musieli posługiwać się również modelami fizycznymi i rysunkami. W przytoczonym fragmencie tekstu Inskrypcji Arsenału jest mowa o modelu, który dostarczy architekt. Nie zachowały się jednak do czasów współczesnych żadne większe fragmenty papirusów bądź tabliczek glinianych z rysunkami architektonicznymi. Przypuszcza się, że mogły one być wykonywane na płytkach terakotowych, jednak również brak jest artefaktów. Witruwiusz w swoim dziele (Witruwiusz 1999) wyraźnie wspomina o konwencjach graficznych stosowanych przez Greków: planach, elewacjach itd. Istnieją również zapisy dotyczące świątyni Ateny Nike na Akropolu ateńskim, wprost od-

Wysokość ścian powinna wynosić 27 stóp, wliczając tryglif pod gzymsem, a wysokość drzwi powinna wynosić 15 stóp. Nadproża z marmuru pentelickiego powinny być ustawione na miejscu, długości 12 stóp, szerokie jak ściany i wysokie na dwie warstwy; zostanie to zrobione po tym, jak wmurowane zostaną futryny z marmuru z pentelickiego lub hymmetyjskiego i progi z marmuru hymmetyjskiego. Wszędzie będą okna, w każdej ścianie naprzeciwko każdej interkolumnacji, a trzy na szerokości z każdego końca. I do każdego okna zostaną zamontowane brązowe okiennice o odpowiedniej wielkości ...Epistyl będzie wykonany z drewna i będzie przymocowany do szczytów pomostów...

Aby w arsenale była zapewniona wentylacja, przy układaniu warstw należy zostawić puste przestrzenie między blokami, tam, gdzie wskaże architekt. Wszystkie te czynności zostaną wykonane przez wykonawców zgodnie ze specyfikacjami i pomiarami oraz modelem, który architekt dostarczy, i będą oni wykonywać dostawę w terminach uzgodnionych w umowie dla każdego zlecenia”. Tłumaczenie własne za: (Kostof 2000).

²⁸ Strona internetowa The Zea Harbour Project: <http://www.zeaharbourproject.dk> (dostęp: 02.09.2016).

noszące się do wykonywania rysunków (*graphsai*). Wiadomo też, że rzeźbiarz Agathanor wykonał z wosku model Erechtejon, dla celów prezentacji wyglądu przyszłego obiektu (Hahn 2001; Kostof 2000). Bardzo rzadko zdarzało się również, że rysunki detali były wykonywane na miejscu budowy, jako wyrzyte w kamieniu. Służyły one rzemieślnikom jako dokumentacja i rodzaj szablonu dla poszczególnych elementów. Zachował się rysunek entablatury ze szczegółami okapu dla świątyni Apollina w Didymie. Jest on wyrzyty w kamieniu i ma wymiary 1200×200 cm.

2.1.3.5. Od renesansowego przełomu w modelowaniu budynków do czasów współczesnych

Przytoczone powyżej przykłady pozwalają stwierdzić, że na rozwój sposobów modelowania obiektów budowlanych duży wpływ miało zastosowanie różnego rodzaju nośników – mediów. Okres średniowiecza nie wniósł istotnego wkładu w rozwój technik modelowania, pomimo że powstawały wtedy wielkie i złożone budynki – katedry, zamki itp. Jednak niektóre procesy zainicjowane w tym okresie doprowadziły do szybkiego rozwoju technik modelowania w następującym po nim okresie renesansu.

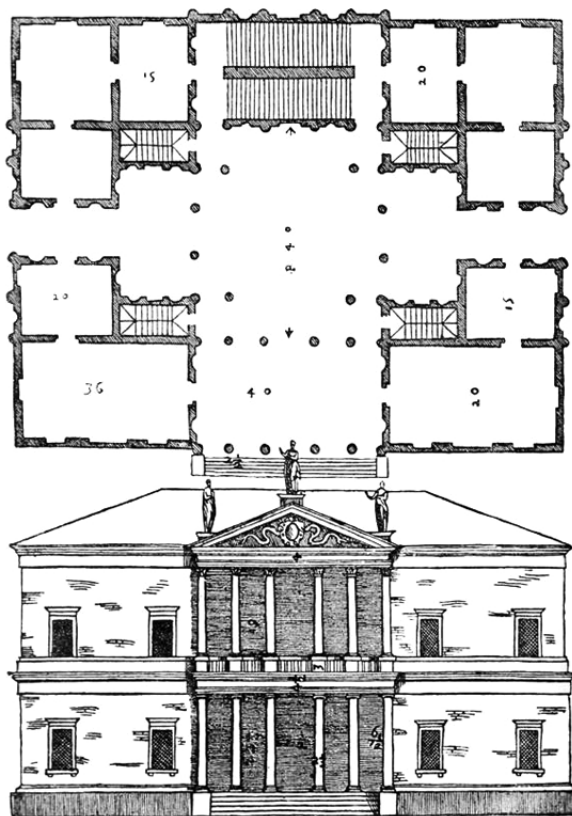
Renesans był przełomowy w tym znaczeniu, że wyznaczył zwrot pomiędzy starą a nową tradycją. Opracowane wówczas techniki są prekursorami dla technik stosowanych współcześnie. Ujawniło się to przede wszystkim poprzez zastosowanie innowacji, zarówno technicznych, jak i koncepcji intelektualnych. Obejmowały one szerokie zastosowanie papieru na bazie bawełny, wprowadzenie druku, stosowanie ołówków z grafitu, opracowanie i rozwinięcie rysunku perspektywicznego i rzutowania prostokątnego, przyjęcie i szerokie wykorzystanie liczb arabskich oraz standaryzacja jednostek długości. Jednocześnie modele fizyczne przestały odgrywać podstawową rolę w wymianie informacji i stały się jedynie uzupełnieniem dla nowych, wiodących technik (Gelder 1996, 2001; Petroski 2002).

W epoce renesansu wciąż jednak były używane, czasem bardzo wyrafinowane i złożone modele fizyczne budynków, wykonane dokładnie w dużej skali. Przykładem może być model kopuły Bazyliki Św. Piotra w Rzymie, wykonany przez Michała Anioła Buonarrotiego. Modele fizyczne renesansu można uznać za ostatnie (przed czasami współczesnymi) zintegrowane modele budynków. Zawierały one kompletne informacje dotyczące zarówno formy architektonicznej, jak i wszystkich szczegółów, a także informacje na temat systemu strukturalnego²⁹. Ta jedność została utracona w miarę postępu specjalizacji uczestników procesu inwestycyjnego.

Ciekawym aspektem tego procesu jest fakt, że podobnie jak w starożytnej Grecji, milcząco przyjmowano istnienie pewnej wspólnoty technologiczno-estetycznej, odpowiednika dawnych *paradeigmata*. To wspólne rozumienie za-

²⁹ Wiadomo, że Filippo Brunelleschi zlecił stolarzowi imieniem Bartolomeo wykonanie modelu katedry Santa Maria del Fiore we Florencji. Wykonany model był tak precyzyjny, że można było na nim zobaczyć wszystkie wewnętrzne przejścia, analizować wpadające światło itp. (Frommel 1994).

gadnień technicznych i estetycznych – niewątpliwie zróżnicowane geograficznie – ale istniejące, pozwalało na daleko idące uproszczenie w sporządzanym modelu budynku. Widać to na przykładzie opracowanego przez Andrzeja Palladia, projektu domu w Weronie, rys. 2.8 (Palladio 1955).



Rys. 2.8. Projekt domu w Weronie, Andrea Palladio³⁰

Autor mógł ograniczyć projekt do wprowadzenia starannego, ale stosunkowo uproszczonego (wg współczesnych kryteriów) rzutu i elewacji z ledwie zaznaczonymi detalami dekoracji. Cała przestrzeń pomiędzy tymi rysunkami a rzeczywistym budynkiem była wypełniana zgodnie ze znajomością rzemiosła i zwyczajów, a niewątpliwie także w bezpośrednim kontakcie architekta z wykonawcą.

Nowe możliwości prezentacji i upowszechniania informacji stworzone przez nową technologię – druk, pozwoliły na szerokie wykorzystanie osiągnięć wybitnych autorów i teoretyków architektury przez wielu początkujących adeptów zawodu. Książki drukowane mogą zawierać dużą ilość wysokiej jakości ilustracji,

³⁰ Rysunek za: (Palladio 1955).

przez co stają się źródłem wiedzy wcześniej dostępnej tylko dla nielicznych. Właśnie wspomniany Palladio dostarcza tu doskonałego przykładu. Jego książka *I quattro libri dell' architettura*, (Palladio 1955), wydana po raz pierwszy w Wenecji w 1570 r., została przetłumaczona na wiele języków, stając się inspiracją i podręcznikiem nie tylko dla włoskich, lecz także francuskich, niemieckich i angielskich architektów, ugruntowując i popularyzując styl palladiański.

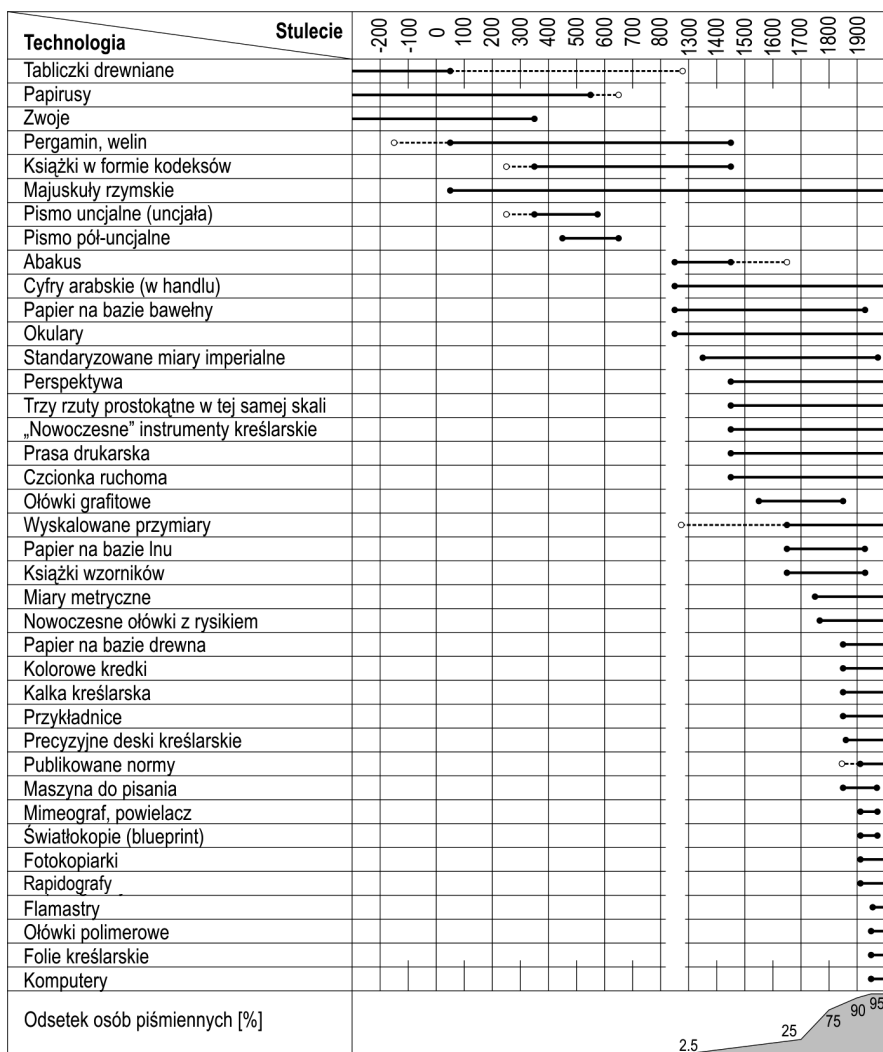


Rys. 2.9. Ewolucja instrumentów kreślarskich³¹: po lewej – kieszonkowy przyborek kreślarski z 1782 r., po prawej – elipsograf z 1815 r.

Po rewolucji renesansowej postęp w technikach modelowania miał raczej ewolucyjny charakter. Stopniowo doskonalone były narzędzia do sporządzania modeli graficznych. Poczynając od XVIII w. przyjmują one coraz bardziej wyrafinowane formy i stają się coraz bardziej precyzyjne, rys. 2.9. Jednocześnie twórcze rozwinięcie znanego już wcześniej rzutowania prostokątnego doprowadziło do wypracowania spójnej koncepcji rysunku technicznego (Hambly 1988).

Ten ciągły, acz jednostajny rozwój uległ gwałtownemu przyspieszeniu około połowy XX w., wraz z pojawieniem się komputerów, stopniowo również innych urządzeń produkowanych przez przemysł elektrotechniczny i elektroniczny: kopiarek optycznych, drukarek biurowych, skanerów itp. W tym czasie zmieniło się też ogólne podejście do informacji i jej przetwarzania, o czym będzie mowa dalej. Stworzyło to podstawy do zmiany obowiązującego dotychczas paradygmatu projektowania w architekturze.

³¹ Ilustracja za: (Hambly 1988).



Rys. 2.10. Najważniejsze etapy rozwoju technik modelowania budynków

Na rysunku 2.10 przedstawiono główne etapy, „kamienie milowe” rozwoju technik modelowania budynków dla wymiany informacji w procesie inwestycyjnym od starożytności do czasów współczesnych. Wart uwagi jest wzrost odsetka osób piśmiennych z 2,5% w XIII w., przez 25% w wieku XIX, do 95% współcześnie (Gelder 1996, 2001). Oczywiście grupa najbardziej wykształconych uczestników procesu inwestycyjnego – architekci, a później również inżynierowie, nie tylko byli piśmienni, ale ich wykształcenie pozwalało im w pełni korzystać ze wszystkich nowych technik. Jednak aby mogli to robić efektywnie, po drugiej stronie, po stronie Odbiorcy, musiały się znajdować również osoby, które mogły

się tymi technikami posługiwać. Umiejętność czytania zasadniczo likwidowała bariery przed rzemieślnikami pracującymi w budownictwie, czyniąc z nich pełnoprawnych partnerów Nadawców informacji.

Powiązanie rozwoju technik modelowania budynków i narzędzi do jej wymiany pozwala zauważyć, w jaki sposób przesunął się środek ciężkości w sposobie percepcji modelu obiektu architektonicznego.

W starożytności i średniowieczu podstawowym nośnikiem dla zapisu i transmisji danych była komunikacja werbalna, a nie wizualna. Wynikało to z dwóch przyczyn. Po pierwsze, z braku ustalonych formalnych reguł sporządzania rysunków, dzięki którym każdy artysta patrzący na pewien obiekt, przedstawiłby go w ten sam sposób na rysunku, a każdy odbiorca patrzący na rysunek widziałby na nim ten sam obiekt. Po drugie, nie była dostępna technologia sporządzania identycznych kopii, zatem każda kolejna kopia rysunku zależała od indywidualnych umiejętności kopisty.

Sytuacja zmieniła się radykalnie w epoce renesansu wraz z odkryciem perspektywy i druku. Po wielu stuleciach, kultura Zachodu stała się zdecydowanie „wizualna” we wszystkich aspektach, jednak obecnie sytuacja ta po raz kolejny gwałtownie się zmienia. Dzisiaj globalna technologia i kultura przechodzą od formy wizualnej do przestrzennej, od 2D do 3D, od projekcji perspektywicznej do wolumetrycznej chmury punktów (Carpo 2017a).

2.2. Nowe techniki modelowania a forma architektoniczna

2.2.1. Poszukiwanie nowego języka formy

W poprzednim rozdziale zwrócono uwagę na znaczenie, jakie rozwój metod i narzędzi modelowania informacji o obiekcie architektonicznym miał dla wymiany informacji pomiędzy uczestnikami procesu inwestycyjnego. Równie wielkie znaczenie ma on również dla kreowania formy samego obiektu.

Epoka baroku (a częściowo także wcześniejszego manieryzmu) była przełomowa dla rozwoju formy w sztuce. Charakterystyczna dla niej nadmiarowość, granicząca z przesadą, pewna ekscentryczność i obfitość szczegółów kontrastowały z czystą i trzeźwą racjonalnością antyku i czerpiącego zeń renesansu. Znalazło to również odzwierciedlenie w architekturze. Ograniczenia techniczne nie pozwalały jednak na stosowanie do całych budynków równie swobodnych form, jak to było możliwe na przykład w dziełach rzeźbiarskich³² (Pevsner 1979; Koch 1996).

³² A [w filarach bazyliki św. Piotra, na których spoczywa kopuła centralna] „... zobaczymy masy muru o przyniatającym majestacie, głęboko drążone jakby ręką rzeźbiarza. Traktowanie

Nowe możliwości w kształtowaniu form architektonicznych otworzyły się dopiero wraz z nadejściem rewolucji technicznej i – zachodzącej mniej więcej w tym samym czasie – rewolucji w metodach projektowania. W XIX w. zaczęto coraz szerzej stosować stal (wówczas zdecydowanie różniącą się od stali współczesnej) w budownictwie, a wraz z wprowadzeniem produkcji w procesie Bessemera w 1855 r. można mówić o jej upowszechnieniu³³. Zastosowanie stali jako podstawowego materiału konstrukcyjnego umożliwiło powstanie tak pięknych i przełomowych, jeśli chodzi o formę architektoniczną obiektów, jak Crystal Palace w Londynie (1851), czy wcześniej – mostów wiszących (linowe – w latach dwudziestych XIX w. we Francji, łańcuchowe – w końcu XVIII w. w Anglii). Zastosowanie stali umożliwiło także umasowienie budownictwa mieszkaniowego, które zaczęto realizować jako wielokondygnacyjne, ze stropami na belkach stalowych (Knothe 2017).

Jednocześnie, potrzeby infrastrukturalne rozwijających się gospodarek doprowadziły do powstania nowych koncepcyjnie lub szybkiego rozwoju znanych systemów konstrukcyjnych. Konieczność budowy mostów i wiaduktów kolejowych, szczególnie w Ameryce Północnej zaowocowała gwałtownym rozwojem konstrukcji kratownicowych, które powstawały w nowych odmianach i w coraz większej skali.

Kolejnym materiałem, którego wprowadzenie oznaczało przełom w rozwoju konstrukcji, a przez to również w rozwoju form architektonicznych, był żelbet. Obiekt taki jak Hala Stulecia we Wrocławiu (1913) nie mógłby powstać bez tego przełomu. Wprowadzenie betonu zbrojonego otworzyło możliwości kształtowania form „płynnych”, ciągłych, miękkich. Było to tworzywo, którego zabrakło twórcom okresu baroku. Jacek Knothe zauważa, że „po raz kolejny w historii potwierdziło się proste uzależnienie awangardy architektury od postępu technicznego” (Knothe 2017).

Wiek XIX to również okres stabilizowania się wiedzy z dziedziny projektowania konstrukcji. Istniały już mocne podstawy wiedzy z zakresu mechaniki budowlanej i wytrzymałości materiałów i wiedza ta bardzo szybko się poszerzała. Nowe rozwiązania materiałowe i nowe pomysły konstrukcyjne mogły więc być analizowane, a dzięki temu – bezpiecznie stosowane. Zasób wiedzy i technologii „domknął się”, tworząc gotową do praktycznego stosowania całość.

Czynniki te otworzyły nowe możliwości kształtowania form architektonicznych. Na przełomie XIX i XX w. wyraźnie rozwijał się proces kształtowania form architektonicznych adekwatnych do nowych możliwości projektowych. W 1915 roku amerykański architekt Claude Fayette Bragdon, stwierdził, że „Brakuje nam języka formy dostosowanego do dzisiejszych potrzeb. [...] Współczesna architektura, poza swym inżynierskim aspektem, nie odnalazła się jeszcze: styl budynku determinowany jest nie przez potrzeby, lecz przez kaprys projektanta; składa się

ściany jako plastycznego materiału jest osiągnięciem późnoromańskiej architektury. Brunelleschi jako pierwszy odkrył je ponownie i zastosował u schyłku swego życia...” (Pevsner 1979).

³³ Szybkiemu wykorzystaniu tego wynalazku sprzyjała trwająca wówczas wojna krymska (1853–1856), która – jak wszystkie działania militarne na dużą skalę – stymulowała wprowadzanie nowych technologii.

z zapożyczeń i zaszczości. [...] Opracowywanie nowych form architektonicznych odpowiednich do nowych metod konstrukcyjnych już trwa, a jego udane zakończenie może być spokojnie pozostawione konieczności i czasowi [...]”³⁴ (Bragdon 2005).

Po stu latach, które minęły od tego stwierdzenia, sytuacja wydaje się odwrotna. Istnieje potrzeba opracowania takich metod kształtowania układów konstrukcyjnych, które nie tylko „nadażą” za wyzwaniami stawianymi przez nowe formy architektoniczne, lecz także będą mogły być źródłem inspiracji do tworzenia nowych form. Potrzeba ta jest wynikiem rewolucji w metodach projektowania, o której będzie mowa w dalszej części pracy.

W historii rozwoju formy architektonicznej można zaobserwować występowanie silnych preferencji do jej kształtowania zgodnie z ortogonalnym układem podstawowych kierunków: pion–poziom. Preferencje te wywodzą się przede wszystkim z ograniczeń wynikających ze stosowanych metod modelowania budynków. Technicznie możliwe było wykonywanie form krzywoliniowych (łuki), bądź o zakrzywionych powierzchniach (kopuły), jednak elementy te były zwykle wpisane w ramy wyznaczane przez ortogonalną ogólną aranżację systemu konstrukcyjnego. Zarówno narzędzia do przekazywania informacji, jak i do modelowania systemów konstrukcyjnych, pozwalały na obsługę tylko ograniczonej liczby środków wyrazu. Ponieważ metody projektowania złożonych systemów konstrukcyjnych nie były jeszcze znane, konieczność ograniczenia się do kombinacji prostych elementów była oczywista.

Ograniczenia czasami zamieniają się w doktrynę. Po I wojnie światowej pojawiły się trendy estetyczne, dla których ortogonalność nie była ograniczeniem, ale główną zasadą kompozycji. Był to suprematyzm zapoczątkowany przez Kazimierza Malewicza i neoplastycyzm (De Stijl) zainicjowany przez Pieta Mondriana i innych. Centralną koncepcją suprematyzmu była rezygnacja z powiązania sztuki z rzeczywistością i jakichkolwiek odwołań do natury. Realizacją tego założenia było posługiwanie się formami, które nie występują w naturze, jako symbolami wyższości człowieka nad chaosem. Były to prymitywy geometryczne, zarówno dwuwymiarowe: prosta, okrąg, kwadrat i prostokąt, jak i trójwymiarowe, jak sześciąt. Podkreślano znaczenia kąta prostego, idea miała dominować nad praktyką. Z podobnych założeń wychodził neoplastycyzm, w którym sztuka również nie powinna mieć relacji z rzeczywistością, opierać się na kompozycjach czysto abstrakcyjnych. Ortogonalna orientacja nie była jednak dowolna, jak w suprematyzmie, ale dotyczyła przede wszystkim kierunków pionowego i poziomego (Tarczewski 2014b).

³⁴ W oryginale: „*We are without a form language suitable to the needs of today. [...] Modern architecture, except on its engineering side, has not yet found itself: the style of a building is determined, not by necessity, but by the whim of the designer; it is made up of borrowings and survivals. [...] The development of new architectural forms appropriate to the new structural methods is already under way, and its successful issue may safely be left to necessity and to time [...]*” (Bragdon 2005, s. 1–2).

W obrębie tych trendów powstało wiele prac będących znakomitą ilustracją ortogonalnych preferencji doprowadzonych do skrajnej postaci. Dotyczy to nie tylko prac malarskich, lecz także twórczości architektonicznej – zarówno prac teoretycznych, jak *architektony* Malewicza, jak i zrealizowanych obiektów architektonicznych, w których ortogonalność jest podstawową zasadą kompozycji. Najbardziej charakterystycznym przykładem jest Dom Schrödera (proj. Gerrit Rietveld), który powstał w Utrechcie na początku lat dwudziestych XX w., rys. 2.11. (po lewej).



Rys. 2.11. Ortogonalne preferencje projektowania – po lewej: Dom Schrödera w Utrechcie³⁵, proj. Gerrit Rietvelde, 1923–1924; po prawej: pawilon niemiecki na Wystawie EXPO 1929 w Barcelonie³⁶, proj. Ludwiga Mies van der Rohe

Poglądy i prace suprematystów i przedstawicieli neoplastycyzmu wywarły wielki wpływ na kształtowanie się formy architektonicznej w następnych latach, zwłaszcza poprzez związanych z Bauhausem architektów, którzy współtworzyli w latach międzywojennych i po II wojnie światowej styl międzynarodowy w architekturze – Waltera Gropiusa i Ludwiga Mies van der Rohe. Rysunek 2.11. (po prawej) przedstawia zaprojektowany przez tego drugiego budynek będący kwintesencją ortogonalnej prostoty, wręcz jej manifestacją – pawilon niemiecki na wystawie w Barcelonie z 1929 r.

2.2.2. Pojawienie się nurtu „free-form design” i „efekt Bilbao”

Wraz z pojawieniem się komputerów i rozwojem metod numerycznych, możliwe stało się zbudowanie modeli budynków o stopniu złożoności nieporównywalnie większym niż w przeszłości. Jednak sam fakt pojawienia się komputerów nie spowodował wielkich zmian w formie architektonicznej. Przez dość długi okres wczesnego rozwoju umożliwiały one korzystanie z narzędzi projektowych,

³⁵ Fotografia własna autora.

³⁶ Ilustracja za: <https://www.flickr.com/photos/marcteer/5459142844>, Autor: Marc Teer, licencja CC BY 2.0.

które dzisiaj określa się często jako „inteligentną deskę kreślarską”. Oczywiście, było wiele korzyści i ułatwień wynikających ze stosowania programów CAD, jednak nie stanowiło to jeszcze przełomu w kształtowaniu formy architektonicznej (Osiecki i Tarczewski 2012).

Przełom nastąpił, gdy zaawansowane oprogramowanie umożliwiło stosunkowo łatwe wykorzystanie tak zwanych „nowych geometrii” (Carpo 2012). To, dość umowne określenie obejmuje obiekty geometryczne, o takim stopniu złożoności, że w praktyce można się nimi posługiwać jedynie za pomocą odpowiedniego oprogramowania komputerowego. Należy tu wymienić przede wszystkim tzw. powierzchnie swobodne, które można kształtować w sposób niemożliwy do osiągnięcia w przypadku „klasycznych” powierzchni takich jak powierzchnie walcowe, stożkowe, obrotowe i translacyjne³⁷, są to powierzchnie Béziera (translacyjne i ogólne), powierzchnie NURBS i powierzchnie podziałowe³⁸ (Pottmann i in. 2007). Inne grupy obiektów zaliczane do „nowych geometrii”³⁹ to podziały i wypełnienia⁴⁰ powierzchni i przestrzeni, niektóre obiekty oparte na specyficznych koncepcjach topologicznych, jak powierzchnie jednostronne (np. Möbiusa, Schwarza, Steinera, Boya itp.), nieskończone wielościany siodłowe itp. Są to również narzędzia umożliwiające operowanie tymi obiektami: izometrie, operacje boolowskie, offsety, przekształcenia takie jak skręcanie, zwężanie, ścinanie, inwersje i inne. Zalicza się także do tej grupy formy, które powstają w wyniku działań algorytmicznych, w tym korzystające z matematycznych sformułowań emergencji i chaosu (Burt 1966; Wachman, Burt, i Kleinmann 1974; Whiteley 1999; Pottmann i in. 2007; Burry i Burry 2010).

Według Helmuta Pottmanna, zastosowanie form swobodnych w architekturze ma bardzo długą historię. Pomijając dwukrzywiznowe powierzchnie kopuł, które były znane w starożytności, a w prymitywnej postaci – już w czasach prehistorycznych, można początki ich zastosowań powiązać z twórczością Antoniego Gaudiego. Piękną ilustracją tych wczesnych zastosowań mogą być dwa budynki zlokalizowane w Barcelonie: Casa Milà (1905–1907), rys. 2.12. (po lewej) i kościół Sagrada Família, rys. 2.12. (po prawej). Późniejsze „kamienie milowe” to takie obiekty jak kaplica Notre Dame du Haut w Ronchamp, Le Corbusiera (1950–1955), terminal linii lotniczych TWA na lotnisku J.F. Kennedy’ego w Nowym Yorku, Eero Saarinen (1956–1962) i budynek Opery w Sydney, Jørna Utzona (1957–1973) (Pottmann i in. 2007).

³⁷ Znany francuski architekt, Roger Taillibert, stwierdził: „Pracuję zasadniczo z krzywymi, ponieważ nie wierzę w linię prostą, którą uważam za przeznaczoną do porządkowania. Krzywa to dynamizm. To również trochę rzeźba, przez którą przepływa energia...”. (oryg. Je travaille essentiellement avec des courbes, car je ne crois pas à la ligne droite faite pour le rangement. La courbe, c’est le dynamisme. C’est aussi un peu de la sculpture, il y passe de l’énergie...). Cytat za: <http://www.agencetaillibert.com/index.html> (dostęp: 15.09.2018).

³⁸ Ang. *subdivision surfaces*.

³⁹ Określenie „nowe geometrie” nawiązuje do tytułu książki Marka Burry’ego *The new mathematics of architecture* (Burry i Burry 2010), która podsumowuje okres pierwszych kilkunastu lat stosowania w architekturze form swobodnych.

⁴⁰ Ang. *tilings and patterns*.



Rys. 2.12. Dwa budynki proj. A. Gaudiego w Barcelonie: Casa Milà (1905–1907) i Sagrada Família (1882–...) ⁴¹

Forma architektoniczna każdego z wymienionych obiektów nie została jednak zaprojektowana za pomocą komputera, aczkolwiek analiza komputerowa (w połączeniu z badaniami modelowymi) była stosowana w obliczeniach konstrukcyjnych Opery w Sydney (Hosssdorf 1975). „Ręczne” projektowanie tych form, przy użyciu tradycyjnych narzędzi rysunkowych i modeli fizycznych nadawało im jednostkowy charakter. To nie były formy geometryczne, które można zastosować powszechnie, nie każdy projektant był w stanie nimi operować, a zaprojektowanie ich konstrukcji wymagało specjalnego, unikatowego podejścia.

Programy komputerowe umożliwiające praktyczne zastosowania „nowych geometrii” na szeroką skalę pojawiły się w połowie lat dziewięćdziesiątych XX w. Zbiegło się to w czasie z projektem i realizacją Muzeum Guggenheima w Bilbao w latach 1994–1997, wg projektu Franka Gehry. W czasie projektowania i realizacji obiektu zastosowano na szeroką skalę zaawansowane oprogramowanie komputerowe, aczkolwiek było ono opracowane przede wszystkim na potrzeby przemysłu lotniczego ⁴².

Niebywały sukces tej realizacji sprawił, że stała się ona nie tylko ważnym etapem rozwoju dekonstruktywizmu w architekturze, lecz także swoistym manifestem zastosowania nowych form geometrycznych w projektowaniu architektonicznym ⁴³, wywołując lawinowy wzrost zainteresowania nimi oraz samymi

⁴¹ Fotografie własne autora.

⁴² Był to program Catia, francuskiej firmy Dassault Systèmes. Programem, który najczęściej jest łączony z powszechnym udostępnieniem „nowych geometrii” jest Rhinoceros 3D, amerykańskiej firmy Robert McNeel & Associates.

⁴³ W tym samym czasie, co Muzeum Guggenheima w Bilbao powstało przeszkłone zadanie dziedzica British Museum (The Queen Elizabeth II Great Court) w Londynie, zaprojektowane przez Normana Fostera (1994–2000). Bardzo atrakcyjna wizualnie, ale „spokojna” forma tego przekrycia i jej symetryczny układ spowodowały, że symbolem nowego trendu stało się jednak Muzeum Guggenheima.

narzędziami, które je udostępniały. Wielu architektów zachwyciło się nowymi narzędziami do projektowania. Zaczęto projektować formy, których wcześniej nie można było zdefiniować, gdyż dostępne techniki modelowania na to nie pozwalały. Tak narodził się trend projektowania, który obecnie nazywamy projektowaniem form swobodnych lub – zachowując wersję angielską – *free-form design*. Całe zjawisko „rewolucji w projektowaniu” zyskało zaś nazwę „efektu Bilbao”, od tytułu artykułu, który ukazał się bostońskim magazynie *The „Atlantic”* (Rybczynski 2002). Co ciekawe, autor artykułu, znany krytyk architektury, Witold Rybczynski, pomimo swego uznania dla projektu, który nazywa równie „ikonoklastycznym”, co kaplica w Ronchamp Le Corbusiera, odnosi się raczej krytycznie do sytuacji, w jakich tego typu projekty mogą zaistnieć. Jego zdaniem, projektowanie „w pełnym świetle publicznych konkursów” nie zachęca architektów do projektowania lepszych budynków, ale promuje raczej ekstrawagancję niż rozważną myśl i hałaśliwą oczywistość ponad pełną niuansów subtelność. Zapraszani do konkursów na najbardziej prestiżowe obiekty architekci stają się celebrytami w swoim zawodzie, działającymi w oderwanym od rzeczywistości świecie⁴⁴, a naprawdę wielka architektura powinna „mieć coś więcej do powiedzenia niż tylko «spójrz na mnie»”. Jest to jeszcze jeden przyczynek do rozważań o przesadzie w projektowaniu obiektów, które znajdują się w dalszej części niniejszej pracy⁴⁵.

Tak czy inaczej, tendencja *free-form design* ustanowiła nowy paradygmat estetyczny w projektowaniu architektonicznym. Możliwość narysowania „wszystkiego” spowodowała, że zaczęto „wszystko” rysować. Architekci zaczęli korzystać z takich środków wyrazu jak: duża rozpiętość, formy organiczne, losowość, nieciągłość systemu konstrukcyjnego. W stosunkowo krótkim czasie doprowadziło to swoistej „inflacji” pomysłów na kreowanie formy. Skoro oryginalność i niepowtarzalność, którą umożliwiały nowe narzędzia, stała się jedną z głównych wytycznych projektowania, to oczywiste było dążenie do poszukiwania wciąż nowych i świeżych rozwiązań. Inspiracją mogło stać się wszystko: pogięta kartka papieru lub porcja makaronu, jak to miało miejsce w przypadku wspomnianego wcześniej Centrum Kongresowego w Mediolanie⁴⁶. Siłą rzeczy, projektowane

⁴⁴ Rybczynski używa nawet mocnego określenia „psy konkursowe” (ang. *competition show dogs*).

⁴⁵ Ciekawą próbę zdefiniowania trendu *free-form design*, zwłaszcza w kontekście odróżnienia go od kiczu, podjął Martin Filler, na przykładzie opisu twórczości Santiago Calatravy (Filler 2005).

⁴⁶ Wybitny hiszpański inżynier Eduardo Torroja, zdecydowanie występował przeciwko wiązaniu kreatywności z pogardą dla rzemiosła: „Jeśli bycie kreatywnym oznacza po prostu, że ktoś nie daje się prowadzić sensownym argumentom, jeżeli kreatywność nie następuje jako bezpośredni rezultat zastosowania wiarygodnych i precyzyjnych zasad do nowych zadań, w takim razie, oryginalne idee rozdarte pomiędzy mylną interpretacją a niespójnym manieryzmem przechodzą od geniuszu do próżności, przekształcając sztukę w oportunizm. Sama innowacja nigdy nie przejmie instrumentalnej roli w promowaniu artysty; przede wszystkim umiejętności artysty powinny zasługiwać na szacunek i w końcu skupiać zainteresowanie publiczne na

w ten sposób formy oddalały się coraz bardziej od ich materialnego nośnika, czyli systemu konstrukcyjnego, a najbardziej rozpoznawalne obiekty nie mają na ogół nic wspólnego z zasadami natury konstrukcyjnej⁴⁷.

Determinacja w dążeniu do oryginalności poprzez stosowanie form swobodnych przytłumiła świadomość pewnych ograniczeń, które są immanentną cechą „nowych geometrii”. Otóż wyrosły one na gruncie czysto geometrycznym i nie uwzględniają specyficznych wymagań, jakie muszą spełnić obiekty architektoniczne. W początkowym okresie ich stosowania, które było ograniczone do przemysłu lotniczego i motoryzacyjnego, ograniczenia te nie ujawniły się w sposób powodujący głębsze implikacje. Jednak w obu tych branżach stosowane są najczęściej konstrukcje cienkościenne, w których grubość elementu nie ma wpływu na jego cechy geometryczne. W przypadku obiektów architektonicznych tak nie jest. Elementy konstrukcyjne mają zwykle dość znaczne wymiary przekroju poprzecznego w stosunku do rozpiętości, a dodatkowo konieczne jest uwzględnienie innych warstw: ocieplenia, okładziny itp. W wielu sytuacjach konieczne jest wykonywanie konstrukcji w dwóch warstwach (np. dla powłok prętowych), a czasami grubość jednej warstwy konstrukcyjnej jest na tyle duża, że obie jej powierzchnie należy traktować jako dwie oddzielne powierzchnie geometryczne (Pottmann i in. 2007). Istotna różnica pomiędzy zastosowaniami form swobodnych w architekturze a zastosowaniami w przemyśle mechanicznym wynika również ze skali produkcji i jej organizacji. Samochody są produkowane w setkach tysięcy lub nawet milionach niemal identycznych kopii, w wyspecjalizowanych, bardzo dobrze wyposażonych zakładach. Obiekty architektoniczne są najczęściej jednostkowe, a zasadnicza część prac jest wykonywana w warunkach placu budowy, znacznie trudniejszych do kontrolowania niż warunki fabryczne.

Z jednej strony, ma to wpływ na ekonomiczną racjonalność stosowania niektórych rozwiązań, a z drugiej strony powoduje liczne problemy techniczne. Przykładem może być problem projektowania przeszklonych przekryć na powierzchniach swobodnych. Ze względów technicznych, przekrycia takie wykonuje się z wykorzystaniem paneli płaskich szklanych. Aby to było możliwe, konieczne jest zaprojektowanie siatki prętów, które będą tworzyły krawędzie podpierające panele. Najczęściej stosowane są podziały na panele trójkątne, chociaż z wielu względów korzystniejszy jest podział na panele czworokątne. O ile każdą powierzchnię można podzielić na trójkąty i będą one na pewno płaskie, o tyle podział na czworokąty płaskie nie zawsze jest możliwy – zależy to od rodzaju powierzchni bazo-

swoim innowacyjnym potencjale”. (Torroja y Miret 1962) 10, XVII. Cytat za: (Majowiecki 2014).

⁴⁷ Na marginesie można zauważyć, że wiązanie spektakularnej formy budynków z pełnieniem funkcji, dla których zostały wzniesione, jest niekoniecznie słuszne. Jak zauważył w swojej znanej książce z 1972 r., Robert Venturi (Venturi, Brown i Izenour 2013), budynki mogą być albo „dekorowanymi szopami”, albo „kaczkami”. Pierwsze są prostymi budynkami, ozdobionymi za pomocą bogatych detali i ornamentów, w tych drugich estetyka jest wynikiem niezwykłych form. Venturi uważa, że oba rodzaje architektury mają swoje uzasadnienie, ale na ogół „dekorowane szopy” lepiej służą inwestorom.

wej (Pottmann i in. 2007; Tarczewski i Świąciak 2017). W konsekwencji mogą powstać nieoczekiwane efekty wpływające na estetykę obiektu. Przykładem może być, skądinąd bardzo udane, przekrycie przeszkloną powłoką prętową dziedzińca w jednym z budynków Smithsonian Institution w Waszyngtonie znanego jako Kogod Courtyard (proj. Norman Foster). Bardzo przejrzysta siatka prętów rozłożona na pofalowanej powierzchni, stwarza znakomite wrażenie lekkości i podnosi rangę wnętrza. Jednocześnie zaś, niedopasowanie siatki podziału do przyjętej powierzchni wymusiło zastosowanie bardzo nietypowego, niezbyt estetycznego, klawiszującego układu paneli szklanych od strony zewnętrznej, rys. 2.13.



Rys. 2.13. Kogod Courtyard w National Portrait Gallery, Smithsonian Institution w Waszyngtonie (proj. Norman Foster): widok przeszklonego przekrycia od strony wnętrza (po lewej)⁴⁸ i od zewnątrz (po prawej)⁴⁹



Rys. 2.14. Przykład budynku o formie swobodnej, bardzo silnie zintegrowanego ze środowiskiem naturalnym – rzut⁵⁰

⁴⁸ Fotografia własna autora.

⁴⁹ Źródło: <https://www.grasshopper3d.com/m/discussion?id=2985220%3ATopic%3A1613979> (dostęp: 10.12.2016, licencja CC BY-SA 3.0).

Z pewnością wiele obiektów zostało zaprojektowanych zgodnie z zasadami *free-form design* wyłącznie w celu uzyskania oryginalności, a swobodzie ich kształtowania nie towarzyszyła głęboka refleksja nad rolą budynku w stosunku do człowieka. Można jednak znaleźć wśród nich bardzo pozytywne przykłady, które pokazują zrozumienie tej roli i dążenia do osiągnięcia rzeczywistej ekologiczności budynku. Miękkie, organiczne kształty, odnoszące się do sytuacji terenowej, niemal „kamouflażu” budynku i uwzględniające warunki klimatyczne we wszystkich aspektach, prowadzą do głębokiego zintegrowania obiektu ze środowiskiem, do jego środowiskowej kompatybilności. Czasami to zintegrowanie jest doprowadzane do skrajności w pozytywnym tego słowa znaczeniu, rys. 2.14 (Tarczewski 2014b).

Z zarysowanej tu sytuacji wyłania się obraz nieuniknionych napięć pomiędzy projektantami formy architektonicznej w jej wersji „swobodnej” (co przez wielu rozumiane jest jako uwolnienie od wszelkich ograniczeń, również natury fizycznej), a towarzyszącego jej systemu konstrukcyjnego.

Początkowo, sama idea wymuszania złożonych układów konstrukcyjnych, często o „zdegenerowanej” formie⁵¹, jak określano układ ram o wielokrotnie zakrzywionym ryglu, zastosowany w budynku Muzeum Guggenheima, wzbudzała sprzeciw i kontestację konstruktorów. Z czasem jednak, chęć uczestniczenia w prestiżowych, przyciągających uwagę projektach okazała się przemożna.

Można wyodrębnić dwa rodzaje współpracy (interakcji) na styku architekt–konstruktor, przy projektowaniu obiektów o formie swobodnej. W pierwszym przypadku współpraca jest ścisła już od najwcześniejszych etapów koncepcji. Forma architektoniczna i system konstrukcyjny rozwijają się równolegle, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie efektu synergii. Czasami drobne, niezauważalne wręcz zmiany formy obiektu umożliwiają uzyskanie znacznie większej efektywności systemu konstrukcyjnego. Również odwrotnie – zdarza się, że korekta przyjętych wstępnie rozwiązań konstrukcyjnych stwarza dużo większą swobodę w kształtowaniu formy. Przykładem może być budynek krematorium w Kakamigahara, w Japonii, zaprojektowany przez architekta Toyo Ito i konstruktora Mutsuro Sasaki. Ten duet, pracujących ze sobą przez długi czas twórców, stworzył wspólnie wiele wybitnych obiektów, jak Mediateka w Sendai, w Japonii (2000), czy budynek TOD’S Omotesando w Tokio (2002). Szczególnie godny uwagi jest sposób, w jaki został zaprojektowany budynek krematorium w Kakamigahara, w prefekturze Gifu, w Japonii (2006). Założeniem architekta było przekrycie budynku dachem powłokowym o swobodnej, lekko pofalowanej powierzchni, rys. 2.15. Ponieważ powierzchnia ta była przyjęta arbitralnie, następnym krokiem w projektowaniu była jej optymalizacja. Na całym obszarze wyznaczono siatkę punktów kontrolnych, których współrzędne pionowe były traktowane jako zmienne niezależne. W procesie optymalizacji wyznaczono takie położenie tych punktów, dla

⁵⁰ Rysunek z projektu dyplomowego „Mos (Muzeum seksualności)”, mgr. inż. arch. W. Tunikowskiego, na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej, 2012 r. Wykorzystany za zgodą Autora.

⁵¹ Używane jest również określenie „patologia systemu konstrukcyjnego” (Carper 1996).

którego sztywność powłoki, mierzona sumą jej odkształceń pionowych po całej powierzchni, była najmniejsza dla wybranej, decydującej kombinacji obciążeń⁵². Końcowa forma powłoki w małym stopniu odbiegała od założonej wstępnie, wizualnie było to niemal niezauważalne. Natomiast wzrost sztywności wynikającej z formy geometrycznej umożliwił uzyskanie relatywnie niewielkiej grubości powłoki.



Rys. 2.15. Krematorium w Kakamigahara⁵³, prefektura Gifu, Japonia (2006), proj. Toyo Ito

Drugi rodzaj współpracy konstruktora z architektem przy projektowaniu form swobodnych, to komunikacja zbliżona do komunikacji typu równoległego, w której obie strony skupiają się na własnych celach, nie dostrzegając, że zmiana tej formuły na dialog i interakcję może prowadzić do znacznie lepszych efektów. Ten rodzaj współpracy, niestety bardzo częsty, prowadzi z reguły do rozwiązywania problemów dotyczących złożonej geometrii poprzez dostosowywanie znanych i stosowanych od dawna, ale w innej konfiguracji, systemów konstrukcyjnych. Skutkiem takiego podejścia może być wspomniana powyżej „degeneracja” systemu konstrukcyjnego. Można tu przywołać po raz kolejny Centrum Kongresowe w Mediolanie, Mario Belliniego, którego forma sprawiła ogromną trudność⁵⁴ nawet tak wybitnemu projektantowi jak Massimo Majowiecki⁵⁵.

⁵² Opis procedury na podstawie rozmowy autora z prof. Mutsuro Sasaki w listopadzie 2010 roku.

⁵³ Ilustracja za: <http://www.forgemind.net/phpbb/viewtopic.php?t=10655> (09.04.2014, licencja CC BY-SA 3.0).

⁵⁴ Informacja na temat projektowania systemu konstrukcyjnego dla Centrum kongresowego w Mediolanie na podstawie rozmowy autora z profesorem Massimo Majowieckim we wrześniu 2013 roku.

⁵⁵ Massimo Majowiecki jest jednym z najwybitniejszych włoskich konstruktorów współczesnych. Oprócz prowadzenia własnej pracowni projektowej MJW structures (dawniej Studio Tecnico Majowiecki) w Bolonii, był też profesorem (ze specjalizacją: konstrukcje specjalne) na Uniwersytecie w Bolonii (Wydział Inżynierii i Architektury – Scuola di Ingegneria e Archi-

To właśnie Majowiecki, który uczestniczył w wielu projektach, które można zidentyfikować jako należące do grupy *free-form design*, rozpoznał podstawowe zagrożenia wynikające ze stosowania znanych systemów konstrukcyjnych w nowym kontekście geometrycznym. Zapobieganie im na gruncie rzetelnej wiedzy i rozsądku w projektowaniu określił jako problemy natury etycznej w projektowaniu.

2.2.3. Etyka inżynierska w projektowaniu form swobodnych

Sytuacja, w której znaleźli się projektanci, zarówno konstruktorzy jak i architekci, którzy włączyli się w nurt *free-form design*, została symbolicznie scharakteryzowana przez Massimo Majowieckiego (Majowiecki 2010) za pomocą pierwszych wersów *Boskiej komedii* Dantego: „W życia wędrówce, na połowie czasu, Straciwszy z oczu szlak niemyślnej drogi, W głębi ciemnego znalazłem się lasu”⁵⁶.

Wywodzące się jeszcze z przełomu XVII i XVIII w. i rozwijane przez ponad dwieście lat podejście do analizy konstrukcji, polegało na poszukiwaniu zamkniętych, analitycznych rozwiązań dla poszczególnych problemów. Po II wojnie światowej, a zwłaszcza w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX w. opracowano nową, wszechstronną metodę analizy – metodę elementów skończonych (MES), opierającą się na zupełnie innym podejściu. Istota metody elementów skończonych polega na sprowadzeniu każdego, dowolnie złożonego problemu obliczeniowego do matematycznego zadania rozwiązania układu równań⁵⁷. Każdy analizowany obiekt jest dzielony na mniejsze obszary, nazywane elementami, a gęstość podziału i kształt elementów są dostosowane do kształtu obiektu i warunków problemu. Przemieszczenia węzłów siatki podziału stanowią zmienne niezależne, od których zależne są wszystkie poszukiwane wielkości wewnątrz elementów. Ta prosta zasada pozwala zastosować jednolite podejście do najróżniejszych obiektów i problemów, w tym również do takich, dla których niemożliwe jest przeprowadzenie obliczeń analitycznych.

Możliwości, jakie daje analiza konstrukcji za pomocą metod numerycznych z wykorzystaniem komputera jako narzędzia obliczeniowego, ogólnie określana jako mechanika komputerowa, w radykalny sposób zmieniły możliwości projektowania konstrukcji. Możliwa stała się wiarygodna ocena zachowania układów tak złożonych i o tak specyficznych właściwościach, że żadne tradycyjne metody na

tettura) i IUAV w Wenecji. Był jednym z pionierów w dziedzinie konstrukcji ciągnowych, membranowych i pneumatycznych oraz konstrukcji o dużych rozpiętościach.

⁵⁶ Dante Alighieri, *Boska komedia, Piekło*, Pieśń I, w. 1–3, przeł. E. Porębowicz, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1986, s. 3.

⁵⁷ Metoda elementów skończonych powstała na podstawie prac teoretycznych A. Hrennikoffa i R. Couranta z początku lat czterdziestych XX w., dotyczących dyskretyzacji w problemach obliczeniowych, a decydujący wkład w jej ostateczne sformułowanie mieli tacy badacze, jak Johann H. Argyris, Ray W. Clough i Olgierd C. Zienkiewicz (Zienkiewicz 1972).

to nie pozwalały. Przykładami mogą być konstrukcje prętowe takie jak ruszty dwuwarstwowe, składające się z tysięcy prętów, czy cienkościenne elementy powłokowe o złożonej geometrii. Co więcej, możliwości obliczeniowej analizy takich zadań, początkowo dostępne jedynie na dużych komputerach typu *mainframe*, w latach dziewięćdziesiątych XX w. stały się powszechnie dostępne, z poziomu komputera osobistego.

Pozytywne efekty tego procesu są oczywiste. Projektanci konstrukcji otrzymali potężne wsparcie w ocenie bezpieczeństwa konstrukcji i spełniania przez nią warunków użytkowych. Ale jest i „ciemna” strona zjawiska – Wacław Zalewski⁵⁸ nazwał ją „obliczeniową obsesją projektowania” (Zalewski 1989). Polega ona na dążeniu do sprowadzenia procesu projektowania do rozwiązywania szeregu zadań obliczeniowych, przy jednoczesnym unikaniu fazy projektowania wstępnego, koncepcyjnego. Zalewski cytuje wybitnego amerykańskiego architekta i konstruktora jednocześnie, Fazlura Khana: „Znam wiele przypadków, kiedy architekt chciał otrzymać od inżyniera jego własną, oryginalną propozycję konstrukcji, a nie tylko wykonania obliczeń do już gotowej wersji projektu. Jednakże bywało, że ten unikał wzięcia na siebie takiej «dodatkowej» odpowiedzialności, a raczej chętniej podjąłby się na przykład rozwiązania układu dwustu równań”. A przecież, tutaj znów cytuję za Zalewskim: „Analizujemy coś, co istnieje, ale projektujemy coś, czego dotychczas nie było” – Theodore von Kármán. W prawidłowo prowadzonym procesie projektowania, udział konstruktora jest niezbędny na każdym etapie kształtowania formy, gdyż to ona stanowi przedmiot dalszej analizy obliczeniowej. Wnioski z tej analizy są podstawą do ewentualnej korekty formy, i tak – w iteracyjnym procesie, będącym dialogiem między architektem a konstruktorem – kształtuje się ostateczne rozwiązanie. Potwierdza to opinia Eugène Freyssineta, „ojca” konstrukcji sprężonych: „Najpierw projektuję, a potem obliczam. Jeśli się zdarzy, że obliczenia nie potwierdzają założeń projektu – powtarzam obliczenia” (*ibidem*).

W tej historii daty mają znaczenie. Upowszechnienie, a wręcz umasowienie, programów komputerowych do analizy konstrukcji za pomocą metody elementów skończonych, zbiegło się w czasie z powstaniem „efektu Bilbao”. Była to połowa lat dziewięćdziesiątych XX w. Zderzają się wtedy oczekiwania architektów, którzy – a przynajmniej wielu spośród nich – chce włączyć się w ten nurt, projektując oryginalne, swobodne formy, które podkreślą ich indywidualizm i kreatywność, z możliwościami inżynierów, którzy nabrali przekonania, że analiza obliczeniowa może rozwiązać każdy problem. Tak niestety nie jest, a nadmierne zaufanie do obliczeń było przyczyną błędów w projektach, które doprowadziły do katastrof budowlanych.

⁵⁸ Wacław Zalewski (1917–2016) był wybitnym polskim konstruktorem i badaczem w dziedzinie form strukturalnych. Kierował zespołem w Centralnym Biurze Projektów Budownictwa Przemysłowego BISTYP. Był projektantem wielu wyróżniających się obiektów w Polsce, Wenezueli i USA. Od lat sześćdziesiątych XX w. pracował zagranicą. Przez wiele lat był profesorem konstrukcji i kierował katedrą konstrukcji na Wydziale Architektury w Massachusetts Institute of Technology (MIT) w Bostonie. Jest autorem pionierskiej koncepcji „strumieni sił” w konstrukcjach.

Już w 1978 r., dwaj autorzy zaliczani do współtwórców mechaniki komputerowej, J.T. Oden i K.J. Bathe, pisali o „rażąco nadmiernej pewności siebie” wielu osób zajmujących się analizą numeryczną, której syndromem było „przekonanie, że dzięki dostępności komputerów o dużej mocy obliczeniowej, możliwe jest opisanie wszystkich interesujących nas zjawisk fizycznych za pomocą modeli komputerowych” (Oden i Bathe 1978). Jednocześnie występuje nadużywanie mocy obliczeniowej: „Sukces przeprowadzanych na dużą skalę obliczeń doprowadził do kuriozalnej sytuacji. Jak można się było spodziewać, miał on pewien wpływ na edukację w zakresie inżynierii i nauk technicznych. W wielu przypadkach wykształcono techników, którzy stosują w praktyce to, co czasami nazywane jest komputerową przesadą⁵⁹, a odnosi się do wykorzystania istniejącego dużego i wyrafinowanego oprogramowania do badania systemów, które mogłyby być lepiej zrozumiane, przy znacznie mniejszym nakładzie kosztów i wysiłku, dzięki zastosowaniu znacznie prostszych modeli, gdyby zajmowali się nimi ludzie o głębszym zrozumieniu zjawisk fizycznych i podstaw dostępnych metod ich analizy” (*ibidem*).

Przyczyny awarii są oczywiście na ogół złożone, jednak – jak pisze Massimo Majowiecki – w przypadku konstrukcji swobodnych, wykryto i udokumentowano wiele przypadków, „...w których błędy dotyczące niewłaściwego rozpoznania pracy konstrukcji były spowodowane zawodną interakcją człowiek–maszyna oraz iluzją, że komputery, te potężne narzędzia analizy, są w stanie zastąpić projekt koncepcyjny i ekspercką syntetyczną ocenę wyników” (Majowiecki 2014). Wśród popełnianych błędów Majowiecki wymienia przede wszystkim niedostateczne uwzględnienie nieliniowości geometrycznej i materiałowej w konstrukcjach oraz jej wrażliwości na efekty współpracy pomiędzy podsystemami o różnej sztywności. W dalszej kolejności wymieniane są błędy w ocenie wielkości i rozkładu obciążenia wiatrem i śniegiem. Projektanci najczęściej opierają się na danych zawartych w normach projektowania, które podają dane jedynie dla ograniczonej liczby najbardziej charakterystycznych przypadków. Obiekty o formach swobodnych najczęściej nie mieszczą się w ramach przypadków typowych, a zastosowany system konstrukcyjny bywa nieczytelny, stąd stosowane są różnego rodzaju analogie porównania itd. podczas, gdy właściwe podejście wymagałoby badań w tunelu aerodynamicznym modelu konkretnego obiektu. Można to tłumaczyć wysokim „progiem dostępności” i ceną takich badań, jednak nie zmienia to problemu prawidłowości przyjmowania obciążeń. Pozostałe błędy wymieniane przez Majowieckiego to: niedocenianie znaczenia efektów dynamicznych w pracy konstrukcji oraz brak świadomości zagrożenia progresywną awarią całego systemu konstrukcyjnego z powodu lokalnych wad drugorzędnych elementów konstrukcyjnych i przypadkowych lokalnych awarii (*ibidem*).

Trzeba przyznać, że podejmowane są wysiłki aby uzyskać lepszą spójność modelu obliczeniowego konstrukcji z formą architektoniczną. Przykładem może być pojawienie się w 2005 r. koncepcji analizy izogeometrycznej, będącej próbą połączenia modelowania za pomocą powierzchni NURBS z metodą elementów

⁵⁹ Ang. *computer overkill*.

skończonych. W tej, bardzo szybko się ostatnio rozwijającej metodzie, nie ma potrzeby podziału powierzchni swobodnych na mniejsze, na ogół trójkątne elementy skończone, gdyż posługuje się ona elementami zdefiniowanymi podobnie jak powierzchnie NURBS. Dzięki temu można uniknąć błędów wynikających z niewłaściwego odwzorowania powierzchni bazowej (Cottrell, Hughes, i Bazilevs 2009). Metoda ta nie jest jeszcze gotowa do powszechnego zastosowania, natomiast prowadzone są liczne, zaawansowane prace teoretyczne.

Warta przytoczenia w całości jest opinia Majowieckiego, czym skutkuje opisywane zderzenie możliwości analizy obliczeniowej z trendem *free-form design* w zakresie kształtowania formy architektonicznej. Są to:

- przewaga estetyki nad konstrukcyjną racjonalnością,
- dążenie do traktowania problemu konstrukcyjnego jako bardziej złożonego niż w rzeczywistości, w celu uzyskania oryginalnego rozwiązania,
- kategoriyczna retoryka działań strukturalnych, przekładająca się na języki projektowania,
- traktowanie systemu konstrukcyjnego jako rzeźby,
- dążenie do mechanistycznego impresjonizmu,
- metaforyczne przekształcanie wzorców naturalnych i innych elementów obcych w architekturę,
- rytmiczne i monotonne powtarzanie motywu architektonicznego,
- emfaticzna reprezentacja szczegółu typowego elementu w celu identyfikacji skali ogólnej.

Te zjawiska Majowiecki ocenia negatywnie, określając je słowami Dantego, jako utratę „szlaku niemyślnej drogi” i zagadnienie dotyczące etyki w projektowaniu (Majowiecki 2006). Są też oceny odmienne. John Ochsendorf⁶⁰ w tekście *Engineering as Exploration*, stanowiącym przedmowę (Kara i Bosia 2017), zauważa, że wprowadzenie obecnego systemu edukacji inżynierów ukierunkowuje ich na analizę pojedynczego rozwiązania i zniechęca do poszukiwania rozwiązań alternatywnych, ale nie dotyczy to wybitnych, kreatywnych projektantów, dla których możliwości analizy obliczeniowej są pomocą, a nie przeszkodą:

„Obecnie, zwiększona moc obliczeniowa umożliwia inżynierom skracanie pętli sprzężenia zwrotnego w projektowaniu poprzez wyartykułowanie wspólnego języka dla celów projektowych i zapewnienie jaśniejszego obrazu obszaru do zbadania. Zamiast dostarczać unikatowe rozwiązanie, które zespół projektowy może zaakceptować lub odrzucić, najlepsi inżynierowie mogą zmapować⁶¹ ograniczenia projektowe w produktywny sposób. Eksploracja projektanta jest ograniczona przez etykę: poprzez ochronę życia ludzkiego w budowaniu bezpieczeństwa, dążenie do efektywności projektowania w świecie z ograniczonymi zasobami i szukanie eko-

⁶⁰ John Ochsendorf jest profesorem konstrukcji na Wydziale Architektury w MIT w Bostonie i dyrektorem American Academy in Rome.

⁶¹ Słowo „zmapować” (ang. *to map*) jest tu użyte w znaczeniu takim, jak zwykle jest używane w matematyce: „przypisać obiektom/elementom ich odpowiedniki w innej dziedzinie”. Źródło: rozmowa autora z profesorem Johnem Ochsendorfem w lipcu 2018 r.

nomicznych rozwiązań dla klientów w ramach ograniczonego budżetu. Bez ograniczeń nie ma projektowania”.

Odwołanie do etyki inżynierskiej jest tym, co łączy cytowane poglądy Zalewskiego, Majowieckiego i Ochsendorfa.

Istnieje wiele opracowań dotyczących etyki zawodowej projektantów. W jednym z nich, opracowanym przy współpracy ASP w Warszawie ze Stowarzyszeniem Projektantów Form Przemysłowych (Niwiński 2007), wyróżnia się trzy rodzaje odpowiedzialności, którymi powinien się kierować projektant. Są to: odpowiedzialność wobec użytkownika, odpowiedzialność wobec inwestora oraz odpowiedzialność wobec własnej grupy zawodowej. Autorzy opracowania zauważają, że podejmowanie decyzji z zakresu etyki jest łatwe w sytuacjach jednoznacznych, natomiast „...w sytuacjach bardziej skomplikowanych, gdzie splatają się różnego typu zależności, szczególnie młodzi, niedoświadczeni ludzie mogą mieć wątpliwości” (*ibidem*). Ogólnie, wszelkiego rodzaju kodeksy etyki zawodowej inżyniera odnoszą się do całokształtu działań związanych z wykonywaniem zawodu i relacji z otoczeniem zawodowym. Na marginesie można wspomnieć, że niektórzy autorzy uważają, że słowo „kodeks” lepiej jest zastąpić określeniem „katalog zachowań ocenianych moralnie dodatnio (Michalik 2003).

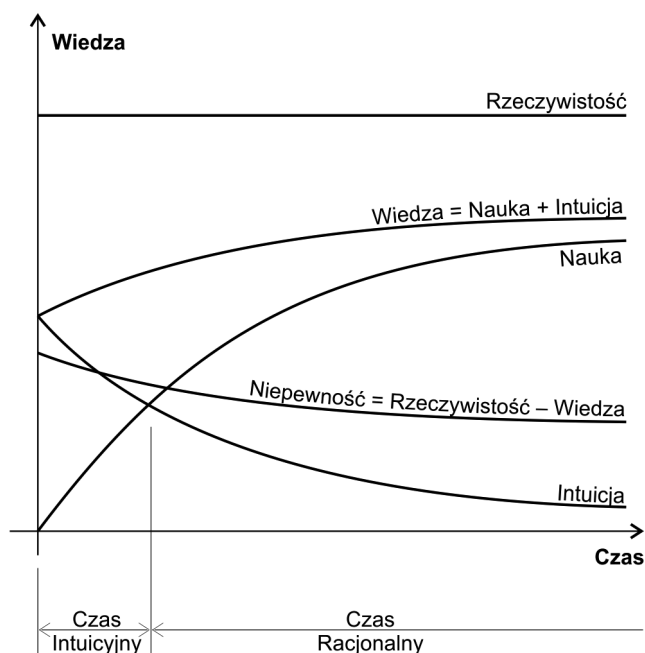
W aspekcie twórczej działalności inżynierskiej, na pierwszej linii kreowania nowych form architektonicznych, takie „ogólnozawodowe” sformułowanie etyki inżynierskiej jest niewystarczające, gdyż nie odnosi się do zagadnienia, w jaki sposób rozwiązywane są nowe problemy i jakie są źródła twórczego myślenia.

David Blockley⁶² sformułował popularną zasadę interaktywności działania i poznania w inżynierii: „aby działać, musisz wiedzieć, aby wiedzieć, musisz działać”⁶³ (Blockley 2014). Wiedza jest potrzebna, aby zmniejszyć zakres niepewności w działaniu. Dotyczy to szczególnie nowych, niedostatecznie jeszcze rozpoznanych form konstrukcyjnych. Za Robertem Melchersem możemy wyróżnić siedem podstawowych rodzajów niepewności w ocenie niezawodności konstrukcyjnej: fenomenologiczną, decyzyjną, dotyczącą modelowania, dotyczącą projektowania, fizyczną, statystyczną i dotyczącą czynnika ludzkiego (Melchers 1999). Każda z nich, poza pierwszą, są najczęściej związane z awariami budowlanymi, występującymi we wszystkich rodzajach obiektów, nie tylko nowatorskich. Są to czynniki, takie jak błędy ludzkie, źle oszacowane obciążenia, słaba jakość wykonania i inne zaniedbania. Niepewności fenomenologiczne dotyczą zaś wszelkich aspektów możliwego zachowania się konstrukcji w czasie budowy i eksploatacji lub w warunkach ekstremalnych, związanych z niedostateczną wiedzą w zakresie nowych form. Brakującą wiedzę musi zastąpić intuicja projektanta. Tak było zawsze w historii, kiedy projektanci i budowniczowie stawali przed nowymi, nieznanymi dotychczas problemami. W zastępowaniu brakującej wiedzy intuicją

⁶² David Blockley jest emerytowanym profesorem konstrukcji na Wydziale Inżynierii Uniwersytetu w Bristolu.

⁶³ Ang. *To do you must know, and to know you must do.*

powinny być zachowane odpowiednie relacje, co schematycznie przedstawia rys. 2.16 (Majowiecki 2006).



Rys. 2.16. Redukcja zakresu niepewności w procesie projektowym poprzez zwiększenie wiedzy⁶⁴

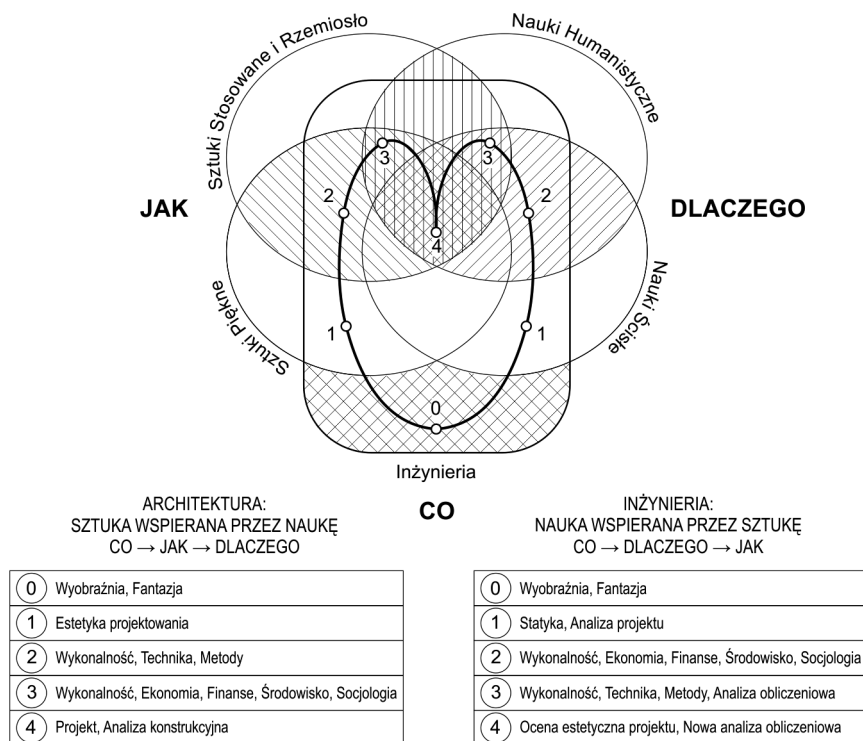
Massimo Majowiecki rozbudował zasadę sformułowaną przez Blockleya, tworząc koncepcję: „Dlaczego – Co – Jak”⁶⁵, jako model relacji pomiędzy architekturą a konstrukcją⁶⁶ oraz sposobów dochodzenia do rozwiązań projektowych, na tle czterech obszarów nauki i sztuki (Majowiecki 2006), rys. 2.17.

Model ten wyraźnie sugeruje wspólne „dochodzenie do celu”, czyli poszukiwanie rozwiązań projektowych, przez architektów i konstruktorów. Mimo że poruszają się oni po innych „ścieżkach”, to znajdują się one w obrębie tych samych dziedzin wiedzy i twórczości. Dochodzi do tego zderzenie dwóch paradygmatów: architektonicznego i konstrukcyjnego. Elżbieta Niezabitowska, porównując je, pierwszy określa jako nieostry, raczej refleksję humanistyczną – a drugi jako wyraźny, falsyfikowalny (Niezabitowska 2014).

⁶⁴ Rysunek własny opracowany na podstawie (Majowiecki 2006).

⁶⁵ Ang. *Why – What – How*.

⁶⁶ Majowiecki używa określenia „inżynieria”.



Rys. 2.17. Model relacji pomiędzy architekturą a konstrukcją oraz sposobów dochodzenia do rozwiązań projektowych⁶⁷

Pozwala to na usytuowanie poruszanych problemów etycznych w kontekście modelowania obiektów budowlanych i wymiany informacji w procesie inwestycyjnym. Opisując, jak sam to określił, „patologię w budownictwie amerykańskim”, Kenneth Carper, zauważył, że „wiele powtarzających się problemów i awarii występuje nie z powodu braku informacji technicznych, ale z powodu błędów proceduralnych oraz braku komunikacji i wykorzystania dostępnych informacji” (Carper 1996).

Powyższe rozważania można podsumować stwierdzeniem, że współpraca architektów i konstruktorów w procesie kształtowania formy i przy tworzeniu modelu obiektu oraz właściwa komunikacja w ciągu całego procesu inwestycyjnego są kwestiami z zakresu etyki zawodowej, szczególnie istotnymi, jeśli dotyczą kreowania nowych form.

⁶⁷ Rysunek własny opracowany na podstawie (Majowiecki 2006).

Rozdział 3. Paradygmat funkcjonalny architektury w kontekście społecznym

Nie ma wątpliwości co do wpływu architektury i konstrukcji na ludzki charakter i działanie. Tworzymy nasze budynki, a potem one nas tworzą. Regulują bieg naszego życia życia.

Winston Churchill⁶⁸

3.1. Asymetria rozkładu formy architektonicznej

Architektura we wszystkich swoich formach ma wrodzoną zdolność wywołania naszych emocji i zmiany naszego postrzegania. Kontakt z architekturą i jej percepcja są jednym z najwcześniejszych doświadczeń estetycznych człowieka i towarzyszą mu przez całe życie. Bardzo istotne jest zatem, jak sposób funkcjonowania architektury osadzony jest w kontekście społecznym, czyli jak architektura spełnia swoją funkcję społeczną.

Definicja funkcji społecznej może być sformułowana na gruncie funkcjonalizmu, jednego z paradygmatów socjologicznych, według typologii G. Burrella i G. Morgana z 1979 r. (Burrell i Morgan 1985). Celowe wydaje się tu odwołanie do funkcjonalizmu w ujęciu Herberta Spencera⁶⁹, który wprowadził pojęcia funkcji, potrzeby, podmiotu funkcji oraz obiektywnych konsekwencji. Bardzo zwięźle i trafnie, scharakteryzował spencerowski paradygmat funkcjonalny Kamil Kaczmarek:

„W wyniku (1) *relacji* systemu społecznego z otoczeniem (2) rodzą się określone, stopniowo różnicujące się w wyniku tych interakcji *potrzeby*. Konieczność ich zaspokojenia wymusza (3) podjęcie przez członków aktywności (*funkcji*),

⁶⁸ Oryg. *There is no doubt whatever about the influence of architecture and structure upon human character and action. We make our buildings and afterwards they make us. They regulate the course of our lives.* Cytat za: (Goldberger 2011).

⁶⁹ Funkcjonalizm w ujęciu H. Spencera, autora filozoficznej teorii ewolucji, przez długi czas wyparty przez wersję wywodzącą się od E. Durkheima, jest obecnie postrzegany jako lepsze, niż ten ostatni, narzędzie analizy struktur i systemów społecznych oraz ich funkcji – stąd można za-uważyć renesans jego popularności (Kaczmarek 2013).

czyli przekierowania energii na pewien rodzaj *działania* mającego stanowić odpowiedź na potrzebę ludzi. (4) Działanie to organizuje ich wzajemne interakcje, prowadząc do wytworzenia nowej *struktury* społecznej („organu”, społecznej instytucji czy ostatecznie podsystemu społecznego). (5) Struktura ta wchodzi w relacje z otoczeniem (będą nim teraz także inne organy społeczne) i, w rezultacie, podlega analogicznemu procesowi: wewnętrzne zróżnicowanie prowadzi do wyodrębnienia funkcji służących utrzymaniu organu (i tutaj wchodzi w relacje konkurencji o zasoby społeczne z innymi instytucjami) oraz zachowania własnej tożsamości. Ten ostatni rodzaj działań zwykle jest tożsamy z pierwotną funkcją danego organu. (6) Sama funkcja, oprócz wyzwiania tego procesu strukturyzacji, podobnie jak działalność struktury na rzecz własnego trwania pociągają za sobą także inne, niezamierzone *skutki*, jedne korzystne dla całości, inne neutralne, a jeszcze inne szkodliwe” (Kaczmarek 2013).

W odniesieniu do architektury, można tę koncepcję sformułować następująco: W wyniku interakcji zbiorowości ludzkich z otoczeniem, początkowo przede wszystkim w znaczeniu ochrony przed warunkami środowiskowymi, a później – dostosowywaniu środowiska do sposobu, w jaki te społeczności funkcjonowały, powstała potrzeba realizacji budynków i budowli, która zmieniała się w czasie, wraz z rozwojem społecznym. Potrzeba ta była zaspokajana przez stopniowo wykształcającą się grupę zawodową ludzi, którzy prowadzili działania (według współczesnej terminologii) projektowe i realizacyjne. Działania te i ich interakcja ze środowiskiem doprowadziły do powstania struktury społecznej architektów-budowniczych, która wyróżniała się przygotowaniem zawodowym, pewnymi umiejętnościami, a także strukturami organizacyjnymi w ramach swojej profesji (dalsze zróżnicowanie tej grupy zawodowej nastąpiło znacznie później, wraz ze wzrostem stopnia złożoności prowadzonych działań).

Zgodnie z koncepcją Spencera, struktura ta wchodzi w relacje z otoczeniem, co powoduje jej wewnętrzne zróżnicowanie, w wyniku którego część jej aktywności zostaje przekierowana na zachowanie własnej tożsamości i własnych celów. Kaczmarek ujmuje to następująco: „Fakt, że struktury, powstałe, aby pełnić daną funkcję, zaczynają przejawiać własne cele i interesy, otwiera kolejny poziom analizy. Jak zauważa Spencer: «Utrzymanie siebie jest najpierwszym celem zarówno wszelkiej części jak i całości; stąd zaś części raz już powstałe dążą do utrwalenia się bez względu na to czy są lub nie są pożyteczne». Co zaskakujące w ramach koncepcji funkcjonalistycznej, instytucje mogą nie być pożyteczne i to pełniąc swoją funkcję”. W skrajnym przypadku „...instynkt samozachowawczy w każdej instytucji zaczyna dominować nad wszystkim innym” (Kaczmarek 2013).

Warte zauważenia są konsekwencje punktu (6) spencerowskiego paradygmatu funkcjonalnego. Sama funkcja, jaką realizuje struktura może wywoływać niezamierzone skutki, które mogą być zarówno korzystne, jak i neutralne, a nawet szkodliwe społecznie.

Sam fakt istnienia stylów w architekturze potwierdza przekierowanie części energii wewnętrznej struktury, czyli środowiska architektonicznego na problem zachowania własnej tożsamości, czyli – mocno upraszczając – na zajmowanie się

własnymi celami, według określenia Spencera. Poza niewątpliwym działaniem czynników zewnętrznych, w pewnym stopniu obiektywnych, style architektoniczne są wyrazem dążenia do sprawienia, aby obiekt – dzieło architektoniczne był godny uwagi i identyfikowalny. Jak duże znaczenie społeczne może mieć kreowanie stylów wynikające z poglądów estetycznych i własnego światopoglądu, świadczą nie tak dawne doświadczenia modernizmu i postmodernizmu.

Zbliżone do kreowania stylów, chociaż manifestujące się raczej w skali lokalnej, jest uczestniczenie przez architektów w „generowaniu” projektów inwestycyjnych o spektakularnym charakterze, których ogólna koncepcja i skala są w widoczny sposób społecznie zbędne lub co najmniej nadmierne, chociaż zawodowo niewątpliwie interesujące i przynoszące prestiż.

Innym przejawem „wsobności” w działalności architektonicznej jest schemat myślenia o architekturze wyłącznie poprzez obrazy budynków, skupienie się na dziele architektonicznym, przy pewnej obojętności nie tylko na przebieg procesu jego realizacji, ale i na społeczną komunikację w trakcie tego procesu. Ta ostatnia może być bardzo istotna dla odbioru tego jak „struktura” (architekci) realizuje „funkcje” (kreację środowiska zabudowanego), dla zaspokojenia „potrzeb”, a w konsekwencji dla postrzegania zarówno samej struktury, jak i efektów jej działań. Szczególnym przejawem komunikacji społecznej samego obiektu architektonicznego jest sposób jego trwania i przemian w czasie całego „cyklu życia”, mająca wpływ na codzienne interakcje pomiędzy obiektem a człowiekiem.

Kilka przedstawionych poniżej przykładów ilustruje w jaki stopniu te zagadnienia, często uważane za oboczne w stosunku do samego kreowania formy obiektu, mają wpływ na końcowy efekt pracy architekta.

3.1.1. „Dobry pieniądź” i „zły pieniądź” – czy prawo Kopernika-Greshama działa w architekturze?

Znane w ekonomii prawo Kopernika-Greshama mówi, że „gorszy pieniądź wypiera lepszy”, jeśli oba są równoprawne pod względem prawnym, czyli jeśli ich formalna zdolność nabywcza jest taka sama (Mundell 1998). Inaczej mówiąc, „dobry” pieniądź staje się zdominowany przez pieniądź „gorszy”. Ta, czysto ekonomiczna zasada, wydaje się działać również w innych obszarach życia społecznego. Brytyjski antropolog kultury Gregory Bateson zauważył już w 1979 r., że: „Wydaje się, że istnieje coś takiego jak prawo ewolucji kulturowej Greshama, zgodnie z którym uproszczone idee zawsze wypierają idee wyrafinowane, a idee wulgarne i nienawistne zawsze wypierają ideę piękną. A mimo to, piękno trwa” (Bateson i Montuori 2002).

Czy to zjawisko występuje również w architekturze? Skoro jest to dyscyplina położona na pograniczu sztuki i technologii, silnie związana z kulturą tożsamością człowieka, dlaczego ma być od tego wolna. Przykładem może być budownictwo przemysłowe. W wielu jego obszarach, gdzie zwrot inwestycji był poprzednio liczony w dziesięcioleciach (np. w energetyce – zwykle po 30 latach,

a czasem nawet po 40 latach) nastąpiła zmiana preferencji, bardzo silnie wpływająca na formę architektoniczną budowanych obiektów. Nastąpił zwrot w kierunku szybkich i łatwych, ale mało finezyjnych architektonicznie projektów. Od części architektonicznej zakładu przemysłowego nie oczekuje się już, jak w przeszłości, trwałości, solidności i estetyki⁷⁰. Obecnie w budownictwie przemysłowym bardzo często preferowane są inwestycje składane z gotowych bloków/prefabrykatów, minimalizujące nakłady pracy na placu budowy, czas realizacji, a także nakłady na serwis i konserwację.

Jednocześnie jednak można zauważyć trend przeciwny. Na podstawie wiedzy o biologicznej i psychologicznej strukturze człowieka, tworzone są sztuczne potrzeby w dziedzinie kultury (tzw. potrzeby kulturowo skonstruowane)⁷¹, aby jednostki społeczne odczuwały chęć ich zaspokojenia. Stąd wielka liczba powstających obiektów użyteczności publicznej, o czym będzie jeszcze mowa w dalszej części tekstu. Można to określić jako przeciwieństwo prawa Kopernika–Greshama. Znany ekonomista Peter Bernholz wprowadził zamienne określenie „prawo Thiersa”⁷² (Bernholz 2011). Najbardziej precyzyjnie, w języku ekonomii, wyrazili to w swoim znanym artykule (Rolnick i Weber 1986). Udowadniali oni, ilustrując to przykładami, że pojawienie się „złego pieniądza” doprowadzi do wzrostu wartości „pieniądza dobrego”, a nie do wyparcia go z obiegu. W kategoriach architektonicznych można to rozumieć w ten sposób, że pojawienie się obiektów niższej klasy w sensie formy, standardu technicznego itd., czyli „złego pieniądza”, spowoduje raczej, że obiekty klasy wyższej, czyli „dobry pieniądz” będą uważane za produkty „klasy premium”, niż sprawi, że znikną one z rynku. Jeśli więc dla danej klasy obiektów pewien standard został uznany za oczywisty, a jego dostępność jest ograniczona i staje się on dobrem trudno dostępnym, to zaczyna być uważany za ponadstandardowy. Zamiast tego, jego miejsce w ogólnym obiegu zajmują obiekty o niższym, powtarzalnym, masowym charakterze.

Bardzo ważnym społecznie aspektem projektowania obiektów architektonicznych są tendencje do przesady, często zauważalne w projektowaniu i realizacji. Dotyczy to zarówno obiektów realizowanych przez inwestorów prywatnych, jak i inwestycji publicznych. O ile jednak w przypadku inwestycji prywatnych można uznać ten problem za sprawę „wewnętrzną” pomiędzy inwestorem a architektem, chociaż efekty mogą mieć zasięg szerszy, to w przypadku inwestycji publicznych, dotyczy to już zagadnień etycznych. Szczególnie widoczne jest to na przykładzie budynków użyteczności publicznej.

⁷⁰ Przykładem tego zanikającego już podejścia do budynków przemysłowych, mogą być współczesne losy wielu obiektów, które są przebudowywane na lofty (np. Tribeca Loft w Nowym Jorku powstałe przez przekształcenie XIX-wiecznej fabryki mydła) czy centra handlowe (np. centrum handlowe w budynku dawnej fabryki Fiata – Lingotto w Turynie).

⁷¹ Określenie „potrzeby kulturowo skonstruowane” zaczerpnięte zostało z artykułu Romana Mańki *Czym dla Świata jest globalizacja? Wielkie przewartościowanie*, w Polityce.pl, 22 stycznia 2018, <https://wpolityce.pl/spoleczenstwo/377770-czym-dla-swiate-jest-globalizacja-wielkie-przewartosciowanie>.

⁷² Bernholz zauważa, że w literaturze używane jest również określenie prawo anty-Greshama (*Anti-Gresham Law*) (Bernholz 2011).

Budynki użyteczności publicznej zawsze były i nadal są – szczególnie w ostatnich latach – grupą obiektów realizowanych z dużą intensywnością. Pozwala to zauważyć pewne trendy zarówno w procesie podejmowania decyzji dotyczących tych budynków, jak i zastosowanych rozwiązań projektowych. Trendy te można ogólnie określić jako „tendencje do przesady”. Ujawniają się one w różnych aspektach i mają różne przyczyny. Analiza tych zjawisk umożliwia ich postrzeganie w szerszym kontekście fenomenologicznym.

3.1.2. Tendencja do przesady w architekturze i jej geneza

Duże, skomplikowane i bogate zespoły budowlane powstawały od czasów starożytnych, zarówno jako obiekty mieszkalne, jak i świątynie. Reprezentacyjne miejsce zamieszkania władców pełniło nie tylko funkcje mieszkaniowe, lecz także państwowe. Słowa „pałac” wywodzącego się od rzymskiego wzgórza Palatyn zaczęto z czasem używać dla określenia okazałych budynków wykorzystywanych do celów publicznych. Zwyczaj ten zapoczątkowany w ustrojach autorytarnych był kontynuowany także we wczesnych systemach demokratycznych, można tu wymienić choćby Palazzo Vecchio we Florencji lub Pałac Dożów w Wenecji. Dzisiaj złożoność funkcji związanych z funkcjonowaniem społeczeństwa wymaga zarówno instytucjonalnej separacji, jak i oddzielnej lokalizacji. Jednak zwyczaj traktowania budynków publicznych jako swego rodzaju pałaców, w których forma architektoniczna staje się manifestem ich znaczenia, i które są odwiedzane również ze względu na nią, a nie tylko ze względu na ich funkcję – przetrwał, a nawet nasilił się w ostatnich latach⁷³. Ta kombinacja pojęć w sekwencji: zarządzanie (organizowanie społeczeństwa) – władza – władca – pałac – splendor, przetrwała wszystkie zmiany w strukturze społeczeństwa i przemiany w sposobie jego funkcjonowania (Trocka-Leszczyńska, Tarczewski i Jabłońska 2017).

3.1.3. Formy manifestacji przesady w budynkach publicznych

Przesada jest terminem względnym i odnosi się do określonego kontekstu kulturowego i cywilizacyjnego. Z tego powodu trudne jest jej precyzyjne zdefiniowanie. Samo zjawisko należy rozpatrywać kontekstualnie. Niemniej można zidentyfikować cztery podstawowe grupy cech, które można powiązać z pojęciem przesady, chociaż ocena ilościowa zależy od wyżej wymienionych czynników.

⁷³ W naturalny sposób pojawiają się tu skojarzenia z opisywanym wcześniej „efektem Bilbao”.

Nadmierna liczba budynków

Jednym z najłatwiej zauważalnych przejawów przesady jest duża liczba budynków użyteczności publicznej. Jest to bardzo powszechne zjawisko, które dotyczy budynków o różnej skali i przeznaczeniu. Widać to w różnych ośrodkach miejskich, niezależnie od ich wielkości. Jest to związane z zaobserwowanym silnym i słabo kontrolowanym zwiększeniem się biurokracji⁷⁴. Trend ten obejmuje zarówno obiekty zaprojektowane na potrzeby administracji różnego szczebla, jak i obiekty, które składają się na „przestrzeń operacyjną”, czyli zasoby, którymi może zarządzać. Rezultatem jest znaczące rozszerzenie nadbudowy w stosunku do bazy, w rozumieniu socjologicznym.

Przesada w skali obiektów

Skala obiektu to kolejny aspekt, w którym widać przesadę. Jest on ściślej związany z kontekstem cywilizacyjnym niż wspomniana powyżej nadmierna liczba budynków. Poniżej znajdują się dwa skrajne przykłady. Rysunek 3.1. pokazuje budynek Palazzo Lombardia, siedzibę władz regionalnych Lombardii, w Mediolanie (proj. Pei Cobb Freed & Partners). W mieście o populacji półtora miliona, stolicy jednego z najbogatszych regionów Włoch, budynek tej skali nie jest niczym niezwykłym. Chociaż wyróżnia się formą, jest jednym z wielu obiektów o podobnej wielkości w tym mieście.



Rys. 3.1. Palazzo Lombardia – budynek władz regionalnych Lombardii w Mediolanie (proj. Pei Cobb Freed & Partners) widok z zewnątrz (po lewej) i transparentne zadaszenie dziedzińca wewnętrznego⁷⁵ w tym budynku (po prawej)

W przeciwieństwie do budynku w Mediolanie, budynek mieszczący administrację lokalną i sąd, w stosunkowo niewielkim (kilkę tysięcy mieszkańców) miasteczku El-Ghaddar w północnym Sudanie, jest nieporównywalnie mniejszy i skromniejszy, rys. 3.2, u góry.

⁷⁴ Zjawisko to wydaje się być niezależne od rozwoju cyfrowych narzędzi wspierających pracę biurową, a być może nawet w pewien sposób przezeń stymulowane, ze względu na znaczny wzrost liczby i rodzaju gromadzonych i wymienianych danych.

⁷⁵ Fotografie własne autora.

Jednak w odniesieniu do typowych budynków w mieście, rys. 3.2, u dołu, budynek ten jest całkowicie poza kontekstem. Zarówno jego skala, jak i forma zasadniczo różnią się od otoczenia, będąc obce kulturowo.

Oba te przykłady pozwalają postawić pytanie o zasadność budowy obiektów, których skali nie uzasadniają rzeczywiste potrzeby funkcjonalne. Budynek w El-Ghaddar znacznie przewyższa wielkość innych budynków w mieście. W przypadku budynku w Mediolanie sytuacja jest inna. Nie jest on znacznie większy niż inne budynki w okolicy, ale z pewnością jego funkcje mogłyby być realizowane w znacznie mniejszym obiekcie.



Rys. 3.2. Przykłady budynków w mieście El-Ghaddar w północnym Sudanie: siedziba lokalnej administracji (u góry) typowy dom mieszkalny (u dołu)⁷⁶

Przesada w liczbie funkcji lub ich nieokreśloności

Wiele budynków użyteczności publicznej ma w założeniu pomieścić różne funkcje o charakterze centro-twórczym. Rysunek 3.3 pokazuje przykłady dwóch różnych obszarów: rozrywki i kultury.

Centrum Sony, rys. 3.3 po lewej, to kompleks budynków, który jest głównym punktem nowo utworzonej reprezentacyjnej dzielnicy Berlina – Potsdamer Platz. Na terenie kompleksu znajdują się sklepy, restauracje, centra konferencyjne, pokoje hotelowe, biura, muzea, kina, IMAX i zaplecze gastronomiczne. Budynki połączone są wspólnym dziedzińcem, pokrytym spektakularnym dachem. Liczba funkcji umieszczonych w obiekcie i jego układ funkcjonalny, o wiele bardziej wyszukany niż w standardowych obiektach tego typu, powodują pewne zamieszanie wśród użytkowników obiektu i sprawiają, że jest to bardziej architektoniczna ciekawostka przyciągająca turystów niż miejsce codziennego zaspokojenia potrzeb.

⁷⁶ Fotografie własne autora.



Rys. 3.3. Dziedziniec budynku Sony Center w Berlinie (proj. Helmut Jahn), po lewej⁷⁷; budynek Muzeum Historii Wojskowości w Dreźnie (proj. Daniel Libeskind), po prawej⁷⁸

Muzea są instytucjami kultury, które ukształtowały swoją formę architektoniczną i schemat funkcjonalny na bazie wielowiekowej tradycji. Dotyczy to szczególnie obiektów poświęconych kolekcjom historycznym. Aby uatrakcyjnić swoją ofertę i przyciągnąć więcej odwiedzających, coraz częściej odnawia się budynki, aby były atrakcyjne nie tylko dzięki ich kolekcjom, lecz także dzięki ich architektonicznej formie. Sławnym i udanym przykładem takiej realizacji jest piramida na dziedzińcu Luwru w Paryżu (proj. Ieoh Ming Pei), która w unikatowy sposób definiuje strefę wejścia i jest wyraźnym zaakcentowaniem współczesnej działalności tego muzeum. Kolejnym przykładem takiej modernizacji jest budynek Muzeum Historii Wojskowości w Dreźnie (proj. Daniel Libeskind). Klasycystyczna fasada budynku została „zdekonstruowana” przez ogromną stalową, pochyloną piramidę, rys. 3.3 po prawej, jej związek z Luvrem jest jednak bardzo odległy. W obiekcie w Dreźnie piramida nie podkreśla zrównoważonej symetrii budynku, ale ją rozbija. Jej funkcja ogranicza się do ukrywania dużej i raczej ponurej klatki schodowej. Umieszczenie tak silnego wizualnego akcentu, którego rola nie jest oczywista dla użytkowników, jest niezbyt szczęśliwym pomysłem, choć niewątpliwie kontrast zabytkowego budynku i nowego aneksu nadaje całości charakter lokalnej atrakcji.

Ekstrawagancja w formie i standardzie realizacji

Dążenie do unikania anonimowości we współczesnym świecie jest powszechne i gwałtownie wzrosło wraz z rozprzestrzenianiem się elektronicznych mediów społecznościowych. Strach przed niezauważeniem staje się jednym z najważniejszych czynników napędzających życie wielu ludzi. Zjawisko to występuje także w architekturze. Pojawiło się on w tym obszarze znacznie wcześniej, kiedy głównym powodem powstawania budynków przestała być jedynie konieczność zapewnienia schronienia, ale zaczęły one pełnić również funkcje reprezentacyjne. W ten sposób blask budowli zaczął świadczyć o mocy i blasku jej użytkownika – władcy,

⁷⁷ Fotografia: Elżbieta Trocka-Leszczynska, wykorzystana za zgodą autora.

⁷⁸ Fotografia własna autora.

bogatego człowieka czy bóstwa (Niemczyk 2010). Ta tendencja występuje również dzisiaj. Przejawia się ona zarówno w budynkach służących władzom (w ich nowoczesnej wersji) bezpośrednio, jak i pośrednio, poprzez budynki wykorzystywane do innych celów, ale pod kontrolą władz.



Rys. 3.4. Budynki rządowe na Placu Trzech Władz (Praça dos Três Poderes) w Brasílii (proj. Oscar Niemeyer i Lúcio Costa): Federalny Sąd Najwyższy (po lewej) i Kongres Narodowy (po prawej)⁷⁹

Ekstrawagancja niekoniecznie oznacza zły gust. Zawsze jednak jest przejawem mocy i chęci wyróżnienia się. Budowle rządowe w stolicy Brazylii, Brasílii, są dobrą ilustracją tej tezy, rys. 3.4. Piękna forma architektoniczna zaprojektowana przez Oscara Niemeyera i Lúcio Costę jest tak wyjątkowa, że nie da się jej powtórzyć, nawet w przybliżeniu, w jakimkolwiek innym miejscu. Dziś, oczywiście, nie uważamy tych budynków za ekstrawaganckie, ale tak były postrzegane w okresie, kiedy powstały. Ta unikatowość formy jest jej wyróżnikiem i określa jej niedostępność dla „zwykłych” użytkowników.

Zupełnie inny cel przyświecał autorom, zarówno inwestorowi, jak i projektantowi (Jørn Utzon) budynku Opery w Sydney, rys. 3.5, po lewej. Założono, że budynek jest udostępniany jak największej liczbie użytkowników – zarówno uczestnikom wydarzeń muzycznych, jak i odwiedzającym. Jego forma architektoniczna jest bardzo ekspresyjna, ale – inaczej niż w przypadku budynków rządowych w Brasílii, nie manifestuje elitarnego celu, lecz raczej wyjątkowość tego miejsca, stając się symbolem miasta. Jednak forma ta została zrealizowana bardzo dużym kosztem, wielokrotnie przekraczającym przewidziany budżet, przy bardzo długim czasie realizacji i wywołała wiele kontrowersji społecznych. Realizacja obiektu wymagała użycia najbardziej wyrafinowanych metod projektowania i dostępnych technologii budowlanych. Tak trudny proces spowodował, że początkowy entuzjazm, który towarzyszył projektowi, zniknął. Potrzeba było prawie całego pokolenia, aby o tym zapomnieć i dopiero wtedy budynek uzyskał społeczną akceptację.

Taki wysiłek inwestycyjny nie zawsze daje dobry efekt. Przykładem może być ukończona w 2016 r. Filharmonia nad Łabą (Elbphilharmonie) w Hamburgu (proj.

⁷⁹ Fotografie własne autora.

Jacques Herzog i Pierre de Meuron), rys. 3.5, po prawej. Niezwykle drogi projekt, który przekroczył początkowy budżet w równym stopniu, co Opera w Sydney, zrealizowany na miejscu historycznego obiektu, miał pogodzić tradycję tego miejsca z nową funkcją. Zaprojektowana forma nawiązuje do morskiego charakteru miasta, ale wynik trudno uznać za dobry. W tym przypadku poniesione ogromne koszty i wykorzystanie najnowszych osiągnięć technologicznych nie doprowadziło do powstania budynku, który byłby ikoną miasta o pozytywnych konotacjach. Będzie on raczej znany ze swej ekstrawaganckiej formy, przynajmniej do czasu, kiedy – siłą przyzwyczajenia – zostanie „wchłonięty” przez pejzaż miasta⁸⁰.

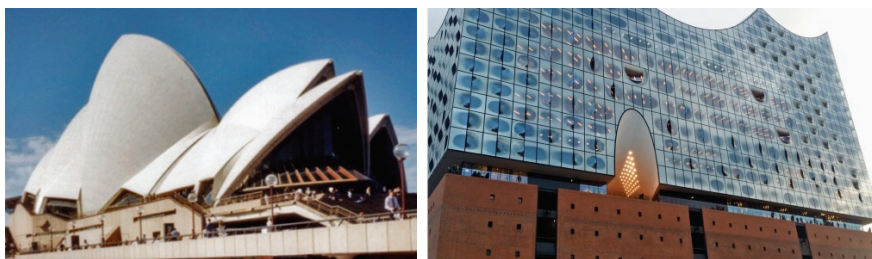


Fig. 3.5. Po lewej: budynek Opery w Sydney – widok od strony nabrzeża; po prawej: budynek Filharmonii nad Łabą (Elbphilharmonie) w Hamburgu (proj. Jacques Herzog i Pierre de Meuron)⁸¹

Istnieje wiele innych przykładów trwałego dążenia do nadzwyczajnej formy, niezależnie od kosztów i trudności technicznych. Wystarczy wspomnieć tylko o dwóch spektakularnych obiektach sportowych – stadionach zbudowanych na Igrzyska Olimpijskie w 1976 r. w Montrealu (proj. Roger Taillibert) i w 2008 r. w Pekinie (Jacques Herzog i Pierre de Meuron).

Pierwszy z nich jest ogromną i skomplikowaną konstrukcją z żelbetu, zwieńczoną pylonem, do którego podwieszony jest składany dach membranowy. Trudności i koszty związane z bieżącym utrzymaniem obiektu powodują, że dyskusja o jego wyburzeniu trwa już od dłuższego czasu. Niezależnie od tego, składany dach membranowy, który został nieprawidłowo zaprojektowany tylko ze względu na chęć uzyskania określonej formy, wielokrotnie ulegał awariom z powodu dużych obciążeń śniegiem. Uszkodzenia te zawsze były naprawiane, gdyż inwestor (miasto Montreal) był zdeterminowany, aby obiekt dalej funkcjonował⁸². Pomimo

⁸⁰ Ciekawe jest, zdaniem autora, że formę budynku filharmonii w Hamburgu znacznie lepiej odbiera się obserwując go od strony lądu, spoza – przesłaniających go częściowo – budynków usytuowanych nad okolicznymi kanałami dawnego starego portu. Z tej perspektywy sprawia on wrażenie fal, kłębiących się nad dachami i zagrażających miastu powodzią. Natomiast oglądany od strony rzeki, przytłacza swoją beznamiętną, płaską fasadą, a skojarzenia z żywiołem wody schodzą na dalszy plan i stają się mało istotne.

⁸¹ Fotografie własne autora.

⁸² Projektant usiłował wymusić wypukłą, synklastyczną formę dachu, która jest niemożliwa do uzyskania dla konstrukcji membranowych innych niż pneumatyczne. Aby uzyskać zamierzo-

wysokich kosztów utrzymania i opisanych problemów technicznych, stadion olimpijski w Montrealu jest jednym z symboli miasta i jest nadal intensywnie wykorzystywany.



Rys. 3.6. Elementy konstrukcji stalowej stadionu olimpijskiego w Pekinie, na placu budowy⁸³

Drugi z tych obiektów, stadion olimpijski w Pekinie, uważany jest za sztandarowy przykład gigantycznego, nadmiernego zużycia materiału wyłącznie w celu uzyskania określonego efektu wizualnego. Elementy konstrukcji stalowej budynku mają duży przekrój poprzeczny i bardzo złożoną geometrię, rys. 3.6, co w istotny sposób wpłynęło na koszty budowy obiektu i zagrożenie dla pracowników na placu budowy. Jednak duża część, około połowy, elementów konstrukcji stalowej służy jedynie uzyskaniu efektu „ptasiego gniazda”, nie pełniąc istotnej funkcji konstrukcyjnej. W niespełna dziesięć lat od oddania do użytku budynek jest niedostatecznie wykorzystany, częściowo w celach innych niż sportowe i nie przynosi dochodu. Można to żartobliwie podsumować stwierdzeniem, że „Każdy budynek obroni się sam, ale nie przed swoim projektantem”⁸⁴.

Przyczyny występowania tendencji do przesady

Powody, dla których możemy obserwować tak częste dążenie do przesady w realizacji budynków publicznych są liczne i w każdym przypadku mamy do

ny efekt, zaprojektowano gęstą siatkę cięgien podwieszających, która dzieli powierzchnię membrany na pola trójkątne, przez co występują lokalne wypłaszczenia powierzchni dachu. To z kolei powoduje nadmierne odkształcenia membrany i progresywną akumulację śniegu. Efektem były kilkukrotne awarie tego zadaszenia, pomimo zastosowania tkaniny z włókien o wysokiej wytrzymałości – kevlaru (jest to jedyny dotychczas przypadek zastosowania tych włókien w przekryciu membranowym o takiej skali (na podstawie rozmowy autora z prof. Massimo Majowieckim).

⁸³ Fotografie własne autora.

⁸⁴ Cytat jest parafrazą tekstu kabaretowego Władysława Sikory: „Mówią, że prawdziwa sztuka obroni się sama, ale nie przede mną...” (Władysław Sikora, Teksty z Kabaretu Potem – Pierwszy program (1984–1987), wstęp do piosenki *Wiosenna pieśń radości*. Cytat za: https://pl.wikiquote.org/wiki/Kabaret_Potem (dostęp: 19.10.2018).

czynienia z inną ich kombinacją. Można jednak wyróżnić kilka najczęściej obserwowanych powodów:

- pragnienie posiadania obiektów prestiżowych – należy podkreślić zauważalne w ostatnim okresie zwiększenie znaczenia obiektów architektonicznych, które stają się swoistymi „pomnikami”, lokalnymi atrakcjami, elementami prestiżu, swoistych ikon, które są rozpoznawalne i ułatwiają identyfikację miasta⁸⁵,
- lokalne ambicje – dotyczy to zarówno władz, jak i mieszkańców, którzy powodowani lokalnym patriotyzmem, starają się podkreślić rangę ich miasta,
- chęć zrekompensowania niemożności zorganizowania dużej rangi instytucji kulturalnych, poprzez posiadanie wystarczająco reprezentatywnych obiektów, w których mogłyby się potencjalnie znaleźć; znaczenie dzieła architektonicznego, jego ranga, są często uważane za substytut funkcji, które zostały mu przypisane,
- akceptacja społeczna dla takich działań wynikająca z chęci obywateli do podniesienia samooceny wynikającej z rangi i rozpoznawalności miasta,
- stymulacja powyższych procesów poprzez względnie dużą łatwość pozyskiwania środków ze źródeł zewnętrznych, np. z krajów, które chcą zainwestować nadwyżki kapitału, czy z funduszy instytucji międzynarodowych.

3.1.4. Przesada w architekturze w kontekście prawa Zipfa

Zagadnienia rozwoju miast są ostatnio analizowane jako procesy emergencji. Pojawiają się na wielu poziomach jako forma spontanicznej samoorganizacji, w której architektura i zabudowane środowisko tworzy system dynamicznie powiązanych elementów. Samoorganizacja jest rodzajem interfejsu, który pozwala im wchodzić w interakcje (Alexander i in. 1977; Krugman 1996).

Zjawiska emergentne wynikają z interakcji (oddziaływania) między dużą liczbą prostych obiektów, która skutkuje jakościowo nowymi zależnościami, znacznie bardziej złożonymi niż wynikające z właściwości poszczególnych obiektów. Opis tych zależności ujawnia określone uporządkowanie całej grupy obiektów, której nie można przewidzieć na podstawie obserwacji jakiegokolwiek małej podgrupy. Opis w kategoriach emergencji umożliwia traktowanie całej grupy obiektów jako

⁸⁵ Najbardziej charakterystycznym przykładem takiego podejścia do obiektu architektonicznego jest budowa Muzeum Guggenheima w Bilbao. Projekt został „wygenerowany” przez władze miasta, które widziały w nim szansę radykalnego ożywienia lokalnej ekonomii poprzez rozwój turystyki. W tym podejściu wykazały się wielką konsekwencją, wymagając od projektantów wykorzystania całego przewidzianego budżetu, tak by ranga architektoniczna obiektu była bezdyskusyjna.

pojedynczego obiektu o bardziej złożonych właściwościach. Opis ten jest nieredukowalny – zjawiska nie można opisać jedynie poprzez analizę jego składników.

Opis świata w różnych dziedzinach i skalach za pomocą emergencji może być bardzo skuteczny. Przykładem może być prawo dystrybucji Zipfa, które – odkryte pierwotnie w językoznawstwie – w latach trzydziestych XX w., zostało zastosowane do opisu zjawisk z zakresu ekonomii, biologii, muzyki, programowania komputerów, astronomii i wielu innych dziedzin, w tym nauk społecznych. W dziedzinie urbanistyki prawo Zipfa określa np. związek liczby mieszkańców z pozycją w rankingu miast według wielkości – im większa jest liczba mieszkańców, tym mniejsza częstotliwość występowania (Li 2002).

Uniwersalna natura prawa Zipfa

Prawo Zipfa ma stosunkowo proste sformułowanie matematyczne. W zbiorze zawierającym n obiektów wprowadzana jest relacja słabego porządku (ranking)

$$x_1 \geq x_2 \geq \dots x_r \dots \geq x_n \quad (1)$$

Prawo Zipfa mówi, że

$$x(r) = \frac{C}{r^\alpha} \quad (2)$$

gdzie: r jest rangą obiektu, $x(r)$ jest częstotliwością występowania obiektu, C jest stałą, α jest parametrem, którego wartość jest zwykle bliska 1.

Z prawa Zipfa można wyprowadzić inne dobrze znane prawa emergencji, takie jak zasada Pareto, prawo Gibrata czy prawo Lotki. Dlatego relacje mocy opisujące sytuacje awaryjne są często nazywane rozkładem Pareto, rozkładem Zipfa, rozkładem wykładniczym, rozkładem gruboogonowym⁸⁶ itp. (Mitzenmacher 2003).

Najprościej mówiąc, prawo Zipfa stwierdza, że im wyższa ranga obiektu, tym mniejsza jego częstość występowania i zależność ta jest określona przez rozkład wykładniczy, (Li 2002; Szydłowski i Tambor 2015).

Skuteczność opisywania złożonych procesów w wielu obszarach za pomocą stosunkowo prostego rozkładu wykładniczego sugeruje, że jest to spowodowane matematyczną naturą świata. Jednak przypadki odstępstw od tego opisu temu zaprzeczają. Prawo Zipfa wyjaśniono na podstawie teorii procesów stochastycznych. Jest ono zatem jedynie przybliżeniem rzeczywistości, chociaż w wielu przypadkach jest to przybliżenie bardzo dobre. Jednocześnie może być również świadectwem pewnych nieempirycznych kryteriów epistemologicznych, takich jak prostota, piękno, ekonomia poznania (Szydłowski i Tambor 2015; Tegmark 2008).

Tendencje do przesady w architekturze w kategoriach prawa Zipfa

Budynki, podobnie jak inne obiekty, można zamawiać według ustalonych kryteriów. Może to być kryterium kosztów, trudności technicznych lub jakichkol-

⁸⁶ Ang. *heavy-tailed distribution*.

wiek innych, pozwalające na wprowadzenie relacji słabego porządku⁸⁷. W tych rozważaniach przyjęto za kryterium społeczny prestiż obiektu. Pomimo tego, że to kryterium jest niejasne i subiektywne, można je zastosować w praktyce, stwierdzając, że na przykład opera ma wyższą rangę niż ratusz, a ratusz z kolei ma wyższą rangę niż centrum handlowe itp.

Zgodnie z prawem Zipfa opisanym powyżej, im wyższa ranga obiektu, tym niższa powinna być jego częstotliwość. Opisane powyżej tendencje, w szczególności nadmierna liczba budynków, stanowią odstępstwo od tego prawa. Można pośrednio stwierdzić, że są one w pewnym sensie naruszeniem spontanicznego naturalnego porządku, również w sensie socjologicznym.

3.1.5. Społeczne skutki nadmiaru w projektowaniu budynków publicznych

Efekty opisywanych procesów można podzielić na te, które wydają się oczywiste oraz te, które nie są zauważane podczas pobieżnej analizy problemu. W pierwszej grupie znajdują się przede wszystkim koszty budowy i, co więcej, koszty eksploatacji. W drugiej grupie należy umieścić specyficzną „inflację” funkcji przypisanych do obiektów. Na przykład instytucje kultury tracą swój wyjątkowy status, gdy znajdują się w lokalnych ośrodkach, które są zbyt małe, aby zapewnić niezbędną grupę odbiorców. Jest to proces niezależny od standardu architektonicznego obiektów, w których te instytucje zostały „zainstalowane”. Efekt ten jest dodatkowo wzmacniany przez problemy z finansowaniem regularnych działań tego typu instytucji.

Kolejnym efektem należącym do drugiej grupy jest „pustoszenie” obiektów, które są używane tylko przez krótkie okresy czasu, a następnie „przejmowane” przez różne grupy lokalne, co powoduje ich porzucanie przez innych mieszkańców. Proces ten może mieć charakter stały lub cykliczny, czasami nawet zachodząc kilkukrotnie w ciągu doby. Działania mające temu zapobiec przez dodanie innych funkcji komercyjnych w budynku powodują dalsze zmniejszenie znaczenia pierwotnej funkcji, która była pretekstem całego projektu. Proces ten ma duży wpływ na zmniejszenie społecznego aspektu tych realizacji, wpływając na komfort ich użytkowania oraz bezpieczeństwo użytkowników.

Powyższe zestawienie wyraźnie pokazuje, że traktowanie obiektu architektonicznego jako samoistnej całości, bez uwzględnienia jego społecznego oddziaływania może prowadzić do finalnego niepowodzenia zamysłu twórczego. Podobne konsekwencje wiążą się także z niedostateczną komunikacją społeczną w trakcie procesu realizacji obiektu.

⁸⁷ Można to odnieść do np. kryteriów wyboru oferty przy przetargach, lecz również do nieformalnie przyjętych kryteriów oceny.

3.2. Komunikacja społeczna w procesie realizacji obiektu

Każda inwestycja, niezależnie od lokalizacji i czasu, w którym jest wykonywana, napotyka różne rodzaje ograniczeń. Zwykle wynikają one z dostępnych zasobów finansowych, warunków związanych z ich lokalizacją, a także z aktualnego ogólnego kontekstu – poziomu rozwoju technicznego, sytuacji w branży budowlanej, ambicji inwestora itp. Takie ograniczenia są stałym elementem każdego procesu inwestycyjnego.

Zdarzają się jednak sytuacje, gdy ograniczenia wynikają ze szczególnego kontekstu społecznego⁸⁸. Dotyczy to na przykład działań związanych z budynkami zabytkowymi, ponieważ pomimo całej sfery kulturowej podlegają one takim samym rygorom technicznym i ekonomicznym, jak każda inna działalność gospodarcza. Jednak w przypadku zabytków należy czasami uwzględnić dodatkowy aspekt. Mogą one znajdować się w obszarach, w których ludność nie odczuwa bezpośredniego związku z cywilizacjami, których wytworami są te obiekty. Znajdują się one na ich obszarze, ale ciągłość kulturowa, a więc emocjonalny związek z nimi – zanika. Równocześnie często zdarza się, że w tych społecznościach zachowane są w pamięci zbiorowej i są wykorzystywane w praktyce technologie, które są podobne lub zbliżone do tych, które były używane w czasie, kiedy obiekt został stworzony (Tarczewski 2015a).

Zaangażowanie lokalnych społeczności w prace budowlane ma wiele pozytywnych aspektów. Z jednej strony, jest to „naturalnie” stosowanie tradycyjnych technik i często jest to bardzo pomocne przy wykonywaniu pracy. Z drugiej strony, pozwala osadzić to dzieło w kontekście społeczno-kulturowym i uzyskać dla nich akceptację, która następnie zostaje przeniesiona do przedmiotu będącego przedmiotem prac. Nie bez znaczenia jest także fakt, że przy tej okazji następuje również stopniowe przenoszenie nowoczesnej wiedzy i technologii. Jest to pozytywny ślad na tym obszarze, pozostający po zespole prowadzącym prace.

Do osiągnięcia tego pozytywnego efektu jest jednak niezbędne zrozumienie istniejących ograniczeń i przyjęcie ich jako obiektywnego czynnika, który trzeba uwzględnić przy planowaniu prac. Należy wykorzystać wiedzę lokalną, aby zrozumieć skąd pochodzą materiały budowlane i jaka jest technologia pracy oraz porównać ją z dostępnym materiałem historycznym.

3.2.1. Studium przypadku

Przedstawione powyżej problemy zilustrowano na przykładzie prac konserwatorsko-budowlanych, przeprowadzonych w ramach misji Polskiego Centrum

⁸⁸ Spostrzeżenie takie zostało sformułowane na gruncie metodologii nauk empirycznych przez Teresę Grabińską: „Tendencja do spójności obrazu świata rozmija się z tendencją do uniwersalności” (Grabińska 1998).

Archeologii Śródziemnomorskiej, w dwóch budynkach w Starej Dongoli, w północnym Sudanie (Dziedzic i Tarczewski 2014). Są to wczesnochrześcijańskie zabudowy nubijskie: sala tronowa królów Makurii i kościół pałacowy św. Rafała. Oba budynki zbudowane są z cegły wypalanej, częściowo uzupełnionej cegłą mułową. Pierwszy z nich, zachowany w stosunkowo dobrym stanie wymagał wzmocnienia ze względu na planowane udostępnienie go turystom, a w przypadku drugiego, w znacznym stopniu zniszczonego, konieczne było zadaszenie go, dla zabezpieczenia zachowanych we wnętrzu cennych malowideł. Zakres niezbędnych prac obejmował zarówno roboty murarskie, jak i żelbetowe oraz wykonanie i montaż elementów konstrukcji stalowej. W trakcie przygotowań, a później w trakcie prac, zidentyfikowano następujące grupy problemów (Tarczewski 2015a, 2018):

Ograniczenia w przygotowywaniu materiałów masowych *in situ*

Wykonanie robót murarskich i betonowych wymaga przygotowania dużych ilości zaprawy lub mieszanki betonowej. Muszą one być wykonane *in situ*, w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu i użyte w stosunkowo krótkim czasie. Lokalni wykonawcy napotykają na ograniczenia w dostępności materiałów. Pierwszym z nich jest dostępność materiałów wiążących, zwłaszcza cementu, który jest relatywnie drogi i nie zawsze dostępny. Drugim problemem jest woda. Jej dostarczenie wymaga specjalnych aranżacji transportowych – czasami używane są przenośne zbiorniki ciągnięte przez zwierzęta (osła lub wielbłąda). W szczególnych sytuacjach zdarza się, że woda jest pobierana bezpośrednio z rzeki. Kolejnym problemem jest dostępność niektórych frakcji kruszywa. Grubsze kruszywo zwykle musi być transportowane z dość dużej odległości. Jeszcze innym problemem jest zastosowanie mechanicznych mieszalników, które wymagają zasilania elektrycznego. Jeśli nie jest ono dostępne z sieci, co często ma miejsce, konieczne staje się użycie agregatów prądotwórczych, w większości wypadków powoduje to rezygnację z ich stosowania i ręczne przygotowanie mieszanki.

Do przygotowania zaprawy murarskiej najczęściej stosuje się lokalne grunty o wysokiej zawartości gliny i łu, które nadają się do wykorzystania jako spoiwo. Zmieszane z miejscowym piaskiem umożliwiają przygotowanie zaprawy do murowania. Ponadto, jeśli te grunty znajdują się na placu budowy, co jest bardzo częste, możliwe jest połączenie w jednym cyklu technologicznym ich wydobycia i przygotowania zaprawy.

Do przygotowania mieszanki betonowej konieczne jest dostarczenie kruszywa i cementu. W obu przypadkach połączenie składników i przygotowanie mieszanki odbywa się ręcznie. Mieszanekę wyrabia się na improwizowanym *ad hoc* stanowisku, wykonanym jako warstwa wypalanych cegieł, ułożona na podłożu gruntowym. Kruszywo jest mieszane na sucho w formie usypanego warstwami kopca, do którego stopniowo dodawana jest woda, w ilości niezbędnej do przygotowania wymaganej ilości betonu. Po wymieszaniu, mieszanka transportowana jest bezpośrednio do miejsca wbudowania. Jednorazowy zarób obejmuje jedynie część usypanego z kruszywa i cementu kopca, a pozostała część jest sukcesywnie wykorzystywana do kolejnych zarobów.

Z powodu takiej technologii produkcji, poważnym problemem jest kontrolowanie składu mieszanki w zakresie ilości i jakości składników. Podczas gdy dla mniej odpowiedzialnych konstrukcji, w szczególności dla prostych elementów ściskanych (ściany, słupy), nie jest to problem krytyczny, w przypadku konstrukcji żelbetonowych zginanych, takich jak płyty stropowe – może mieć decydujące znaczenie dla bezpieczeństwa użytkowania.

Ograniczenia w dostępności sprzętu oraz zakresie jego stosowania i kulturze eksploatacji

Jak wspomniano wcześniej, jednym z ograniczeń w korzystaniu ze sprzętu i w wprowadzaniu mechanizacji prac jest problem dostępności energii elektrycznej na placu budowy. Ogranicza to użycie zarówno dużego sprzętu, jak i drobnych elektronarzędzi. W tym drugim przypadku ograniczenie jest jeszcze większe, ponieważ w wielu sytuacjach opłacalne może być stosowanie generatorów napędzanych paliwem do zasilania dużego sprzętu. Jednak używanie większych narzędzi elektrycznych, takich jak wiertarki, młoty, piły itp. staje się problematyczne.

Brak tradycji stosowania niektórych rozwiązań, schematów konstrukcyjnych, połączeń i materiałów

Podczas prac związanych z zabezpieczeniem zabytków i udostępnianiem ich zwiedzającym bardzo często konieczne jest zastosowanie rozwiązań znacznie różniących się od rozwiązań oryginalnych. Udostępnienie budynków zabytkowych zwiedzającym wymaga często zastosowania rozwiązań znacznie różniących się od rozwiązań oryginalnych, gdyż konieczne jest zapewnienie bezpieczeństwa zarówno turystom, jak i samym obiektom. Grupa turystów może spowodować znacznie większe obciążenie konstrukcji stropu niż obciążenie występujące pierwotnie, gdy budynek był używany w inny sposób. Podobnie jest w przypadku zadaszenia obszaru elementami o znacznie większej rozpiętości, w sytuacji, gdy wewnętrzna struktura obiektu nie jest zachowana i konieczne jest zapewnienie swobodnego dostępu do jego pozostałości, a nie jest możliwe wprowadzenie dodatkowych podpór.

Ilustracją tego może być zadaszenie obiektu, którego konstrukcja pierwotnie składała się z kopuł opartych na masywnych kolumnach z cegły, z których pozostały tylko fragmenty dolnych części. W celu przekrycia obiektu bez ograniczenia swobody prowadzenia badań w jego wnętrzu, konieczne było zaprojektowanie lekkiej konstrukcji dachu ze stalowych kratownic bez pośrednich podpór, rys. 3.7 (po lewej).

Działania takie wymagają wprowadzenia rozwiązań konstrukcyjnych wykraczających poza te, które są znane lokalnym rzemieślnikom, poza tradycyjnie stosowane schematy. W takim przypadku tracą oni swoją zawodową pewność i precyzję działania, konieczne jest pouczenie ich i dokładne nadzorowanie wykonywanej pracy. Konstrukcja stalowa przedstawiona na rys. 3.7 (po lewej), wykonana jest z lokalnie dostępnych profili – rur prostokątnych o małej grubości ścianek, które są powszechnie stosowane do wykonywania dachów w małych budynkach mieszkalnych. Jednak zawsze były one używane jako proste belki o stosunkowo małych rozpiętościach. Schemat statyczny kratownicy był zupełnie nowy dla wykonawcy. Co więcej, ograniczenia w technologii spawania zawężyły

możliwość kształtowania konstrukcji, zwłaszcza w zakresie węzłów. Jednak przy ścisłym nadzorze możliwa była prawidłowa realizacja budowy.



Rys. 3.7. Stara Dongola w północnym Sudanie – przykłady prac budowlanych: obiekt B.V. – lekka konstrukcja dachu ze stalowych kratownic (po lewej) i zabezpieczenie właściwych warunków dojrzewania betonu w stopie fundamentowej poprzez nałożenie grubej warstwy mokrego piasku (po prawej)⁸⁹

Kolejnym niestandardowym elementem związanym z prowadzonymi pracami była potrzeba zabezpieczenia konstrukcji stalowej przed ssaniem wiatru, która lokalnie może osiągnąć bardzo duże wartości. Ponieważ stalowa konstrukcja była bardzo lekka, została przymocowana do ścian zewnętrznych, które są rodzajem balastu równoważącego ssanie wiatru. Mur wykonany z cegieł na zaprawie z gliny nie jest w stanie przenosić sił rozciągających. Z tego powodu, w miejscach oparcia kratownic stalowych wykonano w ścianach pilastry, których rdzeń stanowią słupy żelbetowe. Ich zbrojenie jest połączone z poziomą belką usytuowaną w dolnej części ściany oraz z kratownicami. W ten sposób wymuszono współpracę całej ściany, która stanowi rodzaj balastu przeciwdziałającego ssaniu wiatru. Połączenie w jedną strukturę żelbetu i ściany murowanej było całkowicie nowe dla wykonawcy, który początkowo traktował to jako swego rodzaju „kaprys” projektanta. Znaczenie i użyteczność tego rozwiązania stało się dla niego jasne dopiero po ukończeniu całej konstrukcji.

Bardzo interesujące było obserwowanie, jak wykonawca, pracujący zgodnie z nową dla niego technologią, stopniowo uczy się i zaczyna ją rozumieć. Jego końcowa satysfakcja z realizowanej konstrukcji była w ten sposób jeszcze większa, ponieważ zrozumiał jej skuteczność i zdobył dzięki temu nowe umiejętności.

Lokalne rozwiązywanie lokalnych problemów

Umiejętności lokalnych rzemieślników nie zawsze są jednak źródłem ograniczeń. Często mają oni pomysły, w jaki sposób łatwo można rozwiązywać problemy, które w przeciwnym razie wymagałyby wielu dużo bardziej złożonych zabiegów, na gruncie „zaawansowanej” technologii. Można to zilustrować na przykładzie wykonania prostych elementów żelbetowych – podstawy słupa. Wyeliminowanie podczas przygotowania deskowania, z trudno dostępnego i drogiego lokalnie drewna, po-

⁸⁹ Fotografie własne autora, © PCMA.

przez starannie wykonane wykopy w gruncie, znacznie uprościło prace i zmniejszyło ich koszt, rys. 3.7. (po prawej). Podobnie, zamiast stosowania specjalnej powłoki na powierzchni betonu zabezpieczającej przed wyschnięciem lub częstego polewania wodą, co jest trudne w warunkach pustynnych, miejscowi robotnicy pomysłowo używali grubej warstwy mokrego piasku, co pozwoliło zachowywać odpowiednie warunki dojrzewania betonu, przy stosunkowo rzadkiej pielęgnacji.

Znaczenie komunikacji społecznej w trakcie robót budowlanych

Małe społeczności lokalne, szczególnie na obszarach odległych od głównych centrów cywilizacyjnych, są często bardzo zamkniętymi systemami, dość niechętnie nastawionymi do zmian przychodzących z zewnątrz. Sam fakt wykonywania na ich terytorium prac związanych z obiektami, z którymi się nie identyfikują, interpretowany jest jako silna ingerencja w ich sposób życia. Szczególnie jeśli wiąże się to z oczekiwanym napływem turystów i powstaniem związanej z nimi infrastruktury usługowej.

Włączenie tych społeczności w realizację prac budowlanych jest zatem ważne nie tylko ze względu na potrzebę znalezienia siły roboczej. Równie ważne jest, jeśli nawet nie ważniejsze, budowanie właściwych relacji między lokalnymi społecznościami a specjalistami przybywającymi z zewnątrz, a także pozytywnego stosunku do zabytków poddawanych konserwacji i rewaloryzacji.

Współpraca taka oczywiście pomaga w budowaniu relacji, ale może też być źródłem innych trudności. Jeśli występują problemy z wymianą informacji na poziomie technicznym, istnieje pokusa, aby ich uniknąć, minimalizując udział lokalnych wykonawców i importując materiały, sprzęt oraz pracowników z zewnątrz. Takie podejście może zniszczyć wszystkie społeczne korzyści ze wspólnej pracy. Jednocześnie zbyt optymistyczne, nieprzemyślane zaangażowanie lokalnej technologii i nadmierne zaufanie do niej może być przyczyną technicznej awarii obiektu, a nawet, w skrajnych przypadkach, katastrofy budowlanej. Równoważenie obu tych czynników jest bardzo ważne i trudne, wymagające dużego praktycznego doświadczenia.

Zakończenie realizacji obiektu, niezależnie od tego, na ile udany był proces komunikacji w jego trakcie, stanowi punkt przejścia do kolejnego etapu „życia budynku” – eksploatacji, w trakcie którego obiekt będzie musiał samodzielnie „prowadzić” proces komunikacji społecznej, wchodząc stale w najróżniejsze interakcje z użytkownikami i otoczeniem.

3.3. Problem starzenia i przemijania w obiektach architektonicznych

3.3.1. Interakcja pomiędzy człowiekiem a architekturą

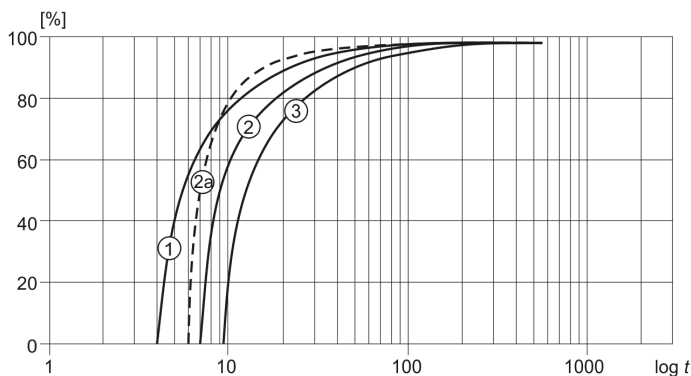
Obiekty architektoniczne towarzyszą człowiekowi przez całe życie, we wszystkich sytuacjach, w których się znajduje. W pracy, w domu prywatnym, w środo-

wisku miejskim, a nawet w miejscach wypoczynku – wszędzie znajdujemy się w środowisku zabudowanym.

Interakcja człowieka z obiektem architektonicznym (lub szerzej – ze środowiskiem zabudowanym) przypomina nieco interakcję z drugim człowiekiem. Jedne budynki podobają się nam (w potocznym znaczeniu), a inne – nie. Jedne lubimy, chętnie w nich przebywamy, a w innych nie. W jednych budynkach pracujemy chętnie i wydajnie, a w innych jesteśmy bardziej podatni na stresy i ulegamy depresji. Oczywiście, wpływ na to ma wiele czynników, które są analizowane w ramach teorii projektowania architektonicznego. Ten aspekt zagadnienia będzie tutaj pominięty.

Podobnie jak interakcja pomiędzy ludźmi, tak również interakcja pomiędzy człowiekiem a obiektem architektonicznym zmienia się w funkcji czasu. Jednym z czynników wpływających na ten proces jest przyzwyczajenie, proces psychologiczny, który powoduje „zmniejszenie napięcia” występującego w tej interakcji. Powoduje to, że percepcja budynku ulega „uśrednieniu”. Eliminowane są podświadomie odczucia oraz skrajne oceny i następuje adaptacja do stanu istniejącego.

Drugim, niezmiernie ważnym aspektem zmiany związanej z upływem czasu jest proces przemijania – bezpośredniego działania czasu na obiekt. Obiekty architektoniczne poddane są działaniu czasu w dwojakim sensie. Po pierwsze, starzeją się – w sensie fizycznym – zastosowane w nich materiały, zużywają elementy instalacji i wyposażenia. Po drugie, architektura poddana jest działaniu „czasu” społecznego i cywilizacyjnego. Budynki starzeją się, ponieważ potrzeby, dla których zaspokojenia powstały – zanikły albo wymagają obecnie innych rozwiązań. Starzeją się ich formy, zmienia się percepcja wizualna – nastąpiło przesunięcie paradygmatu estetycznego.



Rys. 3.8. Przykładowe krzywe jakościowe starzenia obiektów architektonicznych:
1 – techniczne, 2 – funkcjonalne, 2a – funkcjonalne (alternatywa), 3 – estetyczne⁹⁰

Duża różnorodność obiektów architektonicznych pod względem przeznaczenia (mieszkalne, przemysłowe, publiczne), a także charakteru (tymczasowy, stały, monumentalny) oraz rozwiązań materiałowych i technicznych,

⁹⁰ Opracowanie własne autora.

sprawia, że procesy starzenia się w czasie mogą być bardzo różnorodnej natury. Na rysunku 3.8 przedstawiono schematy przykładowych krzywych starzenia (Tarczewski 2015b). Pozwalają one określić jakościowy charakter uśrednionego przebiegu tych procesów.

Po pewnym początkowym okresie, w którym budynek doskonale spełnia zadania, dla których został stworzony, rozpoczyna się jego stopniowa degradacja. W związku z tym, liczba budynków, które zachowują swoje właściwości na akceptowalnym poziomie po pewnym czasie, stopniowo maleje. Kształt krzywych starzenia i ich zależności zależy od wyżej wymienionych cech. Na przykład budynki przemysłowe tracą swoją przydatność znacznie szybciej niż budynki mieszkalne i budynki użyteczności publicznej. Podobna relacja występuje między budynkami mieszkalnymi i zabytkowymi. W rezultacie po dłuższym okresie tylko niewielki procent obiektów zachowuje swoje właściwości. Z tego wynika stabilizacja krzywych na poziomie bliskim 100%, pokazana na wykresie.

Porównanie sposobu, w jaki czas wpływa na budynki w obu tych aspektach, pozwala sformułować interesujące wnioski. Spojrzenie na problem z punktu widzenia rozwiązań materiałowych i technicznych daje możliwość oceny „szlachetności starzenia się” tych rozwiązań. Analiza okresu „moralnego zużycia” obiektów wiele mówi o obowiązujących w społeczeństwie paradygmatach estetycznych i funkcjonalnych. Trwałość przedmiotu (obiektu) świadczy o trwałości reprezentowanej przezeń idei.

Porównanie tych spostrzeżeń dla obiektów powstających w różnych epokach dostarcza wielu ciekawych informacji o prędkości zmian społecznych, obyczajowych i technicznych. Z upływem czasu architektura niegdyś dominująca i wyróżniająca się staje się jednym z wielu elementów w tkance miejskiej, materiały zmieniają swoje właściwości, użytkowanie obiektów staje się nieekonomiczne, a ich pozorna ponadczasowość zanika. Jednak procesy te przebiegają w bardzo różny sposób.

3.3.2. Pomiędzy starzeniem a ruiną – materialne aspekty przemijania

Materiał, z którego jest wykonany budynek jest istotnym czynnikiem przy rozpatrywaniu procesów starzenia się architektury. Spośród wielkiej liczby występujących w naturze i wytwarzanych sztucznie materiałów, które znajdują zastosowanie w technice, jedynie bardzo niewielka część jest stosowana w budownictwie. Ma to związek z właściwościami technicznymi materiałów, ale także ze skalą stosowania. W żadnej innej dziedzinie nie są potrzebne materiały w tak dużej ilości, dlatego mogą być stosowane tylko materiały dostępne ze względu na ilość i cenę. Spośród tych, które są dostępne, najwcześniej zaczęto stosować te, które wymagały najmniejszego przetworzenia, były niemal gotowe do użycia: drewno i kamień. Później pojawiła się cegła – najpierw suszona, a później wypalana. Stosunkowo niedawno do tej listy dołączyły stal i beton. Obecnie dostępnych

jest także wiele materiałów wysoko przetworzonych, produkowanych dzięki osiągnięciom chemii i inżynierii materiałowej.

Im dłuższy jest okres, w którym dany materiał towarzyszy człowiekowi, w tym większym stopniu następuje proces jego „oswojenia”. Dlatego materiały o dłuższej „historii” uważane są często za starzejące się w bardziej szlachetny sposób niż te, które nie są stosowane tak długo. Ten efekt nakłada się na rzeczywiste starzenie w sensie technicznym, to znaczy na utratę pewnych cech materiałowych lub obniżenie wartości niektórych parametrów, zmieniając jej postrzeganie (Schael 2011).

Rysunek 3.9 przedstawia dwa obiekty, będące obecnie w ruinie: fragment kamiennej kolumnady w Jerash, w Jordanii (po lewej) i murowo-stalowy budynek hotelu w Rio de Janeiro, w Brazylii (po prawej). Obydwa budynki nie spełniają obecnie swojej funkcji, ale budynek hotelu może być jeszcze poddany rewaloryzacji. Pomimo tego, ruiny starożytnego miasta sprawiają wizualnie znacznie korzystniejsze wrażenie, nie budząc u obserwatora negatywnych skojarzeń.



Rys. 3.9. Różnice w percepcji ruin: fragment kolumnady (Jerash w Jordanii, starożytna Gerasa) – po lewej; ruiny dziewiętnastowiecznego hotelu (Morro do Corcovado, Rio de Janeiro, Brazylia) – po prawej⁹¹

Poza monumentalną formą ma na to niewątpliwie wpływ materiał, z którego zostały wykonane. W przypadku kamienia, starość ma pewne cechy dostojności, którego brakuje innym materiałom, nieraz znacznie „młodszym”.

Podobny efekt można zaobserwować również w obrębie obiektów wykonanych z tego samego materiału. W tym przypadku charakter i wiek obiektu mogą usprawiedliwić cechy, które będą postrzegane negatywnie w przypadku innych obiektów.

Ilustruje to rys. 3.10. Na zdjęciu po lewej przedstawiony jest wiejski budynek gospodarczy wykonany z drewna, znajdujący się w alpejskiej dolinie na wysokości ponad 1700 m n.p.m. Zdjęcie po prawej przedstawia letni dom mieszkalny dla zamożnych mieszkańców Istanbুল, znajdujący się na wyspie Büyükdada, w archipelagu Wysp Książęcych na Morzu Marmara. Oba obiekty liczą sobie po około sto pięćdziesiąt lat. Obiekt na zdjęciu po lewej stronie jest znacznie bardziej

⁹¹ Fotografie własne autora.

zniszczony w sensie technicznym, niż obiekt na zdjęciu po prawej stronie. Ten ostatni wymaga zwykłej konserwacji, polegającej na wymianie kilku mniej istotnych elementów i odnowieniu powłok malarskich. Jednak to właśnie on wydaje się bardziej zniszczony i zaniedbany. Działa tu efekt podświadomego zastosowania innych kryteriów oceny – odniesienia do funkcji i lokalizacji – dla obu tych obiektów.



Rys. 3.10. Tradycyjne domy drewniane⁹²: wiejski budynek gospodarczy w miejscowości Antagnod, Val d' Ayas, Włochy (po lewej); dom mieszkalny na wyspie Büyükada, w archipelagu Wysp Książęcych na Morzu Marmara, Turcja (po prawej)



Rys. 3.11. Przykłady elewacji z cegły we Wrocławiu⁹³: kościół Św. Krzyża (po lewej); tylna elewacja jednego z budynków Politechniki Wrocławskiej (po prawej)

Analogicznie inne są nasze podświadome oczekiwania w zakresie renowacji obiektów w obrębie tego samego materiału, w zależności od jego wieku i charakteru. W przypadku gotyckiego kościoła Św. Krzyża we Wrocławiu, rys. 3.11 (po lewej), porównanie dwóch sąsiadujących ze sobą powierzchni fasady – odnowionej i przed odnowieniem pokazuje, że proces renowacji, aczkolwiek w tym przypadku uzasadniony technicznie nie jest niezbędny ze względu na percepcję obiektu. Przeciwnie, nieoczyszczona, a przez to nieco niejednorodna powierzchnia gotyckiego muru epatuje swoim wiekiem i powagą. Inaczej jest w przypadku

⁹² Fotografie własne autora.

⁹³ Fotografie własne autora.

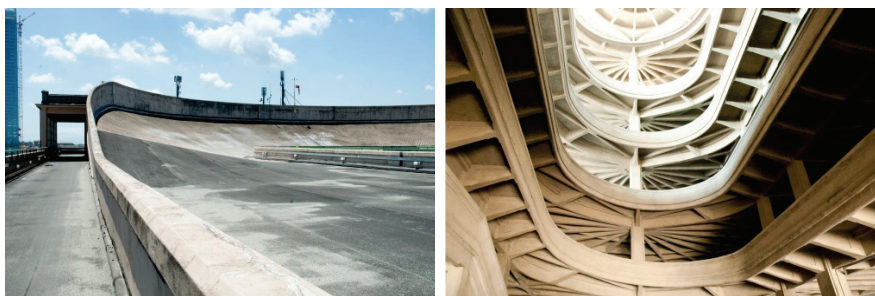
obiekty współczesnego, jednego z budynków Politechniki Wrocławskiej, pochodzącego z lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia, rys. 3.11 (po prawej). W tym wypadku, surowa powierzchnia ceglana wręcz domaga się interwencji, sprawiając wrażenie że prace przy niej zostały przypadkowo przerwane lub, że – jako mało widoczna – została zapomniana.

3.3.3. Starzenie w znaczeniu społecznym i cywilizacyjnym

Opisane powyżej powiązanie percepcji cech materiałowych w sensie technicznym, z trudno mierzalnym, subiektywnym kontekstem, jaki tworzy podświadome tło naszej obserwacji, wiąże się z ze zjawiskiem starzenia się obiektów również w sensie społecznym i cywilizacyjnym.

Techniczny sens przemijania łączy się ze wspomnianymi powyżej cechami materiałów zastosowanych do konstrukcji budynków, ale jest szerszy. Obejmuje bowiem także wyposażenie techniczne budynków, a także niektóre ich cechy użytkowe. Można to zilustrować dwoma przykładami. Pierwszy dotyczy budynków mieszkalnych, które aż do drugiej połowy dziewiętnastego wieku nie były powszechnie wyposażane w pomieszczenia sanitarne. Kilkadziesiąt lat później, takie budynki przestały być akceptowane i konieczna stała się ich modernizacja lub wyburzenie. Podobnie jest z zagadnieniami dotyczącymi fizyki budowli. W przeszłości zagadnienia efektywności energetycznej nie były analizowane, gdyż po prostu nie były znane. Niższy komfort cieplny wynikający z niedostatecznej ochrony, jaką dawały ówczesne ściany, był częściowo redukowany przez lokalne intensywne ogrzewanie pomieszczeń, a częściowo był akceptowanym elementem codzienności. Wpływało to oczywiście na sposób ubierania i styl życia mieszkańców.

Drugi przykład odnosi się do budynków przemysłowych. Szybki rozwój technologiczny powoduje, że wyposażenie budynków przemysłowych musi być wymieniane co kilka lub kilkanaście lat. Oczywiście nie wszystkie budynki są podatne na tego typu modernizację. Może ona wymagać innych wymiarów obiektu, większych wysokości i rozpiętości, może także wprowadzać zwiększone obciążenia działające na elementy konstrukcyjne. Bardzo efektowne nieraz obiekty, których stan techniczny w znaczeniu budowlanym jest zupełnie dobry, tracą w ten sposób swoją przydatność do pierwotnie przewidzianej funkcji. Bardzo charakterystyczny jest w tym zakresie przykład budynku Lingotto w Turynie (arch. Matté Trucco). Wybudowany został w latach 1916–1923, jako bardzo nowoczesna fabryka samochodów. Wyróżniające go elementy: tor prób zlokalizowany na dachu, rys. 3.12 (po lewej), i prowadząca do niego charakterystyczna rampa, rys. 3.12 (po prawej), stały się ikonami stylu w kształtowaniu budynków przemysłowych, a sam budynek uchodził za awangardowy. Po sześćdziesięciu latach, w 1982 r., budynek został uznany za przestarzały i produkcję samochodów przeniesiono do innego obiektu.



Rys. 3.12. Budynek fabryki Fiata w dzielnicy Lingotto w Turynie⁹⁴
 – tor testowy na dachu budynku (po lewej)
 i wewnętrzna rampa prowadząca na tor testowy (po prawej)

Po modernizacji, w 1986 r. (arch. Renzo Piano), został przekształcony na centrum, w którym mieszczą się sale koncertowe i teatralne, galeria handlowa i centrum kongresowe. Elementem tego ostatniego jest ekskluzywna sala w formie przeszklonej kapsuły na dachu budynku, wraz z lądowiskiem helikopterów, rys. 3.13 (po lewej). Początkowo podziwiana, jako przykład udanego wpisania nowej formy architektonicznej w istniejący obiekt, zupełnie nie spełniła swojej roli. W ciągu trzydziestu lat istnienia była wykorzystana zaledwie kilkakrotnie, a obecnie jest uważana raczej za ciekawostkę, a jej forma – za przebrzmiałą. Ten przykład ilustruje, że wszystkie działania modernizacyjne, mające sprawić, że obiekt będzie znów pełnowartościowy technicznie i estetycznie, są poddawane takim samym prawom starzenia, jak sam obiekt.



Rys. 3.13. Przekształcenia budynków przemysłowych w Turynie⁹⁵
 – sala konferencyjna na dachu dawnego budynku Fiata w Lingotto (po lewej)
 i park poprzemysłowy Parco Dora (po prawej)

Innym przykładem całkowitego przesunięcia funkcji, przy jednoczesnym zachowaniu tkanki technicznej obiektu, jest park Dora⁹⁶ w Turynie, zrealizowany

⁹⁴ Fotografie własne autora.

⁹⁵ Fotografia własna autora.

⁹⁶ Wł. *Parco Dora*.

w 2012 r. (arch. Carlo Pession). Na miejscu dawnego potężnego zespołu obiektów przemysłu ciężkiego powstał wielofunkcyjny zespół sportowo-rekreacyjny. Wartościowe elementy konstrukcyjne hal zostały wkomponowane w teren i zakonserwowane. Wyeksponowano stalowe i betonowe pozostałości po zabudowaniach fabrycznych, częściowo nawet dach, rys. 3.13 (po prawej). Park jest wykorzystywany także, jako miejsce spotkań dużych grup, wieców itp.

Niekiedy przesunięcie następuje nawet w obrębie tej samej funkcji. Słynny z powodu swojej pionierskiej formy Stadion Olimpijski w Monachium (arch. Frei Otto i Günter Behnisch) został zastąpiony, jako miejsce rozgrywania meczów piłkarskich, przez stadion Allianz Arena (arch. Jacques Herzog i Pierre De Meuron), którego ukształtowanie bardziej sprzyja budowaniu atmosfery tego typu imprez.

Takie przesunięcie funkcji i zmiana percepcji jest charakterystyczna dla starzenia się budynku w sensie społecznym i cywilizacyjnym. W zaawansowanym społeczeństwie postindustrialnym funkcja przemysłu ciężkiego musiała ustąpić miejsca funkcjom zorientowanym na zaspokajanie potrzeb związanych z interakcją międzyludzką. Jakaś część architektury przeminęła, ale inna nabrała nowego znaczenia.

3.3.4. Nomadyzm funkcjonalny i estetyczny – immanentność przemijania

We współczesnych społeczeństwach występuje permanentne napięcie pomiędzy koczowniczym a osiadłym trybem życia. Znajduje to odbicie w pracach takich współczesnych filozofów, jak Gilles Deleuze (Deleuze i Guattari 2003). Według niego, powtórzenie jest czymś nieuzasadnionym, przypadkowym, irracjonalnym, wręcz bezsensownym, a obraz ludzkiego bytu zmienia jedynie to, co jest żywe i dynamiczne.

Miasta sprawiają wrażenie z natury statyczne i osiadłe. Jednak zachodzące w nich procesy wydają się temu zaprzeczać. Widzimy w nich ciągły, nomadyczny przepływ ludzi. Oglądany z zewnątrz może sprawiać wrażenie „ruchów Browna”, ale jest przejawem dynamiki systemu miejskiego. Nie można znaleźć się ponownie w takiej samej sytuacji, nawet nie zmieniając swojego położenia – poprzednie sytuacje już przeminęły. Stwierdzenie Heraklita z Efezu, że nie można wejść dwa razy do tej samej wody, jest tu bezpośrednio odczuwalne.

Podobnie, czynnikiem ciągłych zmian są zjawiska atmosferyczne: pory roku, słońce, wiatr, deszcz. Poruszamy się po tym samym, ale nie takim samym mieście. Podobnie, chociaż znacznie brutalniej działającym czynnikiem jest wojna, ze swoją destrukcją, która może w szczególnych wypadkach prowadzić do swego *katharsis*.

Czasami budynki są traktowane jak elementy tymczasowego obozowiska. Przykład Detroit, w którym znaczne obszary miasta zostały porzucone i stały się ruiną, jest tutaj zmienny, rys. 3.14 (po lewej). Ta ruina teraz fascynuje i staje się sama swoistym „atraktorem”, przyciągającym śmiarków poszukujących mocnych

doznań. Niektórzy nazywają to „estetyzacją rozkładu” lub „pornografią ruin”⁷² (Welsh i Welsh 2014).

Porzucane są również budynki będące w bardzo dobrym stanie technicznym, tylko dlatego, że w pobliżu powstały nowe, o tej samej funkcji. Przykładem może być Palazzo del Lavoro w Turynie (proj. Pier Luigi Nervi) (Jabłońska, Tarczewski, i Trocka-Leszczyńska 2015) rys. 3.14 (po prawej). Nowe jest wrogiem starego. Zmiana sama w sobie jest wystarczającym uzasadnieniem porzucenia budynku.



Rys. 3.14. Ruiny w znaczeniu technicznym – budynek przemysłowy w Detroit, USA (po lewej)⁹⁷ oraz ruiny w znaczeniu społecznym – Palazzo del Lavoro, Turyn, Włochy⁹⁸

Próbą znalezienia pomysłu na budynek, którego tkanka techniczna byłaby jedynie osłoną dla mieszanych zastosowań i zróżnicowanej funkcji jest Fun Palace według pomysłu Cedrica Price’a, z 1964 r. (Vlachaki 2013). Próbą praktycznej implementacji tej koncepcji było późniejsze o trzynaście lat Centrum Pompidou w Paryżu, Renzo Piano i Richarda Rogersa (1977).

Wydaje się, że współczesna atomizacja społeczeństwa jest i będzie – przynajmniej w najbliższej przyszłości – czynnikiem sprzyjającym nomadyzacji struktury miast⁹⁹.

Przemijanie jest immanentnie wpisane w architekturę. Jego elementami są: stopniowa degradacja techniczna, starzenie funkcjonalne, cywilizacyjne i społeczne. Procesy nieustannie zachodzące w budynkach, jak i w strukturze miast są w pewnym sensie odpowiednikami procesów zachodzących w organizmie ludzkim.

⁷² Ang. *aesthetication of decay* oraz *ruin porn*.

⁹⁷ Ilustracja za: (Marchand i Meffre 2010).

⁹⁸ Fotografia własne autora.

⁹⁹ Nomadyzacja struktury miasta jest tu rozumiana jako rezultat pełnej lub częściowej zmiany formy życia jego mieszkańców i niektórych form ich kultury materialnej na nomadyczną. Duża mobilność, praca poza stałym miejscem, często w charakterze freelancerów i brak przywiązania do jednego miejsca zamieszkania, powodują, że tkanka miejska zaczyna pełnić do pewnego stopnia rolę „obozowiska”. Czas moralnego zużycia budynków ulega skróceniu, a niekiedy są one wręcz porzucane.

Jedynie niektóre budynki są wciąż przydatne technicznie i funkcjonalnie, pomimo że powstały w odległych epokach. Przykładem może być Bazylika św. Piotra w Rzymie¹⁰⁰. Znajduje się ona wciąż w bardzo dobrym stanie technicznym i zachowuje ciągłość funkcjonalną oraz ciągłość pozytywnej percepcji estetycznej, mimo wielokrotnej zmiany paradygmatu w okresie jej istnienia. Podobna jest przez to do „żwawego dziadka”, który wciąż jest sprawny i potrzebny. Takie wyjątki są jednak jedynie potwierdzeniem trwałości zasady przemijania w architekturze.

Warto jeszcze raz podkreślić, że procesy przemijania i starzenia obiektów architektonicznych są formą przedłużonej komunikacji ich autora lub autorów ze społeczeństwem. Są procesem, na który mają oni wpływ jedynie przez „impuls początkowy”, podobnie jak rzut kulą w trakcie gry w kręgle. Ale ten proces jest decydujący dla percepcji dzieła, w konsekwencji dla jego losów po upływie przewidzianego okresu „życia”, a także dla oceny tego, jak w danym przypadku architektura spełniła swoją społeczną rolę.

¹⁰⁰ Dotyczy to oczywiście także wielu innych zabytkowych kościołów.

Rozdział 4. Zarządzanie informacją w procesie inwestycyjnym

W Efezie, znanym i wielkim mieście greckim, istnieje podobno stare, przejęte od przodków prawo, twarde ale bynajmniej nie krzywdzące. Według niego architekt podejmując się zamówienia państwowego określa z góry za jaką cenę je wykona. Po złożeniu kosztorysu, majątek jego przejmuje w zastaw państwo, dopóki robota nie zostanie wykonana, po czym o ile wydatki odpowiadają kosztorysowi, architekt otrzymuje pochwalne dekrety i wyróżnienia. Również jeśli nie przekroczył kosztorysu powyżej jednej czwartej, pokrywa to skarb państwa, a budowniczego nie czeka żadna kara. Jeśli jednak architekt przekroczy kosztorys więcej niż o jedną czwartą, musi pokryć niedobór z własnego majątku.

Oby bogowie nieśmiertelni sprawili, żeby takie prawo obowiązywało także lud rzymski, i to nie tylko przy budowach publicznych, lecz także prywatnych. Nie grasowaliby wtedy bezkarnie nieucy, lecz bez wahania zajmowaliby się budownictwem ci, którzy zdobyli wiedzę przez gruntowne studia.

Witruwiusz¹⁰¹

4.1. Rola architekta w procesie inwestycyjnym

Pozycja architekta, jako twórcy budynku ukształtowała się w sposób naturalny, poprzez wiele stuleci funkcjonowania tradycyjnej formy realizacji inwestycji. Architekt najpierw musiał przetłumaczyć potrzeby inwestora na formę budynku, a następnie przewidzieć wszystkie elementy potrzebne do jego realizacji (w tym system konstrukcyjny) aż do końcowego ukształtowania formy. Następnie zarządzał budową, kierując dostawami materiałów i pracą rzemieślników. Oczywiście kontrolował również rachunki i rozliczał się z inwestorem.

¹⁰¹ Cytat za (Witruwiusz 1999 X, 1–2).

Na wystawie prac Michała Anioła Buonarrotego pt. *Michelangelo Architetto*, zorganizowanej w 2011 r. w mediolańskim Castello Sforzesco, znajdował się odręczny szkic przedstawiający projekt okien we florenckim Palazzo Medici Riccardi, na którym artysta umieścił niezwykle szczegółowe wyliczenie kosztów wykonania, z uwzględnieniem wszystkich detali kamieniarskich i prac pomocniczych¹⁰². Jest to przykład, jak ważne były zagadnienia realizacyjne nawet dla największych artystów.

W późniejszym okresie zagadnienia związane z konstrukcją obiektów i ich realizacją stawały się coraz bardziej domeną inżynierów konstruktorów, którzy pojawili się jako nowa profesja, pod koniec XVII w. Stopniowo, rozwój techniczny powodował wzrastające uzależnienie architekta od specjalistów z innych branż.

Projektowanie jest działalnością kreatywną i bardzo osobistą, a jego końcowy rezultat jest kulminacją procesu, napędzanego często osobistą motywacją. Współcześnie, działając w dużym zespole projektowym, architekt musi współdzielić część swoich twórczych kompetencji z innymi członkami zespołu. W dużych projektach, bardzo podkreśla się rozróżnienie roli projektanta od roli menedżera procesu projektowego. Jednak w dalszym ciągu pełni on rolę lidera zespołu projektowego i jest głównym odpowiedzialnym za końcowy efekt prac.

Fakt, że tradycyjna rola architekta zmieniła się z kierownika projektu i menedżera na lidera zespołu projektowego, doprowadził do istotnej niejednoznaczności co do kierowania projektem jako całością, szczególnie jeśli zakres obowiązków i odpowiedzialności nie został jasno ustalony z zewnątrz (przez inwestora).

Jednym z najważniejszych obowiązków architekta, które pozostały niezmiennie pomimo reorganizacji procesu projektowego i inwestycyjnego jest nadzór nad prawidłowym przebiegiem procesu tworzenia i wymiany informacji. Na każdym etapie powinna być ona właściwa i w pełni skoordynowana oraz powinna trafić w odpowiednim czasie do właściwego adresata. W idealnej sytuacji takie wymagania są oczywiste, ale dzisiaj złożoność tych zadań powoduje, że są uznawane za jeden z ważnych celów cząstkowych w procesie inwestycyjnym.

4.2. Od modelowania obiektów budowlanych do modelowania informacji budowlanej

4.2.1. Specjalizacja w modelowaniu budynków – koncepcja „wysp informacji”

W siedemnastowiecznej Francji nastąpiło rozdzielenie zawodu architekta i inżyniera konstruktora. Rozpoczął się proces stopniowej specjalizacji i wyłaniania

¹⁰² Wystawa odbywała się od 11 lutego do 8 maja 2011 r. w Sale Viscontee Castello Sforzesco. Niestety, autor nie uzyskał zgody na wykonanie kopii tego rysunku.

się nowych specjalności, których przedstawiciele angażowali się w coraz bardziej szczegółowe problemy.

W poszukiwaniu najlepszego opisu budynku dla własnych potrzeb specjaliści wszystkich dziedzin opracowali własne, specyficzne metody modelowania budynków i wymiany informacji. Sukcesywnie modele stosowane w różnych dziedzinach coraz bardziej się różniły i ostatecznie stały się zupełnie niekompatybilne. Jak wspomniano powyżej, ostatecznie w pełni zintegrowane modele budynków powstawały w okresie renesansu. Nieco upraszczając, można stwierdzić, że specjalizacja wynikała z większej liczby zagadnień, które musiały obejmować te modele. Ten stan zróżnicowania modeli stosowanych w odrębnych dziedzinach istnieje zasadniczo do chwili obecnej. Jeśli porównamy techniki modelowania stosowane w architekturze – czy to rysunek 2D, czy model 3D, różnią się one zasadniczo od modeli używanych do opisu konstrukcji tego samego obiektu. Te ostatnie mogą obejmować schematy statyczne, obliczenia wytrzymałościowe, wytyczne technologiczne dotyczące procesu budowy, kolejność sprężania cięgien itp. Całkowicie inny będzie również model, z którego korzystają specjaliści z dziedziny fizyki budowli, inżynierii sanitarnej i inżynierowie elektrycy. W skrajnych przypadkach specjaliści z różnych dziedzin nie będą w stanie odczytać modeli wykorzystywanych w innych dyscyplinach, być może poza architekturą. Nietrudno zauważyć, że proces ten był silnie stymulowany pojawieniem się i powszechnym wykorzystaniem komputerów i powiązanych z nimi nowych narzędzi. Był to punkt zwrotny o znaczeniu prawdopodobnie większym niż przełom, który dokonał się w epoce renesansu.

Specjalizacja branżowa odbywała się początkowo wraz z rozwojem technicznym. Budynki stawały się coraz bardziej złożone, a ich wyposażenie składało się z coraz większej liczby różnych podsystemów. Później do tego koszyka dodano także kwestie ekonomiczne i związane z zapewnieniem jakości. W kulminacyjnym momencie tego procesu, na początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku, doszło do sytuacji, którą fiński badacz Matti Hannus określił jako pojawienie się „wysp informacji” (Hannus 1996)¹⁰³. Model ten zdobył znaczną popularność, jako trafne i obrazowe przedstawienie sytuacji w dziedzinie modelowania budynków i wymiany informacji, która nastąpiła w chwili gdy dostęp do komputerów stał się możliwy dla stosunkowo szerokiego kręgu użytkowników.

W tym modelu różne specjalności związane z procesem inwestycyjnym reprezentowane są przez wyspy wyłaniające się z morza, które je oddziela. Morze symbolizuje niemożliwość bezpośredniej komunikacji między wyspami. Poszczególne wyspy mają różną wysokość, ponieważ poszczególne specjalności w różnych

¹⁰³ Autorem metafory „modelu wyspowego” jest Bo-Christer Bjørk z Królewskiego Instytutu Technologicznego w Sztokholmie. Matti Hannus opracował na tej podstawie diagram, który stał się podstawą do wykonania rys. 4.1 (na podstawie materiałów wewnętrznych przygotowanych na 10 plenarne spotkanie komitetu ISO/TC59/SC13 w Sztokholmie, 08.06.1998, nr ref. ISO/TC59/SC13 N95a).

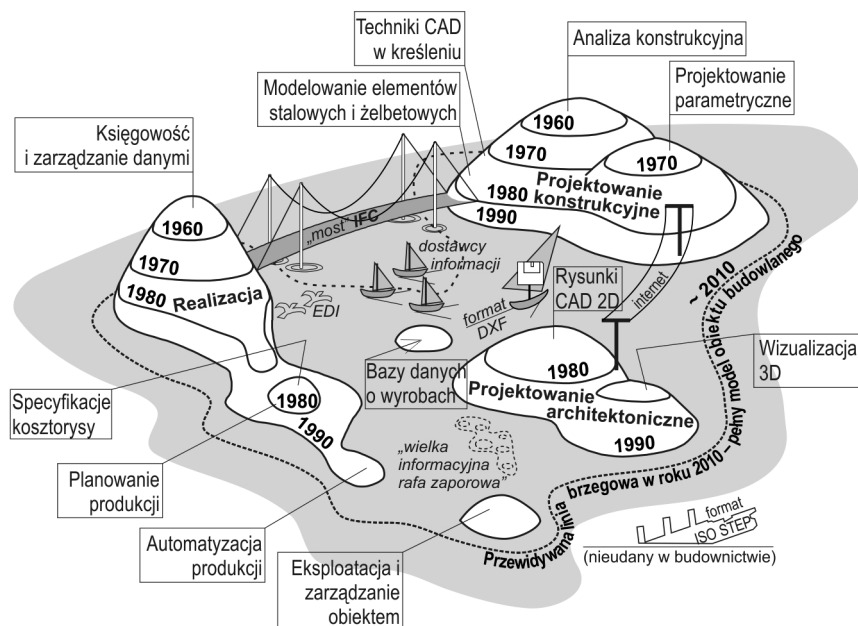
okresach zaczęły tworzyć własne narzędzia do opisu i modelowania budynku. Najwcześniejsze modele pojawiły się w dziedzinie analizy konstrukcyjnej, księgowości i zarządzania. Charakterystyczne jest to, że są to modele typowo numeryczne, niewykorzystujące grafiki, gdyż w tym okresie grafika komputerowa dopiero powstawała. Stopniowo kolejne branże wypracowywały własne sposoby modelowania budynków, które pojawiają się w postaci kolejnych wysp. Wraz z rozwojem metod komputerowego modelowania morze „niemożności komunikacji” stopniowo opada, odsłaniając coraz to niższe i szersze fragmenty wysp, które w ten sposób zbliżają się do siebie. Warstwy symbolizujące dekady umożliwiają umieszczenie tego procesu w czasie.

W międzyczasie pojawiają się różnego rodzaju dodatkowe narzędzia, które umożliwiają pokonywanie odległości, czyli różnic między modelami. Są to formaty wymiany danych, np. DXF, usługi informacyjne, połączenia internetowe i standardowe formaty do przygotowywania i wymiany specyfikacji. Autor tej koncepcji zakładał, że około roku 2010 poziom morza opadnie tak bardzo, że całkowicie odsłoni dno pomiędzy wyspami i staną się one jednym kawałkiem lądu. Oznaczałoby to, że wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego, specjaliści ze wszystkich dziedzin, korzystaliby z jednego, wspólnego modelu obiektu i wymiana informacji w zasadzie nie byłaby potrzebna, ponieważ byłaby ona dostępna bezpośrednio dla każdego (Hannus 1996; Rischmoller i in. 2000; van Rees 2007).

Na przełomie dwudziestego i dwudziestego pierwszego wieku było podejmowanych wiele prób znalezienia takiej wspólnej platformy i większość z nich nie powiodła się. Przykładem jest format ISO STEP, przedstawiony na modelu wyspowym w postaci tonącego statku. Format ten został z sukcesem wdrożony w przemyśle mechanicznym, ale w zakresie budownictwa był znacznie słabiej opracowany, co sprawiło że nie przyjął się zupełnie i jest w zasadzie zapomniany. Niektóre z pomysłów wciąż są w fazie rozwoju.

Trzeba przyznać, że prognoza ta, powstała ponad dwadzieścia lat temu, została częściowo potwierdzona. Rzeczywiście, wysiłki wszystkich producentów systemów komputerowych wspierających projektowanie dążą do opracowania wspólnej platformy umożliwiającej różnym specjalistom pracę na wspólnym modelu. W ogromnym zakresie wysiłki te są udane, ale wciąż daleko jest do przywrócenia modelowaniu integralności z okresu Renesansu. Zakładane na rok 2010 odsłonięcie dna morza wciąż jeszcze nie nastąpiło (Tarczewski 2014a).

W modelu wyspowym Matti Hannusa początkowo nie był jeszcze uwzględniony format Industry Foundation Classes – IFC, który w chwili opracowywania pierwszej wersji tego modelu jeszcze istniał. Jest on obecnie zasadniczym elementem składowym tego, co dziś nazywamy Building Information Modeling (BIM), który omówiony zostanie w dalszej części pracy. Na rysunku 4.1 został on dodany w formie mostu łączącego wyspy, na potrzeby niniejszej pracy.



Rys. 4.1. Wyspy informacji – graficzna prezentacja specjalizacji w modelowaniu informacji¹⁰⁴

4.2.2. Współczesna reintegracja modelowania informacji budowlanej

Współczesna reintegracja modelowania budynków jest wynikiem długiego procesu obejmującego zarówno rozwój środków technicznych, jak i związane z nim koncepcje intelektualne.

Już w 1945 r. Vannevar Bush w swojej pionierskiej i wizjonerskiej pracy *As We May Think* („Jak możemy myśleć”), zaproponował poszerzenie możliwości ludzkiego umysłu poprzez wzmocnienie go zaawansowanymi systemami technicznymi. Proponowany przez niego system *Memex* bazował na technikach, które były wówczas w większości wciąż niedostępne. System ten bardzo przypomina współczesną sieć WWW, jednak nadal nie wszystkie koncepcje w nim zawarte zostały zrealizowane w praktyce.

Pomysły Busha zostały twórczo opracowane przez Douga Engelbarta, w jego pracy *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework* (1962). Zaproponował on podejście obiektowo zorientowane, manipulację parametryczną i relacyjne bazy danych. Również te rozwiązania były wciąż melodią przyszłości. Kilka

¹⁰⁴ Rysunek własny autora, na podstawie (Hannus 1996). Rysunek miał kilka wersji różniących się nieznacznie między sobą w czasie. W najwcześniejszej, „odstąpienie dna morza” zakładano na ok. 2000 r.

lat później, w legendarnym przemówieniu na Fall Joint Computer Conference w San Francisco, w grudniu 1968 r., znanym jako *The Mother of All Demos* (Matka Wszystkich Prezentacji)¹⁰⁵, przedstawił spójną koncepcję pierwszych praktycznych wdrożeń systemu Busha. Opierał się na nowych pomysłach i rozwiązaniach technicznych opracowanych przez jego zespół w Augmentation Research Center na Uniwersytecie Stanforda, w tym prototypie myszy komputerowej i implementacji graficznego interfejsu użytkownika z oknami ekranu, łączami hipertekstowymi, programami do prezentacji itp. Ta prezentacja zdefiniowała na dziesiątki lat kierunki rozwoju systemów komputerowych i interfejsów użytkownika, ale przede wszystkim zdefiniowała sposoby interakcji człowiek–komputer.

Równolegle pojawiają się inne przełomowe koncepcje. Oprogramowanie Sketchpad opracowane przez Ivana Sutherlanda w MIT, w 1962 r., pozwalało na użycie pióra świetlnego do rysowania prostych kształtów na ekranie komputera. Było to oprogramowanie, które modelowało obiekty, a nie tylko ich obrazy i akceptowało określone relacje między tymi obiektami, co umożliwiało dalsze operacje na nich. Powstanie Sketchpada jest powszechnie uważane za początek grafiki komputerowej. Nieco później, w 1968 r. Sutherland wynalazł pierwszy hełm projekcyjny (ang. *head-mounted device*), który umożliwiał widzowi oglądanie sceny komputerowej w trzech wymiarach. Tak więc, już we wczesnej fazie rozwoju grafiki komputerowej pojawiły się narzędzia pozwalające na wdrożenie bardzo zaawansowanego podejścia do modelowania budynków. Jednak ograniczenia w zakresie wydajności komputera i nieporęczność ówczesnych interfejsów użytkownika spowodowały, że możliwości te nie były szeroko dostępne i wykorzystywane. W zamian powstało prostsze oprogramowanie do tworzenia liniowej grafiki dwuwymiarowej, dostępne na komputerach osobistych. Na początku lat osiemdziesiątych XX wieku powstał pierwszy powszechnie dostępny program tego typu – MicroCAD, który w 1986 r. przekształcił się w AutoCAD-86 pierwszą wersję jednego z najbardziej rozpowszechnionych obecnie programów CAD. Nie wchodząc w szczegóły poszczególnych etapów rozwoju grafiki komputerowej, należy stwierdzić, że po wielu latach rozwoju i opracowaniu licznych systemów oprogramowania, ostatecznie wypracowane zostały podstawy współpracy pomiędzy tymi systemami w ramach koncepcji modelowania informacji o budynku (BIM).

W latach dziewięćdziesiątych XX w. rozpoczęły się prace nad stworzeniem wspólnej platformy dla systemów specyfikacji. Prace prowadzone są w ramach komitetu technicznego Międzynarodowej Organizacji Normalizacji ISO/TC59/SC13 – Building construction. Organization of information about construction works oraz organizacji zrzeszającej narodowe instytucje zajmujące się systemami specyfikacji, ICIS – International Construction Information Society. Prace te dotychczas przyniosły dość umiarkowane rezultaty. Ogromne różnice pomiędzy poszczególnymi krajami w zakresie tradycji i szczegółów stosowanych technologii spowodowały, że możliwe okazało się jedynie ustalenie bardzo ogólnych zasad wymiany

¹⁰⁵ Zapis wideo prezentacji Engelbarta „The Mother of All Demos” jest dostępny na serwisie Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=yJDv-zdhzMY>

informacji dotyczących robót budowlanych¹⁰⁶. Zostały one ujęte w normie ISO 12006 „Building construction – Organization of information about construction works”¹⁰⁷.

4.2.3. Modelowanie Informacji Budowlanej – Building Information Modeling (BIM)

W pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku różnorodność narzędzi komputerowych stosowanych do sporządzania modeli obiektów budowlanych była już na tyle duża, że zaczęła stanowić pewną przeszkodę w wymianie informacji. Ujawniło się to przede wszystkim w programach CAD, które posługiwały się własnymi formatami zapisu, a „tłumaczenie” na inny format mogło skutkować utratą lub zniekształceniem części informacji. Co więcej, w powszechnym użyciu były już programy operujące na modelach innych niż graficzne. Dotyczyło to np. programów obliczeniowych z zakresu konstrukcji, ale również programów do sporządzania specyfikacji, których struktura oparta była na bazach danych zorganizowanych na podstawie różnych założeń klasyfikacyjnych.

Przełomową próbą wypracowania wspólnej platformy umożliwiającej budowę jednolitego modelu budynku, zawierającego informacje różnej natury: geometryczne, materiałowe, tekstowe, organizacyjne i wszelkie informacje, które możemy określić jako „meta-dane” w stosunku do podstawowego modelu geometrycznego, stał się format Industry Foundation Classes – IFC.

Format IFC jest rozwijany w ramach inicjatywy International Alliance for Interoperability (IAI), konsorcjum wywodzącego się od założonego w 1994 r. przez Autodesk wraz z dwunastoma innymi firmami Industry Alliance for Interoperability. Organizacja przyjęła obecną nazwę i formę organizacyjną 16 maja 1996 r. w Londynie. Dwanaście lat później, w styczniu 2008 r., IAI zmieniło nazwę na buildingSMART i ma status organizacji non-profit. W 2013 r. Międzynarodowa Organizacja Normalizacji (ISO) zarejestrowała format IFC jako normę ISO 16739 „Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries”. Obecnie używana jest czwarta wersja tego formatu (IFC 4).

Organizacja buildingSMART¹⁰⁸ określa się sama jako „International Home of openBIM”, co dobrze oddaje charakter jej działalności. Format IFC, nad którego rozwojem czuwa, stał się bowiem platformą umożliwiającą przechowywanie i wymianę odpowiednich danych między różnymi aplikacjami i jest rzeczywiście

¹⁰⁶ Autor miał okazję uczestniczyć w pracach ISO/TC59/SC13 w połowie lat dziewięćdziesiątych.

¹⁰⁷ Zgodnie z opisem podanym przez ISO, norma „...określa model informacji niezależnej od języka, która może być wykorzystywana do opracowywania słowników do przechowywania lub dostarczania danych na temat obiektu budowlanego. Dzięki temu wspólne zasady mogą zawierać odniesienia do systemów klasyfikacji, modeli informacji, obiektów i procesów”. (<https://www.iso.org/standard/38706.html>, polska wersja: <http://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-12006-3-2016-12e.html>).

¹⁰⁸ Strona internetowa buildingSMART: <https://www.buildingsmart.org/>

zasadniczym elementem składowym tego co dziś nazywamy Building Information Modeling (BIM)¹⁰⁹. Termin ten opisuje cyfrową reprezentację cech fizycznych i funkcjonalnych budynku w modelu, który jest wspólnym, dzielonym zasobem wiedzy dla wszystkich profesjonalistów zaangażowanych w proces inwestycyjny¹¹⁰.

Z perspektywy zintegrowanego projektu, modelowanie informacji o budynku można zdefiniować jako:

Proces zarządzania informacją w całym cyklu życia budynku (od koncepcji do rozbiórki), który koncentruje się głównie na umożliwieniu i ułatwieniu zintegrowanego przepływu danych w projekcie i realizacji poprzez wspólne wykorzystanie semantycznie bogatych trójwymiarowych (3D) cyfrowych modeli budynków na wszystkich etapach projektu i cyklu życia budynku (Underwood i Isikdag 2009).

Building Information Modeling nie jest technologią łatwą w stosowaniu i wymaga dogłębnego zrozumienia wielu abstrakcyjnych koncepcji, które leżą u podstaw jednolitego cyfrowego modelu budynku. Model taki musi wykluczać nadmiarowość, tzn. każdy obiekt składowy powinien być przedstawiony tylko raz i zawierać wszystkie informacje potrzebne do jego symulacji jeszcze zanim zostanie zrealizowany w sensie fizycznym. Symulacja musi być wieloaspektowa, czyli uwzględniać potrzeby wszystkich, którzy korzystają z modelu, na każdym etapie inwestycji. Muszą być zachowane informacje o funkcji obiektu (również wieloaspektowo, gdyż ten sam fizyczny obiekt może spełniać różne funkcje w różnym kontekście, np. element konstrukcyjny ↔ przegroda ciepłno-wilgotnościowa itd.), warunkach brzegowych, relacjach pomiędzy poszczególnymi obiektami, połączeniach, konfiguracji całego budynku.

Format IFC, będący „sercem” BIM może zawierać dane geometryczne, ale nie jest do nich ograniczony. Obiektami mogą być również konkretne elementy budowlane, takie jak ściany i drzwi. Przechowywane są również informacje alfanumeryczne, takie jak właściwości, ilości, klasyfikacja, wytrzymałość i inne. Aby

¹⁰⁹ Pierwsze udokumentowane użycie terminu „Building Modeling” w tym sensie, w jakim używany jest dzisiaj termin „Building Information Modeling (BIM)” – pojawiło się w tytule artykułu Roberta Aisha z 1986 r. (Aish 1986). Aish wyróżnił trzy podstawowe abstrakcyjne koncepcje leżące u podstaw Modelowania Budynku. Są to:

- strukturyzacja danych projektowych,
- zastosowanie ustrukturyzowanego podejścia do danych projektowych w celu zdefiniowania modelu 3D projektu budowlanego,
- połączenie zarówno rzeczywistej geometrii, jak i symbolicznych reprezentacji budynku w ramach tego samego ustrukturyzowanego modelu 3D budynku.

Aish zilustrował te koncepcje w studium przypadku – etapowanej przebudowy Terminalu 3 na lotnisku Heathrow w Londynie. Wkrótce potem pojawił się w pełnej wersji termin Building Information Modeling, po raz pierwszy użyty w artykule G.A. van Nederveena i E. Tolmana z 1992 r. (van Nederveen i Tolman 1992). Jak zauważa Ch. Eastman jest w tym nieco historycznej ironii, że Terminal 3 na Heathrow posłużył jako ilustracja do pierwszego artykułu Aisha, a około dwudziestu lat później, budowa Terminalu 5 na tym samym lotnisku jest często wymieniana jako jeden z „pionierskich” przykładów zastosowania technologii BIM (Eastman 2008).

¹¹⁰ Integrated Project Delivery AIA 2007.

takie dane mogły być wykorzystywane w celowy i przydatny sposób, muszą odwoływać się do uznawanych systemów klasyfikacji, norm itd. Na przykład, o czym wspomniano wcześniej, różnice pomiędzy sposobem klasyfikowania obiektów dla potrzeb specyfikacji a kosztorysowaniem w różnych krajach są tak wielkie, że bez przyjęcia wspólnej systematyki, np. opartej na normie ISO 12006, możliwość wykorzystania przechowywanych danych jest niewielka.

4.2.3.1. Nie zamrażać rysunku architektonicznego!

Istotną cechą modelu BIM jest jego interaktywność. Model „żyje” wraz z obiektem i wraz z działaniami operujących na nim uczestników procesu inwestycyjnego. Ponieważ model natychmiast odzwierciedla zmiany wprowadzone przez każdego z nich, każdy inny użytkownik ma do nich natychmiast dostęp. Co więcej, uczestnicy zmieniają się wraz z fazami inwestycji, zmieniają się również cele, dla których model jest wykorzystywany. W początkowej fazie projektu będzie on zawierał głównie informacje geometryczne, a w fazie realizacyjnej będą się w nim już znajdować wszystkie informacje branżowe, o które w międzyczasie został uzupełniony, a także informacje, które pojawiły się w związku z robotami wykonawczymi (Tarczewski 2014a).

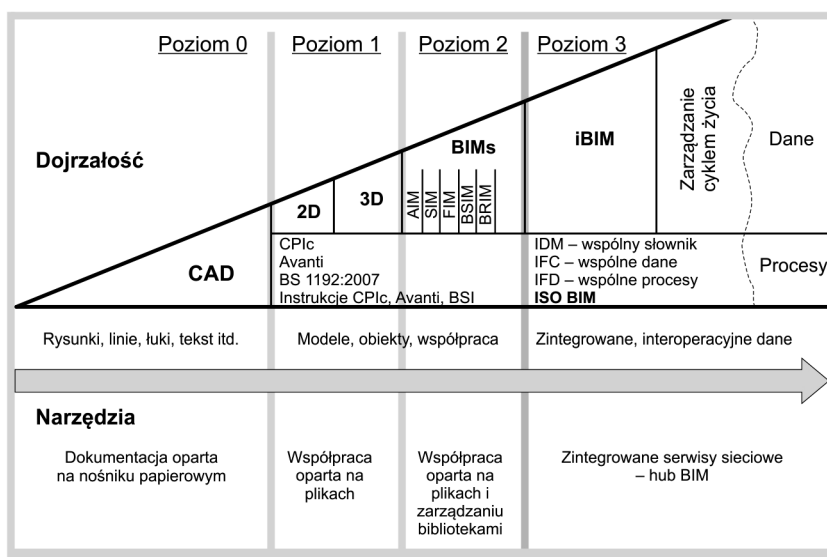
Odpowiada to postulatowi „żywego rysunku architektonicznego”. Pisze o nim Eleanor Suess w eseju *Doors don't slam: time-based architectural representation* (Maudlin i Vellinga 2014). Proponuje ona, żeby jednym z antidotów na „proces utrwalania” projektu architektonicznego było wyrwanie architektonicznego rysunku ze stanu zamrożonego w momencie produkcji. Twierdzi, że podczas gdy zmiana i mnogość wersji są nieodłączne w akcie projektowania, tak samo jest z rzutem pojedynczego, obojętnego i ustalonego punktu końcowego, którego nieruchome stany są nierozzerwalnie związane z mediami wykorzystywanymi w procesie projektowania. Statyczne media wyobrażają sobie, że architektura zamarła w pojedynczym momencie w czasie, w dniu jej kontraktowej realizacji (przekazania dokumentacji). W mediach tych nie ma miejsca na rozważenie czasu trwania, „konsumpcji po produkcji” (czyli użytkowania budynku). Zatrzymana w tym stanie architektura nie może być narażona na działanie czynników rozłożonych w czasie: deszcze nie padają, ślady dotknięć nie odciskają się plamami lub zużyciem, cienie się nie poruszają, wiatr nie wieje, drzwi nie trzaskają, farba się nie łuszczy. Przy takim podejściu, ludzie są unieruchomieni, uwięzieni w – istniejącym tylko chwilowo – idealnym, kompletnym budynku.

Chociaż systemy BIM nadal nie obejmują wszystkich typów modeli używanych współcześnie do opisywania budynków (np. modele konstrukcyjne nadal wymykają się integracji), jednak już obecnie generują nowe możliwości modelowania, udostępniając w ramach modelu różne rodzaje symulacji i analizy, np. klimatyczne i środowiskowe. Obecnie wysiłek bardzo wielu firm i organizacji jest skoncentrowany na rozwoju BIM i wykorzystaniu możliwości, które stwarza, co omówiono w kolejnym rozdziale. Dzięki temu czas pomiędzy pojawieniem się nowej koncepcji a jej wdrożeniem – zarówno w aplikacjach komercyjnych, jak

i w uregulowaniach normowych, uległ znacznemu skróceniu. Wspólna linia brzegowa przewidziana przez Mattiego Hannusa wydaje się być bliższa niż kiedykolwiek wcześniej.

4.2.3.2. BIM Level 2

Bardzo szybki rozwój metodologii BIM i coraz większe możliwości współpracy związane z jej stosowaniem spowodowały, że wydzielono poszczególne etapy tego rozwoju, różniące się istotnie poziomem zaawansowania, nazywając je „Poziomami”. Koncepcja ta została przedstawiona w brytyjskim dokumencie normalizacyjnym BSI (British Standards Institution) – PAS 1192-2:2013¹¹¹, rys. 4.2. Jest znamienne, że nastąpiło to właśnie w brytyjskim przemyśle budowlanym, który uchodzi za najbardziej zaawansowany w Europie pod względem rozwoju i zastosowania nowatorskich metod organizacji pracy.



Rys. 4.2. Wykres „dojrzałości” BIM¹¹² nazywany też „Modelem dojrzałości Bew-Richardsa” (Bew-Richards maturity model)¹¹³

¹¹¹ PAS 1192-2:2013 *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.

¹¹² Rysunek został opracowany na podstawie rysunku zamieszczonego w PAS 1192-2:2013. Oryginalny rysunek został opracowany w 2008 r., jego autorami są Mark Bew i Mervyn Richards.

¹¹³ Znaczenie skrótów użytych na rysunku 4.2:

- CPIc – Construction Project Information Committee; grupa doradcza reprezentująca najważniejsze instytucje brytyjskiego przemysłu budowlanego, w tym stowarzyszenia zawodowe architektów i inżynierów, utworzona w lutym 1987 r. Grupa była odpowiedzialna za opracowanie pierwszych wersji systemu Uniclass, które po przekazaniu praw autorskich przez CPIc na

W dokumencie definiującym strategię dla brytyjskiego przemysłu budowlanego na lata 2011–2015¹¹⁴, opublikowanym w maju 2011 r., rząd brytyjski określił strategię mającą doprowadzić do zmniejszenia kosztów w budownictwie publicznym o 20%. Jako główną przyczynę nadmiernych kosztów wskazano nieskuteczną pracę, rozbieżności i błędy w projektowaniu oraz nieefektywność w procesie wy-

rzecz rządu brytyjskiego, stały się podstawą opracowania systemu Uniclass 2015 (źródło: <http://www.cpic.org.uk/>).

- Avanti – projekt brytyjskiego departamentu handlu i przemysłu (Department of Trade and Industry), realizowany w latach 2002–2006, przy udziale największych brytyjskich firm budowlanych, IAI i instytucji badawczych z obszaru budownictwa. Jego celem było sformułowanie ogólnych ram i zasad współpracy, umożliwiających uczestnikom procesu inwestycyjnego efektywną wspólną pracę. Wyniki projektu, opublikowane jako *Avanti DTI Project documentation* stały się podstawą opracowania normy BS 1192:2007.

- norma brytyjska BS 1192:2007 *Collaborative production of architectural, engineering and construction information*. *Code of practice* określa metodę zarządzania produkcją, dystrybucją i jakością informacji w budownictwie. Obejmuje informacje wytworzone za pomocą systemów CAD zarówno 2D jak i 3D, również w ujęciu modelowania obiektowego. Dotyczy zarówno budynków, jak i obiektów infrastruktury i ma zastosowanie we wszystkich fazach życia obiektu. Może być wykorzystywana przy opracowaniu oprogramowania. W roku 2018 zdecydowano, że norma ta będzie zastąpiona przez normę międzynarodową EN ISO 19650.

- BIMs = Building Information Models; ogólna nazwa dla modeli informacji budowlanej BIM Poziomu 2, dostosowanych do specyficznych wymagań różnych branż, w tym:

- architektury: AIM = Architecture Information Modeling,
- konstrukcji: SIM = Structure Information Modeling,
- zarządzania obiektami: FIM = Facilities Information Modeling,
- instalacji: BSIM = Building Services Information Modeling,
- obiektów mostowych: BrIM = Bridge Information Modeling,

- iBIM = integrated Building Information Modeling.

- IDM = Information Delivery Manual (używane jest również określenie Information Delivery Specification – IDS) – Instrukcja Dostarczania Informacji. Definiowana jest (wg normy ISO) jako „dokumentacja, która zapisuje proces biznesowy i podaje szczegółowe specyfikacje dotyczące informacji, które użytkownik pełniący określoną rolę musiaby dostarczyć w określonym punkcie projektu”. Zasady sporządzania IDM są określone w normach:

- ISO 29481-1:2016, Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format.

- ISO 29481-2:2012, Building information models – Information delivery manual – Part 2: Interaction framework.

- ISO/WD 29481-3, Building information modelling – Information delivery manual – Part 3: Model View Definitions.

- IFC = Industry Foundation Classes.

- IFD = International Framework for Dictionaries – Międzynarodowe Wytyczne Sporządzania Słowników. Słownik danych jest biblioteką referencyjną, w której przechowywane są właściwości obiektów, do których odwołują się zarówno systemy CAD, jak i dokumenty klasyfikacyjne i opisowe. Jest to jeden z podstawowych elementów technologii BIM.

- ISO BIM – modelowanie informacji budowlanej zgodnie z zasadami BIM zdefiniowanymi w normach serii ISO 19650 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling.

¹¹⁴ HM Government Construction Strategy documents 2016-20:

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/510354/Government_Construction_Strategy_2016-20.pdf.

miany informacji. Uznano, że jednym z głównych czynników, wspomagających redukcję kosztów powinna być współpraca wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego (*collaborative working*). Kolejnym założeniem tego dokumentu było, że praktyka współpracy (*collaborative working practices*) rozszerzy się stopniowo również na sektor prywatny. We wspomnianej strategii rządowej wprowadzono wymaganie, aby wszystkie prace budowlane finansowane ze środków publicznych były prowadzone przy użyciu modelowania informacji o budynku (BIM) na poziomie 2, począwszy od 4 kwietnia 2016 r. Obecnie obowiązkiem wykonawcy jest wykazanie, że jest na poziomie BIM 2, poprzez określenie szczegółowo procesów, których będzie używał do spełnienia wymagań projektu i przestrzegania nowych standardów. Wszyscy pracujący przy rządowych projektach budowlanych będą musieli wiedzieć, gdzie znajdują się dane, jakiego są rodzaju i w jaki sposób można je odnaleźć. W tym celu konieczne będzie skorzystanie z ujednoliconego systemu klasyfikacji, który zapewni „wspólny język”. Ten jednolity system klasyfikacji sprawi, że lokalizacja elektronicznych danych projektu będzie szybka i bezproblemowa. Rząd uznał, że proces przeniesienia branży budowlanej do w pełni zespołowej pracy będzie ciągły, a wyraźnymi i rozpoznawalnymi etapami tego procesu będą kolejne Poziomy BIM, które zdefiniowano w przedziale od 0 do 3 (Hardi i Pittard 2015). Brytyjskie instytucje rządowe i zawodowe podejmują szereg działań promocyjnych, mających na celu popularyzację BIM Poziomu 2¹¹⁵.

Poniżej przedstawiona jest ogólna charakterystyka poszczególnych Poziomów BIM. W publikacjach prowadzona pewna debata na temat dokładnego znaczenia i zakresu każdego poziomu BIM, jednak najszerzej akceptowany podział wygląda następująco¹¹⁶:

BIM Poziom 0

Ten poziom oznacza brak współpracy i najprostsze formy operowania informacją. Wykorzystywana jest wyłącznie grafika CAD 2D, która jest przeznaczona przede wszystkim na potrzeby wykonawstwa budowlanego. Formą końcowej dystrybucji są odbitki papierowe, pliki elektroniczne (oddzielne dla poszczególnych branż) lub ich kombinacja. Obecnie, w większości sytuacji współpraca odbywa się na poziomie przekraczającym te wymagania.

BIM Poziom 1

Na tym poziomie zazwyczaj używane są mieszane techniki CAD: 3D do prac koncepcyjnych i 2D do sporządzania dokumentacji wymaganej przez przepisy przy uzyskiwaniu pozwolenia na budowę. Często elektroniczne udostępnianie da-

¹¹⁵ W ramach rządowego programu „The HM Government’s Building Information Modelling (BIM) Programme”, uruchomiona została przez British Standards Institution (BSI) wspólnie z Department for Business, Energy & Industrial Strategy – Building Modelling Task Group, specjalna strona informacyjna BIM Level 2: <https://bim-level2.org/>.

¹¹⁶ Opis wymagań na poszczególnych poziomach BIM został przedstawiony za dokumentacją przygotowaną przez NBS (National Building Specification), organizację zajmującą się systemami specyfikacji w budownictwie, będącą jednym z oddziałów brytyjskiego stowarzyszenia architektów, RIBA: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>.

nych odbywa się ze wspólnego środowiska danych (CDE¹¹⁷), zwykle udostępnianego i zarządzanego przez wykonawcę robót budowlanych.

Aby osiągnąć BIM Poziomu 1 należy osiągnąć następujące cele:

- należy jednoznacznie ustalić role i obowiązki uczestników,
- należy przyjąć wspólne konwencje nazewnictwa,
- należy wprowadzić i konsekwentnie stosować specyficzne dla projektu: klasyfikację, kody i koordynację przestrzenną,
- należy przyjąć „wspólne środowisko danych” (CDE), na przykład ekstranet projektu lub elektroniczny system zarządzania dokumentami (EDMS¹¹⁸), aby umożliwić sprawną wymianę informacji między wszystkimi członkami zespołu projektowego,
- należy uzgodnić odpowiednią hierarchię informacji, wspierającą przyjętą koncepcję CDE oraz ustalić repozytorium dokumentów.

BIM Poziom 2

Poziom 2 BIM wyróżnia się wspólną pracą¹¹⁹ i wymaga „procesu wymiany informacji, który jest specyficzny dla danego projektu i skoordynowany pomiędzy różnymi systemami a uczestnikami projektu”. Każde oprogramowanie CAD używane przez któregośkolwiek z uczestników procesu inwestycyjnego musi mieć możliwość eksportu do jednego z popularnych formatów plików, takich jak IFC (Industry Foundation Class) lub COBie (Construction Operations Building Information Exchange).

BIM Poziom 3

Poziom 3 nie został jeszcze w pełni zdefiniowany, jednak wizję tę przedstawiono w Planie Strategicznym Poziomu 3 Rządu Brytyjskiego¹²⁰ z lutego 2015 r. W ramach tego planu określono następujące „kluczowe działania”, których realizację należy zabezpieczyć za pomocą odpowiedniego finansowania:

- stworzenie zestawu nowych międzynarodowych standardów *Open Data*, które otworzyłyby drogę do łatwego udostępniania danych na całym rynku,

¹¹⁷ Wspólne środowisko danych (CDE – Common Data Environment) jest jednym, wyłącznym miejscem przechowywania informacji, wykorzystywanym do zbierania, zarządzania i dystrybucji dokumentacji, modelu graficznego i danych innych niż graficzne dla całego zespołu projektowego, tj. wszystkich informacji o projekcie (zarówno tworzonych w środowisku BIM jak i w konwencjonalnych formatach danych). Stworzenie takiego pojedynczego miejsca przechowywania informacji ułatwia współpracę pomiędzy członkami zespołu projektowego i pomaga uniknąć powielania informacji i błędów w jej dystrybucji.

¹¹⁸ EDMS – Electronic Document Management System.

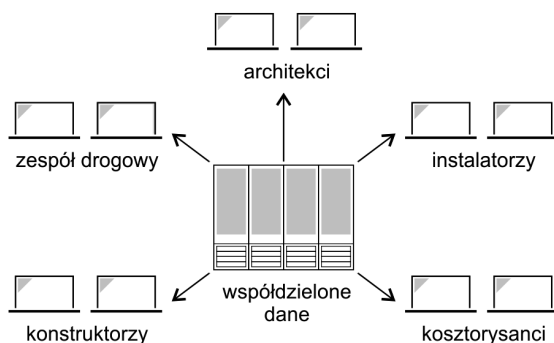
¹¹⁹ Wspólna praca jest głównym kryterium odróżniającym Poziom 2 od Poziomu 1, w którym wystarczało korzystanie ze wspólnego zbioru informacji.

¹²⁰ HM Government Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling – Strategic Plan:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410096/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf

- ustanowienie nowych ram umownych dla projektów zamówionych w BIM w celu zapewnienia spójności, uniknięcia zamieszania i zachęcania do otwartej współpracy,
- stworzenie środowiska kulturowego, które jest z natury współpracujące, stara się uczyć i dzielić wiedzą i informacjami,
- szkolenie klientów z sektora publicznego w zakresie stosowania technik BIM, takich jak wymagania dotyczące danych, metody operacyjne i procesy umowne,
- wspomaganie krajowego i międzynarodowego wzrostu i miejsc pracy w zakresie technologii i budownictwa.

Model informacji o budynku BIM nie jest związany z żadnym konkretnym oprogramowaniem (ang. *software-neutral*). Podstawową zasadą jest możliwość zapisu danych we wspólnym formacie, najczęściej jest to IFC, ale używany jest też format COBie. Użytkownik pracując na wybranym przez siebie oprogramowaniu używa jego natywnego formatu, ale współpraca odbywa się za pomocą formatu wspólnego, rys. 4.3. Wielu dostawców oprogramowania dostarcza bezpłatne narzędzia do przeglądania plików w formatach wymiany informacji. Wymienić tu można przykładowo: AceCad, BIMx, DDS Views, Naviswork Freedom, Solibri Model Viewer, Tekla BIMSight, ThreeD Repo, xBIM Xplorer, Autodesk 360 Web service¹²¹.



Rys. 4.3. Schemat współpracy uczestników procesu inwestycyjnego zgodnie z BIM Poziom 2¹²²

Ze względu na znaczenie, jakiego nabrało w ostatnim okresie zintegrowane modelowanie budynków, termin BIM stał się swego rodzaju hasłem, które jest używane przez producentów oprogramowania w celach reklamowych niekoniecznie zgodnie z jego znaczeniem. Podręcznik BIM z 2011 r. (Eastman i in. 2011) de-

¹²¹ Za: <https://bimportal.scottishfuturetrust.org.uk/page/bim-viewing-tools>

¹²² Opracowano na podstawie: <https://bimportal.scottishfuturetrust.org.uk/page/standards-level-2> (dostęp: 30.03.2019).

finiuje wprost, których sposobów modelowania nie można zaliczyć do rozwiązań BIM¹²³. Są to:

- modele zawierające tylko dane 3D i żadnych (lub tylko kilka) atrybutów obiektów. Mogą one być używane do budowy modelu geometrycznego ale nie zapewniają żadnej lub bardzo niewielką obsługę integracji danych i analizy projektu,
- modele nie wykorzystujące modelowania parametrycznego, gdyż nie można zmieniać proporcji wewnętrznych i położenia zdefiniowanych w nich obiektów,
- modele składające się z wielu plików referencyjnych 2D CAD, które muszą zostać połączone w celu zdefiniowania budynku, gdyż takie podejście nie daje gwarancji, że wynikowy model 3D będzie spójny, możliwy do analizowania i będzie umożliwiał operowanie zawartymi w nim obiektami,
- modele umożliwiające zmiany wymiarów w jednym widoku, które nie są automatycznie odzwierciedlane w innych widokach, czyli w całym modelu. Pozwala to na występowanie w modelu błędów, które są bardzo trudne do wykrycia.

Trzy ostatnie zastrzeżenia określają poziom wymagań dla programów pod względem sposobu budowy i możliwości korzystania z modelu geometrycznego. Pierwsze zastrzeżenie odnosi się do istoty modelu zintegrowanego – operowania jednocześnie danymi geometrycznymi i procesowymi w tym samym modelu. Wynika z tego wprost, że ważnym elementem metodologii BIM na każdym poziomie jest wprowadzenie odpowiedniego systemu klasyfikacji informacji i kodowania, który umożliwiłby zorganizowanie informacji w odpowiedni, hierarchiczny sposób. Zagadnienie to jest omówione w dalszej części pracy.

4.3. Model zintegrowanego procesu inwestycyjnego – IPD

4.3.1. Fazy życia inwestycji

Proces inwestycyjny jest najczęściej rozumiany jako zespół działań, których końcowym rezultatem jest oddanie obiektu do eksploatacji. Jest to rozumienie dość potoczne. Z punktu widzenia modelowania informacji budowlanej, proces ten obejmuje cały cykl „życia” budynku. Od „narodzin” w formie pomysłu, do „śmierci” w formie wyburzenia lub przebudowy. W taki sposób ujmuje proces inwestycyjny raport Międzynarodowej Organizacji Normalizacji¹²⁴ („ISO/TR 14177:1994” 1994), tab. 4.1.

¹²³ Przedstawione zastrzeżenia odnoszą się do BIM Poziom 2.

¹²⁴ Model ten odpowiada ogólnemu modelowi cyklu życia projektu stosowanemu w teorii zarządzania projektami (Lock 2014).

W modelu zaproponowanym przez ISO, proces inwestycyjny, czyli życie budynku dzieli się na trzy główne fazy:

- powstawanie (przeciętnie trwa od 1 roku do 10 lat),
- eksploatacja (trwa do 100 lat, poza budynkami monumentalnymi i obiektami szczególnego znaczenia),
- rozbiorka lub przebudowa (trwa zwykle krócej niż 1 rok).

Najkrótszą ale najbardziej nasyconą aktywnością jest faza pierwsza – powstawanie. Składają się na nią trzy etapy:

- przygotowanie,
- projektowanie,
- realizacja.

Tabela 4.1. Podział procesu inwestycyjnego – fazy „życia” budynku

Faza	Powstawanie			Eksploatacja	Rozbiórka/ Przebudowa
	Przygotowanie	Projektowanie	Realizacja		
Przykłady działań	• wybór odpowiedniej lokalizacji	• projektowanie architektoniczne	• przygotowanie produkcji	• zarządzanie urządzeniami (aparaturą i wyposażeniem)	• rozbiorka
	• zapewnienie możliwości finansowania	• projektowanie konstrukcyjne	• zapewnienie dostaw	• obsługa urządzeń	• kontrola zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i środowiska
	• sformułowanie szkicu projektu	• konsultacje specjalistyczne	• roboty konstrukcyjne i instalacyjne	• konserwacja urządzeń	
		• uzgodnienia formalno-prawne	• kontrola czasu/kosztów/jakości	• naprawy i remonty bieżące/drobne przebudowy	
Typowy czas trwania	normalnie poniżej 1 roku	przeciętnie 1÷5 lat	przeciętnie 1÷5 lat	do 100 lat	normalnie poniżej 1 roku

Etap przygotowania obejmuje wszystkie czynności, które poprzedzają rozpoczęcie opracowywania dokumentacji technicznej. Począwszy od „wymyślenia” idei inwestycji, przygotowania warunków finansowania, aż do wstępnego ustalenia formy obiektu. Na typowe aktywności w tej fazie składają się:

- pozyskanie informacji od klienta,
- identyfikacja jego potrzeb,
- ocena lokalizacji,

- skompletowanie zespołu projektowego,
- pierwsze szkice projektowe,
- studium wykonalności (ang. *feasibility study*),
- biznes plan,
- projekt finansowania inwestycji,
- wstępna propozycja rozwiązania przestrzennego – koncepcja architektoniczna.

Dla etapu przygotowania („ISO/TR 14177:1994” 1994) zakłada średni czas trwania około roku, ale dla szczególnych inwestycji przygotowanie może trwać znacznie dłużej. Skrajnym przykładem może być przygotowanie wielkich inwestycji takich jak elektrownia jądrowa lub port lotniczy. W tym przypadku sama analiza oddziaływania tych inwestycji na środowisko może trwać wiele lat, podobnie inne działania na tym etapie. Etap projektowania obejmuje klasyczny cykl iteracyjny, w którym punktem wyjścia jest stopniowo rozwijane i uszczegółowiane opracowanie architektoniczne. Wszyscy pozostali uczestnicy procesu projektowania, czyli projektanci branżowi, ale również konsultanci zewnętrzni w stosunku do zespołu projektowego, a także instytucje dokonujące uzgodnień formalno-prawnych, dodają do powstającego modelu budynku swoje opracowania. Po kilku kolejnych cyklach iteracyjnych etap ten kończy się przygotowaniem dokumentacji i uzyskaniem pozwolenia na budowę. Na etap trzeci – realizację obiektu składają się prace przygotowawcze (np. przygotowanie i przeprowadzenie przetargów) i wykonawcze. Kończy się on przekazaniem obiektu do użytkowania.

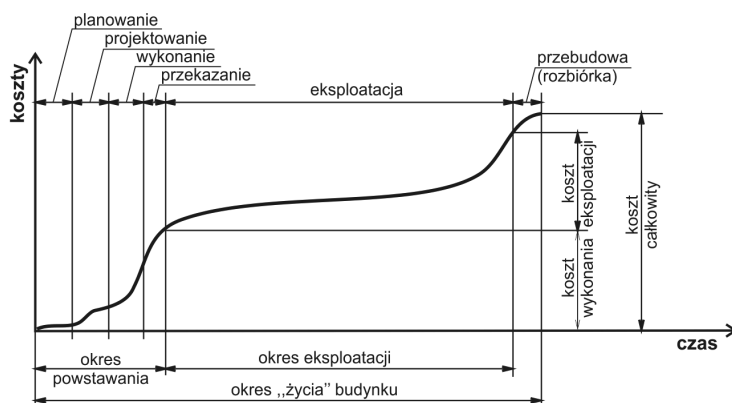
Podstawową koncepcją, która stoi za tym modelem procesu inwestycyjnego jest założenie, że dwie pozostałe główne fazy życia budynku obejmują te same aktywności, które występują w fazie powstawania, ale ich intensywność jest znacznie mniejsza. Faza eksploatacji jest traktowana jako rozłożony w czasie proces powstawania inwestycji. Wynika to z faktu, że w tym etapie występuje po pierwsze konieczność utrzymania sprawności technicznej budynku, czyli konserwacji, a po drugie potrzeba wprowadzania zmian dostosowujących obiekt do zmieniających się w czasie potrzeb użytkowników. W obu tych przypadkach wszelkie prowadzone prace muszą być przygotowane – najpierw koncepcyjnie i finansowo, następnie projektowo i formalnie, a na końcu zrealizowane. Powtarza się zatem, w zredukowanej formie, cykl z etapu pierwszego. Analogicznie jest w fazie trzeciej. Po zakładanym okresie użytkowania, który szacowany jest na około sto lat, a w wielu sytuacjach może być krótszy (tak jest na przykład z obiektami przemysłowymi, które muszą być stosunkowo często dostosowywane do zmieniającej się technologii), musi być podjęta decyzja co do sposobu dalszego użytkowania budynku. Wymaga to przeprowadzenia podobnych analiz, jak w momencie rozpoczynania inwestycji, a często wielu dodatkowych opracowań (np. ekspertyzy stanu technicznego). W przypadku podjęcia decyzji o przebudowie, znajdujemy się z powrotem na początku cyklu: następuje proces opracowania nowej koncepcji użytkowania, wykonania wszystkich niezbędnych

prac przygotowawczych i projektowych, a następnie realizacja. Jeśli podjęta zostanie decyzja o rozbiórce, to również niezbędne jest przygotowanie odpowiedniego projektu, czasami bardzo specjalistycznego (np. w przypadku demontażu niektórych instalacji przemysłowych lub obiektów infrastruktury), poprzedzonego przygotowaniem formalnym i finansowym, a następnie realizacja.

Model („ISO/TR 14177:1994” 1994) bardzo dobrze koresponduje z podejściem do wytwarzania, gromadzenia i wymiany informacji właściwej dla systemów BIM. W każdej fazie inwestycji wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego operują jednym zbiorem danych, który jest uzupełniany i aktualizowany wraz z przechodzeniem do kolejnych etapów. Taki ujednolicony, spójny wewnętrznie model może być wykorzystywany nie tylko w fazie powstawania obiektu, lecz także w czasie eksploatacji. Jest wtedy źródłem informacji niezbędnych np. przy przebudowach, służy również jako pomoc przy zarządzaniu obiektem. Analogicznie jest w fazie trzeciej – przebudowy lub rozbiórki.

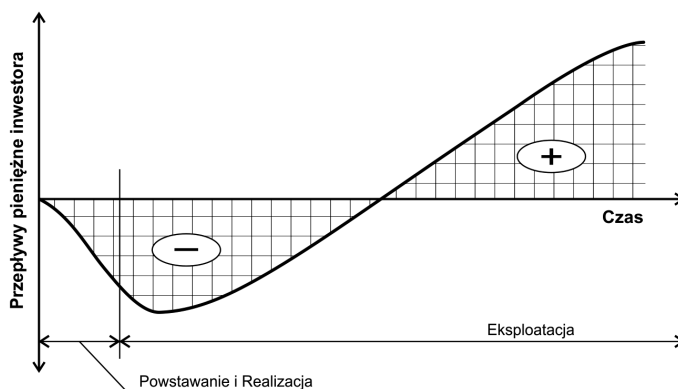
4.3.2. Zintegrowany proces inwestycyjny – Integrated Project Delivery (IPD)

Branża architektoniczno-budowlana, określana często angielskim skrótem AEC (Architecture, Engineering and Construction) jest silnie rozdrobniona w porównaniu z innymi dziedzinami przemysłu. Z tego powodu zintegrowane sposoby pracy są w niej zawsze pożądane. Jak już wcześniej wspomniano, oszczędności, które można uzyskać eliminując negatywne efekty rozdrobnienia mogą wynosić do 20% wartości produkcji budowlanej (Hardi i Pittard 2015). Początkowo podejmowane były próby zmiany poprzez nawiązanie do koncepcji łańcucha wartości (*value chain*), która została wprowadzona w latach osiemdziesiątych jako ogólna koncepcja organizacyjna dla przemysłu (Porter 1985). W ujęciu tym działalność przedsiębiorstwa jest dzielona na zbiór elementarnych czynności, które są uznawane za strategicznie ważne i przedstawiane w układzie sekwencyjnym. Umożliwia to analizę miejsc powstawania kosztów i zysków oraz słabych i silnych stron w działalności przedsiębiorstwa. Koncepcja łańcucha wartości nie przyjęła się w budownictwie w swojej pierwotnej postaci (Kara i Bosia 2017), natomiast stała się podstawą do opracowania metody Integrated Project Delivery (IPD), w polskiej terminologii najczęściej tłumaczonej jako Koncepcja Zintegrowanej Realizacji. Jest ona definiowana jako „kompleksowa metoda dostarczania projektów, która integruje ludzi, systemy, struktury biznesowe i praktyki w proces, w którym wspólnie wykorzystuje się talenty i spostrzeżenia wszystkich uczestników, aby zoptymalizować wyniki projektu, zwiększyć wartość dla właściciela, zmniejszyć ilość odpadów i zmaksymalizować wydajność we wszystkich fazach projektowania, wytwarzania i budowy” („Integrated Project Delivery: A Guide – AIA” 2007). Pierwsze sformułowanie tej koncepcji pochodzi z maja 2007 r.



Rys. 4.4. Skumulowany koszt budynku w całym „cyklu życia”¹²⁵

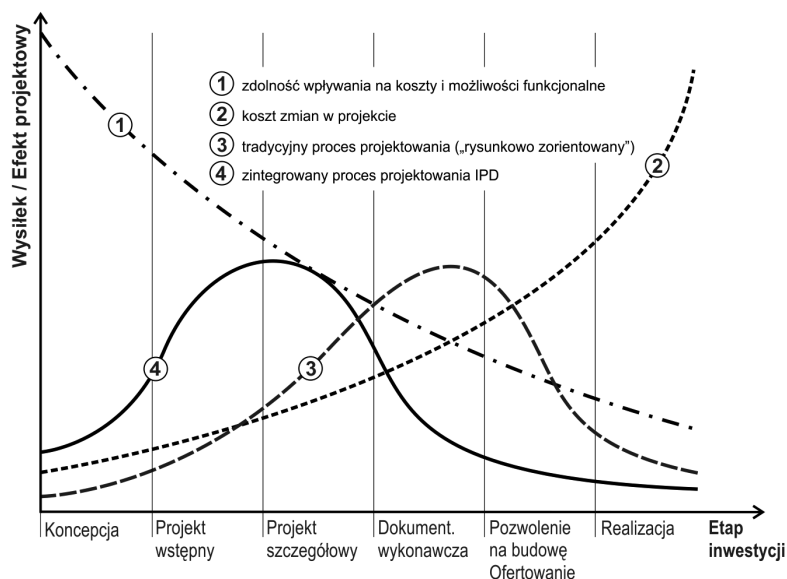
Celem procesu inwestycyjnego jest, w ujęciu IPD, końcowy efekt jaki uzyska inwestor, czyli ukończony i przekazany obiekt budowlany. Jako źródła zagrożeń dla tego efektu zidentyfikowano opóźnienia w stosunku do harmonogramu, przekroczenie budżetu, a także niepożądane relacje między inwestorem, generalnym wykonawcą a architektem. Należy zwrócić uwagę, że z punktu widzenia inwestora, „dostarczenie” produktu, jakim jest gotowy obiekt budowlany nie oznacza jeszcze uzyskania dodatniego efektu inwestycji. Skumulowany koszt budynku, przedstawiony na rys. 4.4 pokazuje, że koszt jego wykonania jest zbliżony do kosztu eksploatacji. Jak widać z wykresu przepływów pieniężnych w okresie życia budynku, rys. 4.5, ujemny bilans wydatków powiększa się jeszcze przez jakiś czas po zakończeniu realizacji. Dopiero po dłuższym okresie eksploatacji następuje punkt zwrotny, w którym bilans finansowy inwestora staje się dodatni.



Rys. 4.5. Przepływy pieniężne inwestora w okresie życia budynku¹²⁶

¹²⁵ Opracowanie własne na podstawie (Kovacic i Zoller 2015; Biondini i Frangopol 2016).

Możliwość wpływania na koszt projektu bardzo silnie zależy od fazy procesu inwestycyjnego. W początkowych fazach projektu możliwość wprowadzania zmian jest ograniczona w zasadzie jedynie przez założony cel końcowy projektu. Szybko zmniejsza się ona jednak w miarę przechodzenia do kolejnych etapów. Równocześnie, koszt wprowadzania zmian w początkowej fazie jest relatywnie niski, ale rośnie wykładniczo w czasie, stając się stopniowo nieakceptowalnie wysoki. Ilustrują to wykresy, od nazwiska twórcy nazywane krzywymi McLeamy'ego¹²⁷, rys. 4.6. Krzywe oznaczone numerami 2 i 3 ilustrują omawianą zależność.



Rys. 4.6. Krzywe McLeamy'ego – ilustracja możliwości wprowadzania zmian w projekcie i ich kosztu w zależności od etapu inwestycji oraz rozłożenie w czasie wysiłku projektowego w tradycyjnym i zintegrowanym procesie projektowym¹²⁸

Wykres McLeamy'ego zawiera jeszcze drugą część ilustrującą zmianę intensywności prac projektowych i uzyskiwanego efektu w zależności od fazy inwestycji – są to krzywe 3 i 4, na rys. 4.6. Pierwsza z nich odnosi się do procesu pro-

¹²⁶ Opracowanie własne na podstawie (Kara i Bosia 2017).

¹²⁷ Patrick MacLeamy był dyrektorem generalnym (CEO) firmy HOK Architects (dawniej Hellmuth, Obata, Kassabaum), a obecnie jest przewodniczącym – buildingSMART International, organizacji czuwającej nad rozwojem formatu IFC. Koncepty krzywych ilustrujących zależność możliwości i kosztów wprowadzania zmian w projekcie przedstawił w: P. MacLeamy, *Collaboration, integrated information, and the project lifecycle in building design and construction and operation*. AIA Construction Users Roundtable (WP-1202, August, 2004). (Rumane 2016) (AIA 2011).

¹²⁸ Opracowanie własne na podstawie („Integrated Project Delivery: A Guide – AIA” 2007).

jektowego zorganizowanego w tradycyjny sposób, a druga – do procesu projektowego zgodnego z wymaganiami IPD. Wyraźnie widoczne jest przesunięcie w czasie pomiędzy obu krzywymi. W tradycyjnym procesie projektowym (krzywa 3) maksymalny wysiłek zespołu, i największe uzyskiwane efekty, przypadają na etap przygotowywania dokumentacji wykonawczej, kiedy opracowywana jest duża liczba rysunków opisów, specyfikacji itd. W procesie projektowym zgodnym z IPD (krzywa 4), szczyt aktywności i najwięcej uzyskanych efektów przypada na wcześniejszą fazę uszczegółowiania koncepcji projektowej.

Przesunięcie krzywych na wykresie McLeamy’ego, oznacza przesunięcie w czasie momentu podejmowania kluczowych dla inwestycji decyzji. W procesie inwestycyjnym zgodnym z wymaganiami IPD następuje to zdecydowanie wcześniej niż w procesie tradycyjnym. Ma to implikacje finansowe i wiąże się z ryzykiem inwestycyjnym i kosztem uzyskania kapitału na inwestycję. Po nałożeniu na siebie wykresów przedstawionych na rys. 4.5 i rys. 4.6 można wyciągnąć interesujące wnioski na temat wyboru pomiędzy projektowaniem IPD a tradycyjnym, motywowanym względami finansowymi.

Z punktu widzenia inwestora, gdy projekt przechodzi od fazy początkowej do etapu znacznego zaawansowania prac realizacyjnych, poziom niepewności co do decyzji projektowych systematycznie spada, jest to oczywiście zjawisko pożądane. Jednocześnie, w tym samym okresie inwestor doświadcza zwiększonego ryzyka finansowego, ponieważ coraz większe jest zaangażowanie środków finansowych, bez całkowitej pewności, że projekt zostanie sfinansowany i ukończony. Dopiero w chwili zakończenia finansowania, co ma miejsce bardzo blisko zakończenia robót wykonawczych, ryzyko jest ograniczone do zwykłego ryzyka wynikającego z gry rynkowej. Instytucje dostarczające środków finansowych na inwestycje preferują sytuacje, w które największe zaangażowanie środków następuje po osiągnięciu kluczowych etapów projektu. Wynika to z dążenia do minimalizacji ryzyka dla inwestycji związanego z czynnikami zewnętrznymi, zmieniającymi się w czasie oraz czynnikami losowymi, które nie mogły być wcześniej przewidziane. W procesie projektowym zgodnym z IPD, największe zaangażowanie kapitału następuje po dłuższym czasie od podjęcia kluczowych decyzji, niż ma to miejsce w przypadku procesu tradycyjnego. Z finansowego punktu widzenia zwiększa to ryzyko projektu, gdyż staje się on mniej odporny na wspomniane czynniki. Zgodnie z przebiegiem krzywej 2, koszt ewentualnych zmian wynikających z zagrożeń będzie w tym wypadku wyższy. Dlatego niektórzy autorzy uważają, że krzywa ta powinna mieć nieco inny przebieg w przypadku procesu IPD niż w przypadku procesu tradycyjnego – jej początkowa część powinna być przesunięta do góry (Springer 2013).

Gdyby na rys. 4.5 dodany został wykres ilustrujący koszt uzyskania kapitału w zależności od czasu, to miałby on charakter linii rozpoczynającej się w pewnym punkcie osi pionowej i pochylonej do dołu w kierunku osi czasu. Położenie punktu początkowego i kąt nachylenia tej linii reprezentowałby zmianę kosztu pozyskania kapitału inwestycyjnego w czasie. Jeśli linia rozpoczynałaby się wysoko i opadała stromo w dół, oznaczałoby to preferencje dla wyboru modelu tradycyj-

nego, a jeśli zaczynałaby się w dolnej lub środkowej części osi pionowej i opadała łagodnie, to preferencje byłyby raczej po stronie procesu zintegrowanego (Springer 2013). Uwzględnienie uwarunkowań finansowania inwestycji i ryzyka inwestycyjnego stawia w nieco paradoksalnym świetle kwestie wyboru pomiędzy tradycyjnym a zintegrowanym procesem projektowym i pokazuje, że doskonałość przebiegu procesu nie musi być dla inwestora jedyną przesłanką przy podejmowaniu decyzji o jego organizacji.

Pomimo próby spojrzenia z innej perspektywy, wydaje się poza dyskusją, że zintegrowane podejście do procesu inwestycyjnego umożliwia zbudowanie dużo bardziej precyzyjnego modelu budynku niż przy podejściu tradycyjnym. W podejściu zgodnym z IPD wymagane jest, aby wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego, zamiast skupiać się na swoich celach cząstkowych, bez uwzględnienia implikacji dla całego procesu, pracowali wspólnie, będąc do tego zmotywowani, mając na uwadze przede wszystkim maksymalizację końcowego efektu procesu z punktu widzenia inwestora. Takie podejście oparte na współpracy pozwala na świadome podejmowanie decyzji już na wczesnym etapie projektu, gdy swoboda decyzji jest największa. Jedną z form implementacji IPD jest nowy rodzaj kontraktu, promowany przez American Institute of Architects (AIA), który w sposób formalny obliguje uczestników procesu inwestycyjnego do wdrażania tej metody („Integrated Project Delivery: A Guide – AIA” 2007).

Organizacja procesu inwestycyjnego według modelu IPD wymaga odpowiednich narzędzi technicznych. Można je zakwalifikować do dwóch grup. Pierwsza z nich, to narzędzia umożliwiające sprawną wymianę informacji. Tradycyjne sposoby komunikacji poprzez pocztę elektroniczną stają się nieefektywne, w chwili, gdy trzeba przysyłać pliki o dużych rozmiarach, co jest typowe w budownictwie. Również konieczność przeglądania plików wyłącznie na natywnym oprogramowaniu znacząco utrudnia sprawną współpracę. Taki sposób komunikacji nie pozwala też na interaktywną pracę kilku uczestników na jednym pliku. Problemy te zostały rozwiązane poprzez zastosowanie specjalnego oprogramowania i centralnego repozytorium plików. korzystanie z niego odbywa się na zasadzie „oprogramowania jako usługi” (SaaS – *Software as a Service*). Jest to jedna z form pracy w chmurze obliczeniowej. Oprogramowanie i archiwum projektu są przechowywane na serwerze firmy dostarczającej tę usługę. Użytkownicy stają się klientami, którzy są uwolnieni od konieczności korzystania z wielu różnych programów wspierających projektowanie, a centralne sterowanie komunikacją i korespondencją zapewnia dostarczenie wszystkich informacji do właściwych odbiorców i we właściwym czasie.

Druga grupa narzędzi technicznych, wspierających proces IPD, dotyczy budowy samego modelu obiektu. Jest to punkt, w którym proces IPD spotyka się z modelowaniem BIM. Zastosowanie modelowania BIM Poziom 2 jest niezbędnym warunkiem organizacji zintegrowanego procesu inwestycyjnego. Definicja tej strategii działania zakłada wprost, że stosowanie BIM jest niezbędne dla skutecznego osiągnięcia współpracy wymaganej w przypadku IPD („Integrated Project Delivery: A Guide – AIA” 2007). Dane wejściowe od szerokiego, zintegro-

wanego zespołu w połączeniu z narzędziami BIM do modelowania i symulacji projektu pozwalają na wprowadzenie projektu na wyższy poziom zaawansowania jeszcze przed rozpoczęciem fazy „produkcji” dokumentacji. Zatem projekt jest również zdefiniowany i skoordynowany na znacznie wyższym poziomie przed rozpoczęciem robót, umożliwiając wydajniejsze ich prowadzenie i skrócenie terminu wykonania obiektu.

4.4. Klasyfikacja informacji w modelowaniu budynków

4.4.1. Rola specyfikacji w modelowaniu budynków

W opisie zasad modelowania BIM, jedno z wyraźnie wymienionych wymagań brzmi: „należy wprowadzić i konsekwentnie stosować specyficzne dla projektu: klasyfikację, kody i koordynację przestrzenną” (rozdz. 4.2.3 niniejszej pracy).

Kompleksowy model budynku zawiera dwie główne grupy informacji. Pierwszą z nich można w uproszczeniu określić jako rysunkową, chociaż dane reprezentowane w tej grupie mogą być dużo bardziej złożone niż tradycyjny płaski rysunek. Mają one na celu przedstawienie ogólnej konfiguracji i układu projektu, w tym jego wielkości, kształtu, wymiarów oraz struktury.

Druga grupa może być określona, również w pewnym przybliżeniu, jako specyfikacje. Oczywiście, obydwa te określenia: rysunki i specyfikacje odwołują się do tradycyjnego sposobu sporządzania i dostarczania dokumentacji: w formie wydrukowanych rysunków i części tekstowej.

Konieczność operowania danymi tekstowymi wynika z faktu, że jest wiele aspektów projektu, których nie można przedstawić graficznie, nawet na bardzo dobrze opracowanych rysunkach, gdyż znaczna część informacji, które są niezbędne w procesie projektowym, nie jest przystosowana do prezentacji graficznej.

Informacje w tej kategorii obejmują kryteria jakości dotyczące materiałów, określone standardy wykonania, zalecane metody budowy itp. Opisują szczegółowo jakość i charakter materiałów, a także normy zawierające wymagania materiałowe, sposób ich wbudowania oraz inne kwestie, które są odpowiednio reprezentowane w formie pisemnej, a nie graficznej. Rysunki rzadko mogą również określać zagadnienia jakościowe w projekcie – klasy dokładności wykonania, tolerancje, sposób wykończenia itp. (Kubba 2010).

Model obiektu bazujący na jego reprezentacji geometrycznej nigdy nie będzie alternatywą dla modelu bazującego na ujęciu technologicznym, dlatego w zintegrowanym procesie inwestycyjnym oba muszą się ściśle uzupełniać. Specyfikacje są jedną z form komunikacji w procesie inwestycyjnym.

Specyfikacje są również zasadniczym elementem dokumentacji kontraktowej, ponieważ definiują wszystkie części składowe obiektu, ich ilości i rozmieszczenie

w obiekcie. W przypadku rozbieżności między rysunkami a specyfikacjami, te drugie uznawane są za decydujące (Ziolko 1995).

W zintegrowanym modelu dane, które dawniej były zapisane w opisach, zestawieniach itp. są zapisywane i przechowywane jako meta-dane w modelu obiektu i z niego są pobierane. Jednakże końcowy sposób korzystania z nich jest bardzo zbliżony do tradycyjnego – w formie dokumentów kontraktowych, które są wykorzystywane do realizacji projektu.

Rodzaj i zakres specyfikacji jest bardzo silnie związany ze zwyczajami panującymi w lokalnym przemyśle budowlanym i mocno różni się pomiędzy poszczególnymi krajami¹²⁹. W odniesieniu do sytuacji w polskim budownictwie, termin „specyfikacja” w używanym tutaj znaczeniu można rozciągnąć na następujące rodzaje opracowań tekstowych stosowanych powszechnie w procesie inwestycyjnym: specyfikacje techniczne wykonania robót, przedmiary robót, kosztorysy¹³⁰.

Racjonalne wykorzystanie specyfikacji, czy to w układzie tradycyjnym, czy zintegrowanym wymaga strukturyzacji danych opisujących proces materializacji projektu¹³¹. Wymaga to przyjęcia podstaw klasyfikacyjnych dla informacji, wspólnych w całym procesie oraz odpowiedniego kodowania, które umożliwi przetwarzanie informacji na podstawie systemu klasyfikacyjnego (Ziolko 1995).

4.4.2. Klasyfikacje a typologie

Jednym z ważnych etapów badań w architekturze, zarówno stosowanych, jak i rozwojowych, jest opracowywanie typologii. Według definicji podanej przez E. Niezabitowską, „Typologia jest to zestaw cech wspólnych charakterystycznych dla określonych rozwiązań przestrzennych [...] lub określonych funkcjonalnie budynków [...]” (Niezabitowska 2014). Autorka ta stwierdza również, że „badania typologiczne pozwalają na opracowanie zestawów typowego podejścia do projektowania określonych typów obiektów w określonych epokach historycznych”, a także, że „studia przypadków wielokrotnych pozwalają na budowanie typologii, czyli wzorców rozwiązań powtarzalnych” (*ibidem*).

¹²⁹ Dla przykładu, w angielskim systemie organizacji budownictwa wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje specyfikacji: wykonawczą (*performance specification*) – w której opisane są oczekiwane efekty, z pozostawieniem wykonawcy znacznej swobody co do metod ich uzyskania; normatywną (*prescriptive specification*) – w której szczegółowo opisane są wymagania co do zastosowanych materiałów i sposobu ich wbudowania, najczęściej przez odwołanie się do norm; własne (*proprietary specification*) – stosowane w sytuacjach, gdy z jakichś względów konieczne jest ograniczenie do rozwiązań do jednego rodzaju produktu, np. przy remontach, dla zachowania zgodności z wcześniej użytymi wyrobami. Zazwyczaj specyfikacje wykonawcze są stosowane przy mniejszych inwestycjach, a normatywne przy większych i bardziej złożonych (Martinez i Scherer 2006).

¹³⁰ W terminologii angielskiej odpowiednikiem przedmiaru robót jest opracowanie *Bill of Quantities* (BoQ), a kosztorysu – *Cost Estimation* lub *Cost Plan* (w zależności od fazy inwestycji mogą być używane dodatkowe nazwy szczegółowe).

¹³¹ Określenie wg (Aish 1986).

Ponieważ widoczne jest pewne podobieństwo obszaru będącego przedmiotem badań zarówno z dziedziny typologii, jak i klasyfikacji, konieczne jest wyraźne rozróżnienie tych dwóch podejść i usytuowanie ich w kontekście prowadzonych rozważań.

W największym uproszczeniu, podejście właściwe typologii można określić jako podejście syntezujące, w odróżnieniu od różnicującego, analitycznego podejścia właściwego klasyfikacji.

Klasyfikacja polega na zdefiniowaniu za pomocą wybranych cech odpowiednich klas i przypisaniu do nich (na podstawie tych cech) pewnych obiektów. Zdefiniowanie klasy poprzez cechy wymaga określenia pewnych wartości granicznych, które te cechy mogą przyjmować. Tworzy to schemat klasyfikacji (Kisielnicki 2009). Klasyfikacja jest operacją o charakterze przede wszystkim jakościowym (Saran 2014). Przy tworzeniu klasyfikacji konieczne jest przestrzeganie czterech podstawowych zasad omówionych w następnym rozdziale, spośród których zasadnicze znaczenie mają: zasada wyłączności i zasada opróżnialności¹³² (Ziolko 1995). W ujęciu matematycznym, kategorie rozpatrywanych zmiennych (cech różnicujących), które zostaną uznane za rozłączne i opróżniające, mogą być traktowane jako wymiary zmiennej ogólnej (w tym przypadku – obiektu). Sam zaś schemat klasyfikacyjny jest wielowymiarowy (Saran 2014).

Klasyfikacja wielowymiarowa jest podstawą wyodrębnienia typów. Spośród cech różnicujących, przyjętych w klasyfikacji, wybierana jest jedna lub więcej cech uznanych za istotną, a pozostałe uznawane są za mniej istotne (Saran 2014). Jedna z tych istotnych cech lub konfiguracja określonych wartości wielu cech uznanych za istotne definiuje typ, a podział typologiczny obiektów polega na ich grupowaniu na podstawie tej cechy (lub cech), pomimo występowania różnic w wartościach cech uznanych za mniej istotne. Jest on zatem budowany na podstawie istniejącej wcześniej klasyfikacji. Pomija się w nim klasy puste lub mało liczne. Podział typologiczny jest podziałem bardziej elastycznym niż klasyfikacja. W odróżnieniu od klasyfikacji, typologia nie musi być wyczerpująca czy rozłączna (Kisielnicki 2009).

Odbywa się więc swoista synteza, ale nie na poziomie całych klas, ale poszczególnych obiektów, wybranych spośród różnych klas. W rezultacie, o ile efektem zastosowania klasyfikacji wielowymiarowej jest zwiększenie liczby klas, to stosowanie typologii ma na celu ich redukcję (Saran 2014). Ułatwia to analizę zwłaszcza w sytuacjach, gdy zastosowanie klasyfikacji byłoby mało czytelne ze względu na zbyt rozbudowaną strukturę klas i małą liczebność obserwacji przypisywanych poszczególnym klasom (Kisielnicki 2009).

Typologia tworzy zatem pewne wzorce pozwalające na stwierdzenie, w jakim stopniu analizowane obiekty zbliżają się do postulowanego normatywnego ideału. Służą to zarówno ocenie, jak i działaniom czysto poznawczym (Saran 2014).

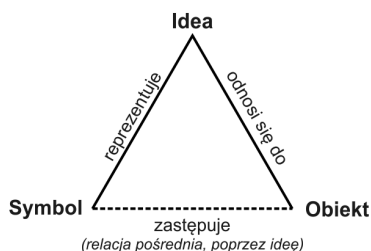
¹³² Stosowane są również określenia: zasada rozłączności i wyczerpywalności (Saran 2014).

W architekturze, budowanie wzorców, czyli tworzenie typologii, odbywa się często metodą badań porównawczych, poprzez poszukiwanie podobieństw i wspólnych cech pomiędzy rozwiązaniami projektowymi (Niezabitowska 2014).

Zarysowane tu różnice pomiędzy podejściem typologicznym a podejściem klasyfikacyjnym, pozwalają określić obszary ich przydatności w procesie inwestycyjnym. Typologie będą przydatne przede wszystkim w zakresie poszukiwania rozwiązań funkcjonalnych i estetycznych w projektowaniu architektonicznym, czyli w procesie tworzenia formy architektonicznej – w najbardziej kreatywnym etapie inwestycji. Klasyfikacje natomiast będą stosowane w procesie materializacji tej formy, zwłaszcza zaś w budowie modelu obiektu i w wymianie informacji w procesie inwestycyjnym. Ze względu na ukierunkowanie treści niniejszej pracy na tę drugą grupę zagadnień, w dalszej części zostaną przedstawione główne problemy związane ze stosowaniem systemów klasyfikacyjnych w procesie inwestycyjnym.

4.4.3. Podstawowe zasady klasyfikacji w zastosowaniu do budownictwa

Zarówno w analizach naukowych, jak i w codziennym myśleniu, właściwości przedmiotów (określenie to użyte jest w najbardziej ogólnym, ontologicznym znaczeniu) są reprezentowane przez idee, które w opisach i komunikacji formalnej mogą być oznaczane symbolami. Dla uniknięcia niejasności i pomyłek, relacje pomiędzy symbolami, ideami a światem rzeczywistym muszą być jednoznacznie ustalone. Tradycyjnie, relacje pomiędzy obiektem, reprezentującą go ideą a jej symbolem przedstawia graficznie tzw. trójkąt semantyczny Ogdena-Richardsa, rys. 4.7 (Malinowski 2010).



Rys. 4.7. Trójkąt semantyczny Ogdena-Richardsa
– graficzne przedstawienie relacji pomiędzy obiektem, odnoszącą się do niego ideą a reprezentującym ją symbolem¹³³

Przypisanie jakiemuś przedmiotowi co najmniej jednej cechy oznacza, że jest on „obiektem”. Określenie obiekt oznacza zarówno obiekty materialne, np. budynek, droga, jak i pojęcia abstrakcyjne, np. trójkąt¹³⁴.

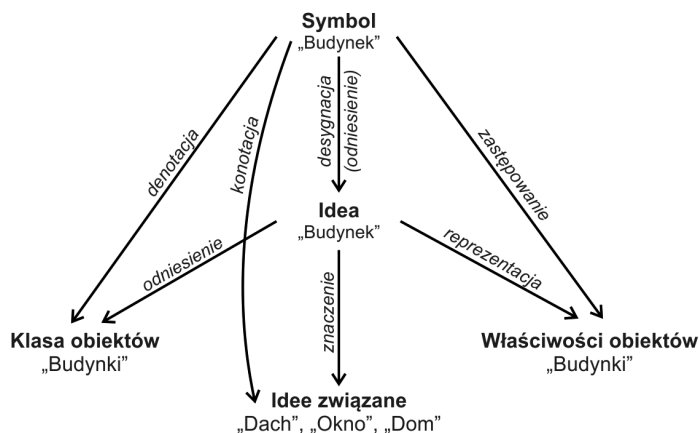
¹³³ Rysunek własny za (Malinowski 2010).

¹³⁴ W języku angielskim używane są określenia *concret and conceptual objects* (Ekholm 2002).

Rozróżnienie pomiędzy obiektem a jego właściwościami jest zabiegiem czysto konceptualnym – nie istnieją obiekty bez właściwości i odwrotnie. W filozofii różni się właściwości pierwotne i wtórne obiektów. Te pierwsze istnieją niezależnie od podmiotu (w tym wypadku – obserwatora). Przykładem może być masa obiektu, właściwości wtórne zaś są zależne od percepcji zmysłowej, np. kolor. Właściwości pierwotne nazywane są również *materialnymi*, a wtórne – *kulturowymi* (Ekholm 2002).

Zespół obiektów powiązanych wzajemnymi relacjami i realizujący jakąś funkcję nadrzędną stanowi system, który funkcjonuje w pewnym otoczeniu. Obiekt budowlany może być rozpatrywany jako system składający się z obiektów – części budynku. W dalszej części będzie pokazane, że struktura ta ma charakter hierarchiczny. Właściwości systemu mogą być wynikowe lub nowo powstałe¹³⁵. Wynikowa właściwość już istnieje w częściach systemu, np. ciężar, podczas gdy właściwości nowo powstałe nie istniały wcześniej i charakteryzują system jako całość. Przykładem może być system składający się z dwóch słupów i belki. Właściwość przenoszenia obciążeń poziomych, np. od działania wiatru, jest właściwa systemowi (w tym wypadku nazwiemy go ramą) złożonemu z belki i słupów. Żaden z tych elementów osobno nie ma takiej właściwości (Ziolko 1995).

Trójkąt Ogdena–Richardsa jest przedstawieniem bardzo ogólnym i siłą rzeczy uproszczonym. W nowszych koncepcjach semantycznych zależności są przedstawiane graficznie w sposób nieco bardziej szczegółowy (Ekholm 1996), co przedstawiono na rys. 4.8.



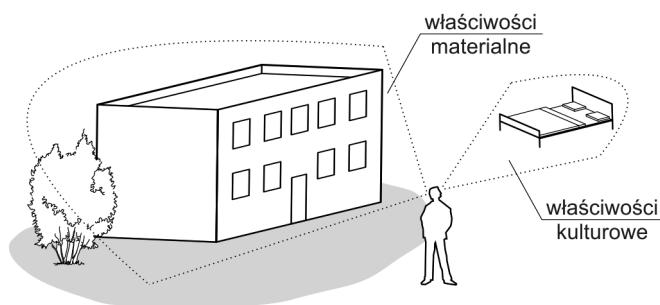
Rys. 4.8. Uszczegółowiona koncepcja semantyczna relacji obiektu, idei i symbolu¹³⁶

¹³⁵ W języku angielskim używane są określenia *resultant* i *emergent*, a także określenia *intrinsic* i *mutual* (Martinez i Scherer 2006).

¹³⁶ Rysunek własny za: (Ekholm 2002).

Ekholm (Ekholm 1996), wyjaśnia ten schemat na przykładzie terminu „budynek”. Używany w języku terminami są symbole i oznaczenia pojęć. Odniesienie do pojęcia „budynek” jest pewną klasą wszystkich obiektów o właściwościach odpowiadających pojęciu „budynek”. Pojęcie reprezentuje zatem pewne właściwości obiektu, na przykład pojęcie „budynek” reprezentuje pewne przestrzenne, funkcjonalne i empiryczne właściwości obiektów należących do klasy „budynków”. Sens temu pojęciu nadaje kontekst pojęć pochodzących od osobistych skojarzeń, tradycji kulturowej lub teorii naukowych. Istnieje również bezpośredni związek zwany *denotacją* między symbolem a klasą odniesienia odpowiedniej koncepcji (idei). Na przykład termin „budynek” oznacza klasę referencyjną pojęcia „budynek”.

Podobnie istnieje bezpośredni związek zwany *konotacją* między symbolem a znaczeniem wyznaczonej idei. Przykładem konotacji terminu „budynek” są pojęcia związane z „budynkiem” w kontekście kulturowym. Pomiędzy symbolem a właściwością reprezentowaną przez odpowiednią ideę istnieje również relacja zastępowania: znak określający „budynek” może zastępować „budynek” lub oznaczać jego właściwości. Jeśli „budynek” zostanie potraktowany jako jeden obiekt, to widoczna jest tu w bezpośredni sposób relacja z dwoma rodzajami właściwości obiektu, rys. 4.9.



Rys. 4.9. Właściwości materialne i kulturowe obiektu/systemu¹³⁷

W przykładzie koncepcji semantycznej dla terminu „budynek” pojawiło się pojęcie klasy obiektów, jako zbioru obiektów reprezentujących pewne wspólne lub podobne właściwości. To stanowi punkt wyjścia do rozważań na temat klasyfikacji.

Klasyfikacja jest to grupowanie obiektów i odróżnianie ich od innych obiektów, poprzez przypisanie ich do określonej klasy. Ogólna koncepcja klasy odnosi się do obiektu jako całości, a koncepcja klasy, która konkretnie reprezentuje właściwość obiektu jest atrybutem. Przykładem może być atrybut f_{cd} , który odnosi się do konstrukcji żelbetowych i reprezentuje ich wytrzymałość. Nieco upraszczając,

¹³⁷ Rysunek własny za: (Ekholm 2002).

klasy są to grupy obiektów, posiadających takie same cechy, których nie posiadają żadne inne obiekty (Ekholm 2002; Ziolk 1995).

Klasyfikacje (taksonomie) są równie stare jak zachodnia filozofia. Jedną z najbardziej istotnych pochodzi od Arystotelesa, który podzielił wszystkie nazwy (lub rzeczy) na dziesięć kategorii, znanych w średniowieczu jako *predicamenta*. Średniowieczna scholastyka połączyła zasadę podziału nazw z inną arystotelesowską koncepcją – *dihairezą*, czyli podziałem jakiejś szerszej koncepcji na kilka bardziej szczegółowych sub-koncepcji i powtarzaniu tej procedury aż do „wypreparowania” pożądanej kategorii. W ten sposób doszło do powstania systemów porządkujących wiedzę na podstawie podziału na klasy, które tworzą obiekty mające jakieś wspólne cechy. Zwielokrotnienie tego podziału w układzie hierarchicznym umożliwiło powstanie struktur typu „drzewo wiedzy”¹³⁸ (Carpo 2017b).

Aby można było sklasyfikować zbiór obiektów, należy najpierw określić cel klasyfikacji. Następnie powinny zostać wybrane właściwości obiektów istotne ze względu na ten cel. Rozdzielenie obiektów ze względu na wybrane właściwości jest końcowym etapem procesu klasyfikacji. Wspólne cechy, które łączą obiekty w klasy, nadają pojęciu klasy treść. Przydzielenie obiektów do poszczególnych klas wymaga zarówno faktycznej wiedzy na temat obiektów, jak i ścisłego przestrzegania celu klasyfikacji. Konieczne jest również przyjęcie pewnych założeń metodologicznych, np. pominięcia tych właściwości obiektów, które nie są przedmiotem zainteresowania. Przykłady zakwalifikowania obiektów do dwóch różnych klas przedstawiono w tab. 4.2. i 4.3.

Tabela 4.2. Przykład przypisania obiektów do klasy „Ściany”

Nazwa klasy	Cechy wspólne	Przykłady obiektów
Ściany	• funkcja – przegroda wewnętrzna lub zewnętrzna • kształt – płaszczyzna pionowa	• ściana murowana z cegły • ściana żelbetowa • ściana szachulcowa

Tabela 4.3. Przykład przypisania obiektów do klasy „Kształtowniki stalowe walcowane”

Nazwa klasy	Cechy wspólne	Przykłady obiektów
Kształtowniki stalowe walcowane	• materiał – stal • sposób produkcji – walcowanie na gorąco • charakterystyka przekroju poprzecznego – ścianki są znacznie cieńsze od całkowitych wymiarów przekroju	• kątowniki • dwuteowniki • rury

Klasyfikowanie nie jest tworzeniem nowej teorii, ale porządkowaniem zgodnie z dostępną wiedzą (Bindslev 1995). W procesie tym trzeba też do pewnego stopnia pomijać fakt, że granice rozdzielające poszczególne grupy obiektów nie są ostre, a właściwości mają często wartości stopniowane (Ekholm 1996). Klasa mo-

¹³⁸ Opracowanie pierwszego „drzewa wiedzy” przypisywane jest trzynastowiecznemu katalońskiemu tercjarzowi franciszkańskiemu Rajmundowi Lull (Carpo 2017b).

że się dzielić na wiele podklas (klas pochodnych), z których każda jest podzbiorem klasy macierzystej. Elementy każdej podklasy mają wspólne cechy, będące uszczegółowieniem cech właściwych całej klasie macierzystej. Każda podklasa jest podporządkowana klasie macierzystej. Proces podziału na klasy pochodne może być kontynuowany i dotyczyć klas niższego rzędu. Schemat podziału klasy macierzystej na klasy pochodne może przebiegać następująco:

1. Klasa macierzysta: Płytki ceramiczne
Klasy pochodne: płytki podłogowe, płytki ścienne, płytki elewacyjne
2. Klasa macierzysta: Stropy
Klasy pochodne: stropy żelbetowe, stropy drewniane, stropy stalowe

Każda podklasa jest podporządkowana klasie macierzystej. Proces podziału na klasy pochodne może być kontynuowany i dotyczyć klas niższego rzędu. Klasy tego samego stopnia podziału są *klasami równorzędnymi*. Analogicznie klasy niższego szczebla mogą być łączone w *klasy nadrzędne*. Strukturę:

klasy nadrzędne – klasy równorzędne – klasy podrzędne

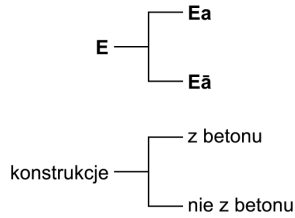
nazywamy *hierarchią*.

Podczas podziału klasy macierzystej na klasy niższego poziomu muszą być przestrzegane zasady, które zapewniają budowanej klasyfikacji jednoznaczność i przydatność (Ziolko 1995). Są to:

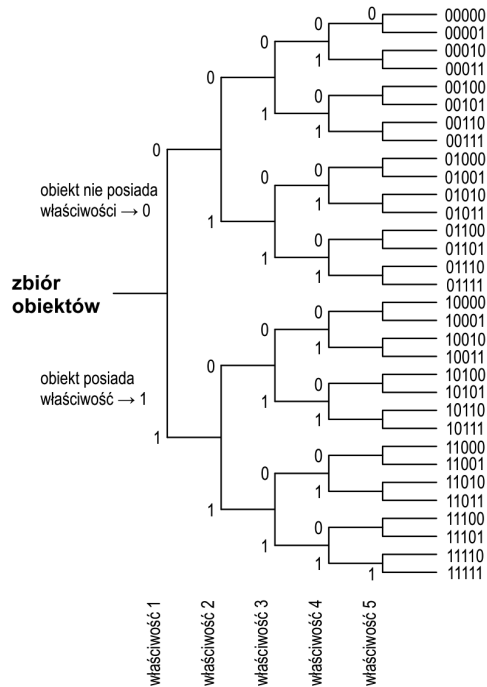
1. zasada jednorodności: zastosowane kryterium podziału nie może budzić wątpliwości, do której klasy mamy zakwalifikować obiekt. Na przykład dychotomiczny podział: ściana podłużna–ściana poprzeczna nie jest jednoznaczny, ponieważ w budynku mogą występować również ściany ukośne, krzywoliniowe itd.,
2. zasada wyłączności: klasy nie mogą się pokrywać: obiekt zakwalifikowany do jednej klasy nie może należeć do innej klasy. Przykładem niejednoznaczności może być wybór właściwości: ściana nośna–ściana z cegły nie wyklucza obiektów, które mogą należeć do obu klas jednocześnie (ściana nośna murowana z cegły),
3. zasada opróżnialności: podział klasy macierzystej na klasy pochodne musi całkowicie opróżnić klasę dzieloną. Jeżeli zasada ta nie jest spełniona, to oznacza, że jako podstawę podziału wybrano cechę, która nie występuje we wszystkich klasach pochodnych,
4. zasada realności odwzorowania: kryteria podziału nie mogą dopasowywać do wybranego systemu kodów, gdyż struktura tego systemu nie musi odpowiadać strukturze danej klasy; stosowanie symboli musi wynikać z przyjętej logiki systemu klasyfikacyjnego.

Do wydzielenia klas można zastosować dwa podejścia, nazywane umownie podejściem boolowskim i kartezjańskim. W pierwszym z nich korzysta się z zasady dychochotomii (sprzeczności) – dzielimy wszystkie obiekty w ramach danej klasy na posiadające daną właściwość (oznaczone „a”) i nie posiadające tej właściwości (oznaczone „ā”), rys. 4.10. W przypadku klasyfikacji o bardziej rozbudowanej, hierarchicznej

strukturze, zasada dychotomii¹³⁹ jest stosowana w kolejnych krokach, dla kolejnych właściwości, rys. 4.11.



Rys. 4.10. Zastosowanie zasady dychotomicznej przy podziale na klasy¹⁴⁰



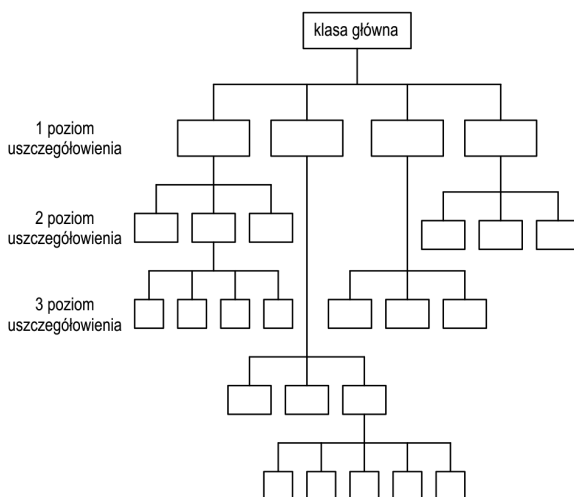
Rys. 4.11. Schemat zastosowania zasady dychotomicznej do budowy systemu klasyfikacji hierarchicznej¹⁴¹

¹³⁹ Najwcześniejszym przykładem zastosowania zasady dychotomicznej w klasyfikacji jest drzewo Porfiriusza, pochodzące z II w n.e., w którym zasada ta została zastosowana do sklasyfikowania organizmów żywych (Ziolko 1995).

¹⁴⁰ Rysunek własny autora, na podstawie (Ziolko 1995).

¹⁴¹ Rysunek własny, na podstawie (Ziolko 1995).

W podejściu kartezjańskim, wykorzystuje się właściwości, które mogą przyjmować kilka różnych wartości. Co więcej, na każdym poziomie kryterium podziału może być właściwość, która ma inną liczbę możliwych wartości, rys. 4.12.



Rys. 4.12. Przykład kartezjańskiego podejścia do budowy systemu klasyfikacji hierarchicznej¹⁴²

W ramach podejścia kartezjańskiego stosowane są dwie główne metody podziału:

1. Poprzez specjalizację, czyli przez uszczegółowienie cech obiektów. Przykład podziału przez specjalizację dla klasy „okna”:

Okno: tradycyjne
 balkonowe
 połaciowe
 naświetle

2. Przez dekompozycję, czyli przez podział obiektów na części:

Okno: ościeżnica
 ślepię
 słupek
 szpros
 skrzydło
 szyba
 okucia
 uszczelki

¹⁴² Rysunek własny, na podstawie (Ziolko 1995).

Klasy powstałe w wyniku kategoryzacji mogą być:

1. Proste – odpowiadające tylko jednemu kryterium podziału, np. podział farb wg składu chemicznego:

Farba: akrylowa
 lateksowa
 winylowa
 winylowo-akrylowa

2. Złożone – odpowiadające kilku kryteriom podziału jednocześnie, np. podział farb wg składu chemicznego i koloru:

Farba: akrylowa biała
 akrylowa czerwona
 ...
 winylowa biała
 winylowa czerwona

Systemy klasyfikacyjne mogą być tworzone stosownie do określonych potrzeb, a ich zakres stosowania nie musi być powszechny. W przypadku klasyfikowania informacji w budownictwie, stosowanie systemów powszechnie akceptowanych daje oczywiste korzyści, ze względu na skalę działalności budowlanej.

Ze względu na logikę wewnętrzną, istniejące systemy klasyfikacyjne mogą być podzielone na trzy grupy, a w każdej z nich mogą wystąpić podgrupy o przeciwstawnej strukturze (Ekholm 1996; Ziolkowski 1995; Cann 1997), rys. 4.13.



Rys. 4.13. Podział systemów klasyfikacyjnych¹⁴³

Klasyfikacja analityczna – systematyzuje zjawiska fizyczne, dostarczając podstaw do ich wyjaśnienia, przewidywania i zrozumienia. Oparta jest na wydzieleniu rzeczywistych obiektów lub zjawisk. Przykładem klasyfikacji analitycznej może być stosowana w biologii klasyfikacja Królestwa Zwierząt, obejmująca rzędy, rodzaje, gatunki itp.

Klasyfikacja dokumentalna – oparta jest na uporządkowaniu dyscyplin i dziedzin wiedzy. Umożliwia porządkowanie dokumentów i innych rodzajów informacji i ułatwia dostęp do nich. Przykładem klasyfikacji dokumentalnej może być stosowana w bibliotekarstwie uniwersalna klasyfikacja dziesiętna Deweya (UDK).

¹⁴³ Rysunek własny autora.

Klasyfikacja enumeratywna – podaje możliwie wyczerpujący, zamknięty katalog wszystkich i jedynie dopuszczalnych podklas (również złożonych) danej klasy macierzystej. Wśród zalet klasyfikacji enumeratywnej wymienia się fakt, że niektóre schematy są szeroko akceptowane i stosowane powszechnie od dawna oraz to, że umożliwia zazwyczaj stosowanie krótkiej i prostej notacji, a jej struktura jest łatwiejsza do pokazania niż w przypadku innych rodzajów klasyfikacji. Do wad należy natomiast jej zamknięty charakter, co utrudnia uwzględnienie nowych dziedzin (obiektów), gdyż wymaga to rewizji klasyfikacji. Poniżej przedstawiony jest przykład klasyfikacji enumeratywnej w zastosowaniu do ceramiki budowlanej (Cann 1997).

Tabela 4.4. Przykład klasyfikacji enumeratywnej w zastosowaniu do ceramiki budowlanej

Klasa macierzysta	Podklasa 1 poziomu, kryterium podziału: materiał	Podklasa 2 poziomu, kryterium podziału: forma
Ceramika	Glina	• cegła • pustak ścienny • pustak stropowy
	Beton	• bloczek • pustak ścienny • pustak stropowy
	Keramzyt	• bloczek • pustak ścienny • pustak stropowy

Klasyfikacja fasetowa – zawiera jedynie klasy proste, oparte na jednym kryterium podziału, nazywane fasetami¹⁴⁴. Klasy złożone mogą być „syntezowane” z klas prostych. Kryteria podziału dla każdej z faset są tak dobrane, aby odzwierciedlały różne istotne aspekty dzielonego zbioru obiektów. W klasyfikacji fasetowej klasy są grupowane w fasety, z których każda zawiera wszystkie klasy ze względu na określony punkt widzenia. Posługiwanie się klasyfikacją fasetową wymaga ustalenia kolejności, w jakiej fasety będą przywoływane podczas tworzenia klasy złożonej, czyli tzw. porządku cytowania. Klasyfikacja fasetowa ma wiele praktycznych zalet: klasy złożone mogą być łatwo syntezowane z klas prostych, a z tego samego powodu również schematy klasyfikacyjne są prostsze, ale umożliwiające klasyfikację zarówno bardzo prostych, jak i bardzo złożonych dziedzin. W klasyfikacji fasetowej łatwo można uwzględnić nowe obiekty albo przez kombinację już istniejących klas, albo przez modyfikację jednej z faset, albo przez dodanie nowej. Do głównych wad klasyfikacji fasetowej zalicza się notacja,

¹⁴⁴ Klasyfikacja fasetowa wywodzi się od opracowanej w 1933 r. przez indyjskiego matematyka i bibliotekarza S.R. Ranganathana tzw. Klasyfikacji Dwukropkowej. Była to klasyfikacja zawierająca tylko dwie fasety, których symbole były w zapisie oddzielone dwukropkiem – stąd jej nazwa (ang. *Colon Classification*).

która może być długa i złożona, a zatem niekiedy nieprzydatna do porządkowania informacji typu bibliotecznego (Cann 1997). Poniżej przedstawiono przykład klasyfikacji fasetowej dla ceramiki budowlanej, analogiczny do przedstawionego powyżej przykładu klasyfikacji enumeratywnej¹⁴⁵.

1. Kolejność przywoływania: Faseta *materiału* przywoływana jest przed fasetą *kształtu*
2. Faseta materiału (M): Głina (M1) Beton (M2) Keramzyt (M3)
3. Faseta kształtu (K): bloczek (K1) pustak ścienny (K2) pustak stropowy (K3)

Przykład zapisu: M2K1 – bloczek betonowy

Klasyfikacja ogólna – obejmuje wszystkie dziedziny (obiekty). W zastosowaniu do informacji budowlanej, klasyfikacja ogólna dotyczy obiektów charakteryzowanych poprzez właściwości, których wartości mają charakter ogólny, a nie są ograniczone do jednego obiektu lub procesu inwestycyjnego. Przykładem takiego zbioru obiektów są na przykład części budynku: ściana, strop itp. Pojęcia te mają ten sam zakres znaczeniowy niezależnie od obiektu, który jest opisywany.

Klasyfikacja specjalna – koncentruje się na wybranych dziedzinach (obiekтах). W zastosowaniu do informacji budowlanej, klasyfikacja ogólna dotyczy obiektów charakteryzowanych poprzez właściwości, których wartości mają charakter ograniczony do jednego obiektu lub procesu inwestycyjnego. Przykładem takiego zbioru obiektów mogą być numery pomieszczeń w budynku. Wartości tej cechy nie mogą być stosowane do innych obiektów niż aktualnie rozpatrywany, gdyż tracą sens (Ziolko 1995; „CIB Report 22. The SfB System.” 1973).

Rola klasyfikacji w procesie wymiany informacji została podkreślona w raporcie technicznym Międzynarodowej Organizacji Normalizacji („ISO/TR 14177:1994” 1994), opracowanym jako jeden z głównych etapów przygotowania międzynarodowej normy dotyczącej klasyfikacji informacji w budownictwie ISO 12006-2 „Building construction – Organization of information about construction works”, który stwierdza, że klasyfikacja właściwości jest niezbędnym krokiem w kierunku prawidłowego rozwoju systemów informacyjnych.

4.5. Systemy klasyfikacji w procesie inwestycyjnym

W przedstawionym na rys. 4.13 podziale systemów klasyfikacji, najbardziej niepozorny, najmniej istotny, wydaje się podział na klasyfikacje ogólne i specjalne. Koncepcja ta została wprowadzona w raporcie („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977). Jej znaczenie jest jednak bardzo

¹⁴⁵ Opracowanie własne autora.

duże i wynika z omawianego wcześniej rozdrobnienia działalności budowlanej i dużego zindywidualizowania poszczególnych projektów. Znajduje to odbicie w dwóch grupach, na które w naturalny sposób dzieli się całość informacji w procesie inwestycyjnym.

Pierwsza grupa, są to informacje użyteczne nie tylko w danym zagadnieniu, ale mogą być również wykorzystywane w odniesieniu do innych obiektów i innych procesów inwestycyjnych. Są to informacje, które dają się sklasyfikować „interobiekto”.

Druga grupa, to informacje, które są związane wyłącznie z aktualnie rozpatrywanym zagadnieniem i nie mogą być użyte wielokrotnie w różnych projektach. Informacje specjalne dotyczą zazwyczaj fizycznej struktury założenia, przebiegu realizacji, sposobu finansowania itp. Przykładami takich informacji, które mogą być szczególnie przydatne w procesie inwestycyjnym są:

- numer budynku, numer piętra, numer pomieszczenia,
- numer osi modularnej,
- numer zmiany projektowej,
- kod osoby odpowiedzialnej za zmianę,
- kodowe oznaczenie wykonawcy,
- numer czynności w harmonogramie robót,
- numer faktury,
- dowolna inna informacja, mogąca mieć znaczenie w umiejscowieniu danego produktu lub czynności.

Klasyfikowanie informacji specjalnych dokonywane jest jednostkowo, na potrzeby danego procesu inwestycyjnego i najczęściej ma strukturę enumeratywną.

Informacje ogólne, co wydaje się oczywiste, mają zasadnicze znaczenie dla stabilizacji procesu wymiany informacji i stworzenia dla niego stałych ram. Spośród różnych możliwych, fasetowa struktura systemu klasyfikacji okazała się najdogodniejszą i najchętniej stosowaną w budownictwie i architekturze.

4.5.1. System SfB

Jak wspomniano wcześniej, klasyfikacje fasetowe wywodzą się od opracowanej w 1933 r., przez S.R. Ranganathana, Klasyfikacji Dwukropkowej. Pierwszym systemem fasetowym opracowanym specjalnie na potrzeby wymiany informacji w budownictwie był system SfB¹⁴⁶. Został on opracowany w latach 1946–1948 w Szwecji, przez komitet kierowany przez architekta L.M. Giertza¹⁴⁷ i E. Nicklina. Oryginalny system SfB został opracowany w celu ułatwienia komunikacji między fazą projektowania i fazą realizacji w procesie inwestycyjnym, był on tak udany, że szybko zdobył międzynarodową popularność i jego angielska wersja została

¹⁴⁶ Skrót SfB jest tłumaczony jako *System for Building*. Pierwotnie był to skrót szwedzkiej nazwy komitetu, który opracował ten system: *Samarbeidskomite för Byggnadsfrågor*.

¹⁴⁷ Lars Magnus Giertz (1908–2008) był wnukiem L.M. Ericssona, założyciela znanej firmy produkującej sprzęt telekomunikacyjny.

uznana za system międzynarodowy. Jego nazwę zmieniono na SI/SfB, a dalszym rozwojem systemu zajęło się stowarzyszenie CIB w Rotterdamie¹⁴⁸ (Ziolko 1995; „Classification Internationale SfB appliquée aux activités du Bâtiment et des Travaux publics. Version Française SI/SfB” 1973).

System SfB został zorganizowany w taki sposób, aby fizyczne składniki budynku można było opisać z trzech różnych punktów widzenia. Są one przedstawione w oddzielnych tabelach-fasetach, z których każda reprezentuje określony „widok”. Ten układ faset jest przedstawiony na rys. 4.14. Ich zawartość stanowią (Ekholm 1996; Ziolko 1995; „CIB Report 22. The SfB System.” 1973; Karlén 1973):

- **Funkcje**¹⁴⁹, opisujące właściwości funkcjonalne części budynków, bez określania ich zawartości materialnej. Jest to „przestrzeń określona wymiarowo i funkcjonalnie” (Giertz 1982). Funkcja opisywana przez Funkcje (czyli w istocie części budynku) odnosi się do roli danego elementu w strukturze fizycznej obiektu, a nie do funkcji rozumianej jako zaspokajanie potrzeb użytkownika. Przykładami elementów funkcjonalnych budynku mogą być: ściany, stropy itd. Tablica ta ma układ hierarchiczny, niższy stopień podziału uszczegóławia stopień wyższy.
- **Konstrukcje**¹⁵⁰, którymi są elementy, dla których określono „rozwiązanie techniczne i formę konstrukcji” („ISO/TR 14177:1994” 1994), czyli mają znaczenie obejmujące kompozycję, wewnętrzną strukturę i aspekty działalności produkcyjnej (Ekholm 1996). Należy przez to rozumieć wbudowane w obiekt, jednolite technologicznie elementy składowe obiektu. W przeciwieństwie do Funkcji, Konstrukcje mają określoną zawartość materialną. Jednolitość technologiczna jest bardzo istotna przy podziale na Konstrukcje, np. ściana z cegły i ułożony na jej powierzchni tynk, są odrębne materiałowo i funkcjonalnie, i są wykonywane w odrębnych procesach technologicznych, dlatego stanowią dwie różne Konstrukcje.
- **Zasoby**¹⁵¹, którymi są „surowe” składniki obiektu, które samodzielnie nie mogą w nim pełnić żadnej funkcji. Zawartość tej fasety bardzo dobrze koresponduje z tradycyjnie funkcjonującym w Polsce schematem: Robocizna – Materiały – Sprzęt (RMS). Te trzy grupy zasobów są niezbędne do nada-

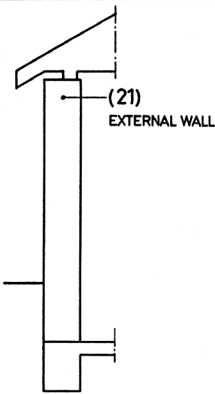
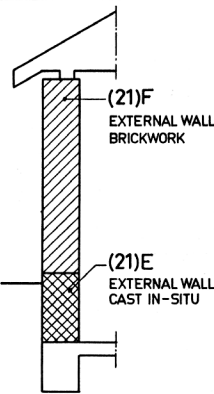
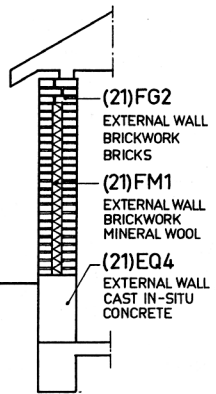
¹⁴⁸ CIB jest skrótem francuskiej nazwy Conseil International du Bâtiment (Międzynarodowa Rada dla Budownictwa), stowarzyszenia powołanego w 1953 r. dla ułatwienia wymiany informacji pomiędzy rządowymi instytucjami badawczymi w przemyśle budowlanym. Od 1998 r. organizacja przyjęła nową nazwę International Council for Research and Innovation in Building and Construction, pozostawiając jednak dotychczasowy skrót CIB (<https://www.cibworld.nl/site/home/index.html>).

¹⁴⁹ Terminowi „Funkcje” odpowiada termin „Elementy” według terminologii przyjętej w normie ISO 12006-2. Będzie o tym mowa w dalszej części pracy.

¹⁵⁰ W opisie systemu SfB pozostawiono terminologię oryginalnie przyjętą. Norma ISO 12006-2 wprowadza nieco inną terminologię, zgodnie z którą, należałoby tę tablicę nazwać: „Część jednostki budowlanej” (ang. *construction entity part*). Będzie o tym mowa w dalszej części pracy.

¹⁵¹ Określenie „Zasoby” jest zgodne z terminologią przyjętą w normie ISO 12006-2. Będzie o tym mowa dalej.

nia obiektowi wymiaru materialnego. Należy zwrócić uwagę, że określenie zasoby oznacza tylko te składniki materialne i niematerialne (praca sprzętu, praca ludzi), które są bezpośrednio związane z wykonaniem Konstrukcji. Czyli na przykład praca personelu biurowego w przedsiębiorstwie nie jest uwzględniona w zasobie „Robocizna” (aczkolwiek jest oczywiście uwzględniona w wyliczeniu kosztu robót budowlanych, co stanowi jednak odrębną kwestię).

OUTLINE PROPOSALS	SCHEME DESIGN	FINAL DESIGN
 (21) EXTERNAL WALL	 (21)F EXTERNAL WALL BRICKWORK (21)E EXTERNAL WALL CAST IN-SITU	 (21)FG2 EXTERNAL WALL BRICKWORK BRICKS (21)FM1 EXTERNAL WALL BRICKWORK MINERAL WOOL (21)EQ4 EXTERNAL WALL CAST IN-SITU CONCRETE
FUNCTIONS	CONSTRUCTIONS	RESOURCES

Rys. 4.14. Rysunek ilustrujący układ faset (tabel) klasyfikacyjnych w systemie SfB¹⁵²

Tak przyjęty podział na tablice / fasety / „punkty widzenia” ma bardzo istotną właściwość, która jest podstawą dalszego przetwarzania informacji: suma wszystkich składników zestawionych według każdej z tabel daje w efekcie całość obiektu („CIB Report 22. The SfB System.” 1973):

$$\sum \text{Funkcje} = \sum \text{Konstrukcji} = \sum \text{Zasobów} = \text{cały obiekt}$$

Raport („ISO/TR 14177:1994” 1994) rozciąga tę zależność również na sumę wszystkich rodzajów robót.

System SfB wprowadził zupełnie nowe podejście do modelowania budynków i organizacji wymiany informacji w procesie inwestycyjnym. Był jednak od początku obciążony pewnymi „grzechami pierworodnymi”, wynikającymi z faktu, że pierwotnie było to opracowanie przeznaczone dla szwedzkiego przemysłu budowlanego. Z tego względu system ten, ustanawiając nową strukturę klasyfikacyjną, jednocześnie wypełniał częściowo jej treść zawartością innych opracowań, które tam funkcjonowały. Dotyczy to zwłaszcza Tablicy 2

¹⁵² Ilustracja za: („CIB Report 22. The SfB System”. 1973), bez zmian.

– Konstrukcji. Była ona opracowana bardzo skrótowo, określając zasadniczo jedynie pewne główne grupy. Uszczegółowieniem tej tablicy był szwedzki system katalogów do sporządzania specyfikacji ByggAMA¹⁵³ („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977). Po przejęciu nadzoru nad rozwojem systemu SfB przez CIB, powstała w ramach tej organizacji międzynarodowa grupa robocza SfB Development Group. W pracy tej grupy ujawnił się zasadniczy problem, który do dziś istotnie utrudnia ustanowienie wspólnej, międzynarodowej klasyfikacji dotyczącej zawartości materialnej budynków. Jest to silne zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi krajami lokalnych tradycji i rozpowszechnienia różnych technologii (Ziolko 1995; Giertz 1982; Karlén 1973). Problem ten ujawnił się później również w pracach grupy roboczej Międzynarodowej Organizacji Normalizacji ISO/TC 59/SC 13. Najpełniejsza wersja systemu SfB, pod nazwą CI/SfB¹⁵⁴, została opublikowana w 1973 r. jako raport CIB („CIB Report 22. The SfB System.” 1973). W roku 1964, Brytyjskie stowarzyszenie architektów RIBA uzyskało licencję na opracowanie własnej wersji systemu, która ukazała się w roku 1968 pod nazwą CI/SfB. Modyfikacja wprowadzona przez RIBA polegała przede wszystkim na wprowadzeniu dwóch dodatkowych tabel: Tabela 0 – Środowisko zabudowane i niezabudowane i Tabela 4 – Czynności i wymagania. Pierwsza z nich, Tabela 0, obejmowała typy osad ludzkich, budynki i przestrzenie; bazowała na systemie Uniwersalnej Klasyfikacji Dziesiętnej (UDK). Tabela 4 obejmowała czynności występujące w branży budowlanej oraz charakterystyki, wymagania, właściwości i warunki dotyczące budynków, elementów przestrzeni, konstrukcji i materiałów, a także wymagania użytkowników; bazowała na opracowaniu CIB Master Lists¹⁵⁵ („CIB Report 22. The SfB System.” 1973; „CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977; „CIB Master Lists for Structuring Documents Relating to Buildings, Building Elements, Components, Materials and Services. Version 1.” 1972). Rozszerzona wersja CI/SfB była następnie podstawą do wszystkich dalszych opracowań z dziedziny klasyfikowania informacji, które powstawały na rynku brytyjskim.

¹⁵³ AMA jest skrótem szwedzkiej nazwy *Allmän Material – och Arbetsbeskrivning* (Ogólne opisy materiałów i robót).

¹⁵⁴ Skróót CI na początku nazwy CI/SfB pochodzi od *Construction Indexing Manual*. Tę wersję systemu używano również na zasadzie licencji we Francji, jako SI/SfB, w Niemczech, jako BRD/SfB i Irlandii, jako Rb/SfB („Classification Internationale SfB appliquée aux activités du Bâtiment et des Travaux publics. Version Française SI/SfB” 1973).

¹⁵⁵ Pełny tytuł tego opracowania brzmiał: „CIB Podstawowa lista nagłówków do aranżacji i prezentacji informacji w dokumentach technicznych dla projektowania i budowy” (ang. *CIB Master List of Headings for the Arrangement and Presentation of Information in Technical Documents for Design and Construction*) („CIB Master Lists for Structuring Documents Relating to Buildings, Building Elements, Components, Materials and Services. Version 1.” 1972).

SfB BASIC TABLE 1 — ELEMENTS

RESERVED GROUPS		(2) STRUCTURE (incl. carcass)	(4) FINISHES (to structure)	(6) SERVICES (mainly electrical)
(01)/(03) and (0-)		(20) <i>See Site</i>	(40) <i>See Site</i>	(60) <i>See Site</i>
(01)/(05) and (0-)		(21) WALLS, EXTERNAL WALLS	(41) WALL FINISHES EXTERNALLY	(61) ELECTRICAL CENTRE
(01)/(09) and (0-)		(22) INTERNAL WALLS, PARTITIONS	(42) WALL FINISHES INTERNALLY	(62) POWER DISTRIBUTION SERVICES
(-1)/(-9) and (-)		(23) FLOORS, GALLERIES	(43) FLOOR FINISHES	(63) LIGHTING SERVICES
		(24) STAIRS, RAMPS	(44) STAIR, RAMP FINISHES	(64) COMMUNICATIONS SERVICES
		(25) <i>Free</i>	(45) CEILING FINISHES	(65) <i>Free</i>
		(26) <i>Free</i>	(46) <i>Free</i>	(66) TRANSPORT SERVICES
		(27) ROOFS	(47) ROOF FINISHES	(67) <i>Free</i>
(00) <i>Reserved</i>		(28) <i>Reserved</i>	(48) <i>Reserved</i>	(68) <i>Reserved</i>
(10) PREPARED SITE		(29) SUMMARY STRUCTURE (building)	(49) SUMMARY FINISHES (building)	(69) SUMMARY SERVICES (mainly electrical, building)
(20) SITE STRUCTURES		Information applicable to two or more of the groups (21) to (28)	Information applicable to two or more of the groups (41) to (48)	Information applicable to two or more of the groups (61) to (68)
(30) SITE ENCLOSURES		(2-) <i>Reserved</i>	(4-) <i>Reserved</i>	(6-) <i>Reserved</i>
(40) ROADG, PATHG, PAVINGG				
(50) SITE SERVICES (pipd and ducted)				
(60) SITE SERVICES (electrical)				
(70) SITE FITTINGS				
(80) LANDSCAPE, PLAY AREAS				
(90) SUMMARY SITE				
Information applicable to two or more of the groups (10) to (80). All general information applicable to the site as a whole				
(-0) <i>Reserved</i>				
		(3) COMPLETIONS (to structure incl. openings in structure)	(5) SERVICES (mainly piped, ducted)	(7) FITTINGS
		(30) <i>See Site</i>	(50) <i>See Site</i>	(70) <i>See Site</i>
		(31) EXTERNAL WALLS	(51) SERVICES CENTRE (mainly piped, ducted)	(71) DISPLAY, CIRCULATION FITTINGS
		(32) INTERNAL WALLS	(52) DRAINAGE, REFUSE DISPOSAL	(72) REST, WORK, PLAY FITTINGS
		(33) FLOORS: GALLERIES	(53) LIQUIDS SUPPLY SERVICES	(73) CULINARY, EATING, DRINKING FITTINGS
		(34) STAIRS, RAMPS	(54) GASES SUPPLY SERVICES	(74) SANITARY, HYGIENE FITTINGS
		(35) COMPLETIONS	(55) SPACE COOLING SERVICES	(75) CLEANING, MAINTENANCE FITTINGS
(1) SUBSTRUCTURE		(36) SUSPENDED CEILINGS	(56) SPACE HEATING SERVICES	(76) STORAGE, SCREENING FITTINGS
Parts below underside of lowest screed or where no screed exists to underside of lowest floor finish.		(37) ROOFS COMPLETIONS	(57) VENTILATION AND AIR CONDITIONING SERVICES	(77) <i>Free</i>
(10) <i>See Site</i>		(38) <i>Reserved</i>	(58) <i>Reserved</i>	(78) <i>Reserved</i>
(11) GROUND, EARTH SHAPES		(39) SUMMARY COMPLETIONS (building)	(59) SUMMARY SERVICES (mainly piped and ducted, building)	(79) SUMMARY FITTINGS (building)
(12) <i>Free</i>		Information applicable to two or more of the groups (31) to (38)	Information applicable to two or more of the groups (51) to (58)	Information applicable to two or more of the groups (71) to (78)
(13) FLOOR BEDS		(3-) <i>Reserved</i>	(5-) <i>Reserved</i>	(7-) <i>Reserved</i>
(14) <i>Free</i>				
(15) <i>Free</i>				
(16) FOUNDATIONS (other than pile foundations)				
(17) PILE FOUNDATIONS				
(18) <i>Reserved</i>				
(19) SUMMARY SUBSTRUCTURE (building)				
Information applicable to two or more of the groups (11) to (18).				
(1-) <i>Reserved</i>				

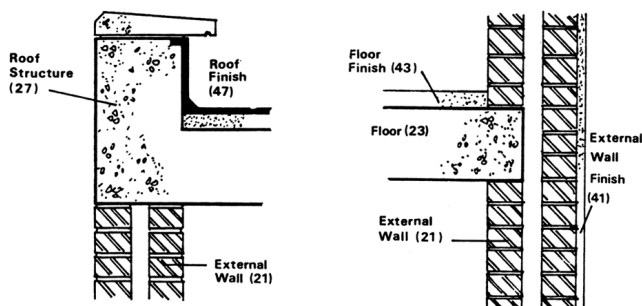
Rys. 4.15. Rysunek przedstawiający zawartość fasety 1 systemu SfB – Funkcje¹⁵⁶

Tablica 1 oryginalnej wersji systemu SfB dzieli Funkcje na dziesięć grup (oznaczenie jednocyfrowe), które są dalej uszczegółowione (podział dwucyfrowy), rys. 4.15. Wadą tego podziału, podnoszoną w komentarzach jest pewna nierównowaga w randze głównych grup (Karlén 1973). Przykładowo aż trzy z nich dotyczą struktury budynku i są na tym samym poziomie hierarchii, co instalacje, czy obiekty zlokalizowane w terenie. Tablica 2 była z kolei, o czym wspomniano już wyżej, opracowana w sposób bardzo „zgrubny”, podając właściwie jedynie główne grupy technologii stosowanych w budownictwie, bez szczegółowego wyliczenia, rys. 4.16 (po lewej). Wynikało to z odwołania do tekstów specyfikacji. Tablica 3 jest najbardziej rozbudowana spośród trzech tablic oryginalnego systemu SfB, a jej przydatność nie była w zasadzie kwestionowana, rys. 4.16 (po prawej) (Karlén 1973; Ziolkó 1995; Ekholm 1996). Na rysunku 4.17 przedstawiono przykład przypisania Funkcji do części budynku, zawarty w opisie systemu SfB („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977).

¹⁵⁶ Ilustracja za: („CIB Report 22. The SfB System.” 1973), bez zmian.

SfB BASIC TABLE 2 — CONSTRUCTIONS		SfB BASIC TABLE 3 MATERIALS AND OTHER RESOURCES	
A PRELIMINARIES, GENERAL CONDITIONS, GENERAL COST AND GENERAL WORK INCL. GENERAL TEMPORARY WORK	C EXCAVATIONS AND LOOSE FILL WORK	a ADMINISTRATION (or General)	g CLAY (DRIED, FIRED)
B DEMOLITION AND SHORING WORK	D <i>Reserved</i>	b PLANT, TOOLS	g0 GENERAL
	E CAST IN-SITU WORK	c LABOUR	g1 DRIED CLAY e.g. sun dried, un-burnt
	F BLOCK WORK	d <i>Reserved</i>	g2 FIRED CLAY, UNGLAZED FIRED CLAY
	G WORKS OF PREFABRICATED COMPONENTS FOR CARCASS AND SUBSTRUCTURE	e/o... FORMED MATERIALS:	g3 GLAZED FIRED CLAY, VITRIFIED CLAY
	H SECTION WORK	e NATURAL STONE	g4 <i>Reserved</i>
	I PIPEWORK	e0 GENERAL	g5 <i>Reserved</i>
	J WIRE WORK, MESH WORK	e1 GRANITE, BASALT, OTHER IGNEOUS	g6 REFRACTORY MATERIALS, HEAT RESISTANT MATERIALS
	K QUILT WORK, INSULATION WORK*	e2 MARBLE	g7 <i>Reserved</i>
	L FLEXIBLE SHEET WORK (PROOFING)*	e3 LIMESTONE (other than marble)	g8 <i>Reserved</i>
	M MALLEABLE SHEET WORK*	e4 SANDSTONE	g9 OTHER DRIED OR FIRED CLAYS
	N RIGID SHEET OVERLAP WORK*	e5 SLATE	h METAL
	O <i>Reserved</i>	e6 <i>Reserved</i>	h0 GENERAL
	P THICK COATING WORK	e7 <i>Reserved</i>	h1 CAST IRON, WROUGHT IRON
	Q <i>Free</i>	e8 <i>Reserved</i>	h2 STEEL, MILD STEEL
	R RIGID SHEET WORK	e9 OTHER FORMED NATURAL STONE MATERIALS	h3 STEEL ALLOY, e.g. stainless steel
	S RIGID TILE WORK	f PRE-CAST WITH BINDER	h4 ALUMINIUM, ALUMINIUM ALLOYS
	T FLEXIBLE SHEET WORK (except U)*	f0 GENERAL	h5 COPPER
	U <i>Free</i>	f1 SANDLINE CONCRETE (precast)	h6 COPPER ALLOYS, e.g. brass, bronze
	V FILM COATING AND IMPREGNATION WORK	f2 ALL-IN AGGREGATE CONCRETE (precast). HEAVY CONCRETE (precast)	h7 ZINC
	W PLANTING WORK (work with living forms)	f3 TERRAZZO (precast)	h8 LEAD
	X WORKS OF PREFABRICATED COMPONENTS FOR COMPLETIONS, FINISHES AND SERVICES	f4 LIGHTWEIGHT, CELLULAR CONCRETE (precast)	h9 OTHER METALS, e.g. tin, chromium, nickel
	Y <i>Reserved</i>	f5 LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE (precast)	OTHER METAL ALLOYS
	Z <i>Reserved</i>	f6 ASBESTOS-BASED MATERIALS (preformed)	WOOD*
	— <i>Reserved</i>	f7 GYPSUM (preformed)	i0 GENERAL
		f8 MAGNESIAN MATERIALS (preformed)	i1 TIMBER (strength graded, unwrought)
		f9 OTHER MATERIALS PRE-CAST WITH BINDER	i2 SOFT WOOD (in general, and wrought)
			i3 HARDWOOD
			i4 WOOD LAMINATES e.g. plywood, laminboard, blockboard, faced wood laminates.
			i5 WOOD VENEERS
			i6 <i>Reserved</i>
			i7 <i>Reserved</i>
			i8 <i>Reserved</i>
			i9 OTHER WOOD MATERIALS (other than those at i1, i7, i8)
			1 including impregnated wood

Rys. 4.16. Rysunek przedstawiający zawartość fasety 2 – Konstrukcje (po lewej) i fasety 3 – Zasoby (po prawej), systemu SfB¹⁵⁷



Rys. 4.17. Przykład przypisania Funkcji do części budynku, zawarty w opisie systemu SfB¹⁵⁸

4.5.2. System Uniclass

Drugim systemem klasyfikacji informacji w budownictwie, o układzie fasetowym, który zdobył międzynarodową popularność i szerokie zastosowanie jest

¹⁵⁷ Ilustracja za: („CIB Report 22. The SfB System”. 1973), bez zmian.

¹⁵⁸ Ilustracja za: („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System”. 1977), bez zmian.

Uniclass¹⁵⁹, system opracowany w Wielkiej Brytanii. Został on po raz pierwszy opublikowany w 1997 r. przez CPIC¹⁶⁰, komitet powołany przez kilka narodowych instytucji działających w obszarze budownictwa¹⁶¹, z przeznaczeniem do powszechnego stosowania jako system klasyfikacji informacji w procesie inwestycyjnym.

Tabela 4.5. Zestawienie tablic systemu Uniclass 1997

Oznaczenie Tablicy	Zawartość Tablicy
A	• Forma informacji (<i>Form of Information</i>)
B	• Dziedziny przedmiotu (<i>Subject disciplines</i>)
C	• Zarządzanie (<i>Management</i>)
D	• Rodzaje Obiektów (<i>Facilities</i>)
E	• Elementy konstrukcyjne (<i>Construction Entities</i>)
F	• Przestrzenie (<i>Spaces</i>)
G	• Elementy budynków (<i>Elements for buildings</i>)
H	• Elementy w robotach inżynierskich (<i>Elements for civil engineering works</i>)
J	• Rodzaje robót dla budynków (<i>Work Sections for buildings</i>)
K	• Rodzaje robót dla budowli inżynierskich (<i>Work Sections for Civil Engineering Works</i>)
L	• Wyroby budowlane (<i>Construction products</i>)
M	• Technologie wspierające dla budownictwa (<i>Construction aids</i>)
N	• Właściwości i charakterystyki (<i>Properties and characteristics</i>)
P	• Materiały (<i>Materials</i>)
Q	• Uniwersalna Klasyfikacja Dziesiętna (<i>Universal Decimal Classification</i>)

Pierwsza wersja systemu z 1997 r. zawierała 15 tablic, przedstawionych w tab. 4.5, z których każda dotyczyła innego aspektu informacji w budownictwie. Zakres każdej z nich był dość szeroki. Mogły być używane niezależnie i całkowicie samodzielnie dla wybranego rodzaju informacji lub używane w kombinacji z innymi tablicami dla klasyfikacji złożonych zagadnień (Crawford, Cann, i O’Leary 1997). Warto zwrócić uwagę, że zawartość ostatniej tablicy – Q stanowi Uniwersalna Klasyfikacja Dziesiętna.

Zawartość poszczególnych tablic można zilustrować na przykładzie fragmentu Tabeli G – Elementy Budynków, tab. 4.6:

¹⁵⁹ Nazwa system jest skrótem pełnej nazwy angielskiej: *Unified Classification for the Construction Industry*.

¹⁶⁰ Ang. *Construction Project Information Committee*.

¹⁶¹ Instytucjami, które powołały CPIC są stowarzyszenia zawodowe: Construction Confederation, RIBA – Royal Institute of British Architects, The Royal Institution of Chartered Surveyors, The Chartered Institution of Building Services Engineers oraz Dyrekcja Wspierania Budownictwa Departamentu Ochrony Środowiska (Department of the Environment Construction Sponsorship Directorate). Za rozwój systemu odpowiadała z ramienia CPIC narodowa agencja zajmująca się rozwojem specyfikacji w Budownictwie – NBS (*National Building Specification*), będąca jednostką zależną RIBA.

Tabela 4.6. Fragment zawartości Tablicy G, systemu Uniclass 1997

Symbol (kod)	Znaczenie
...	
G2----	• Struktura budynku: kompletne elementy
G21---	• Fundamenty
G22---	• Stropy
G23---	• Schody
G24---	• Dachy
G25---	• Ściany
G26---	• Ramy
G3---	• Struktura budynku: części elementów
G31---	• Rama / konstrukcja / ustrój
...	

System Uniclass wraz z systemem SfB był przewidziany w normie ISO 13567 dotyczącej organizacji warstw w rysunkach CAD do opisu elementów prezentowanego obiektu¹⁶².

Od chwili wydania pierwszej wersji system Uniclass był on ciągle rozwijany pod roboczą nazwą Uniclass 2. Celem tych prac, prowadzonych w ramach projektu NBS pod nazwą BIM Toolkit, było dostosowanie go do wymagań modelowania budynków zgodnych z BIM Poziom 2. Rozwój systemu był możliwy w dużej mierze dzięki przejściu przez brytyjską Radę ds. Strategii Technologicznej (TSB – Technology Strategy Board) praw do systemu i ogłoszeniu konkursu na jego rozwój, łącznie z systemem klasyfikacji. Konkurs wygrał dotychczas pracujący nad systemem zespół w ramach RIBA/NBS, uzyskując dofinansowanie w wysokości 1 mln funtów (Gelder 2015).

Nowa, całkowicie przeorganizowana wersja ukazała się w 2015 r. pod nazwą Uniclass 2015. Podstawową koncepcją zmodernizowanego systemu było umożliwienie korzystania z niego w całym cyklu życia obiektu, czyli nie tylko w fazie powstawania lecz także w fazach eksploatacji i rozbiórki/przebudowy. Ponadto, ze względu na wymagania dotyczące BIM, autorzy starali się w maksymalnym stopniu dostosować system do wymagań normy ISO 12006-2.

W systemie Uniclass 2015 widoczna jest bardziej niż poprzednio fasetowość przyjętej struktury, częściowo również nawiązuje do wspomnianego wcześniej rozszerzenia systemu SfB dokonanego przez RIBA¹⁶³. Osią systemu jest siedem głównych tabel, opisujących wszystkie informacje występujące w zintegrowanym modelu budynku. Są to następujące tabele¹⁶⁴:

¹⁶² Polska wersja tej normy jest normą uznaniową w wersji angielskiej: PN-EN ISO 13567-2:2017-12 – wersja angielska.

¹⁶³ Można, nieco żartobliwie powiedzieć, że system Uniclass 2015 jest rozbudowaną, dwunasto-fasetową wersją systemu SfB.

¹⁶⁴ Przy tłumaczeniu oryginalnych terminów w języku angielskim uwzględniono terminologię przyjętą w polskiej wersji normy ISO 12006-2, w tym zakresie, w którym pokrywała się ona z terminologią systemu Uniclass.

Co – Kompleks (*Complexes*) – kompleks opisuje projekt w ujęciu ogólnym, niezależnie od wielkości; może to być dom jednorodzinny, zakład przemysłowy, lotnisko lub sieć kolejowa.

En – Jednostki (*Entities*) – jednostki są wydzielonymi budynkami lub budowlami, które definiują obszary dla różnego rodzaju działań; obiektem może być budynek, most, droga.

Ac – Czynności (*Activities*) – są to działania, które są wykonywane w ramach kompleksów, obiektów lub przestrzeni; przykładowo, szkoła wiąże się z działaniem edukacyjnym, ale może ono być dodatkowo rozbite na indywidualne działania, np. ćwiczenia sportowe, ćwiczenia plastyczne, jedzenie itp.

SL – Przestrzenie/Lokalizacje (*Spaces/Locations*) – przestrzenie są to wydzielone strefy w obiektach, przeznaczone do różnych czynności; obejmuje to również korytarze transportowe, które biegną między dwoma lokalizacjami, takimi jak stacje kolejowe.

EF – Elementy i funkcje (*Elements and functions*) – są to główne elementy konstrukcyjne obiektu (fundamenty, ściany, stropy itp.), ale również wyposażenie instalacyjne.

Ss – Systemy (*Systems*) – Systemy są zbiorami komponentów, które wspólnie tworzą element lub pełnią jakąś funkcję; np. dla dachu tradycyjnego system tworzą krokwie, łaty, dachówki, izolacja cieplna, płyty suchego tynku, a dla instalacji ciepłej wody użytkowej – kocioł, zasobnik, rury, zawory itd.

Pr – Produkty (*Products*) – są to poszczególne produkty użyte do zbudowania systemu, np. płytki ceramiczne, cegły, piece itp.

Ponadto, w systemie przewidziano trzy dodatkowe tabele związane z zarządzaniem procesem BIM, jedną tablicę związaną z oznaczeniami elementów rysunku CAD i jedną tablicę dotyczącą funkcji poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego. Są to:

PM – Zarządzanie projektem (*Project Management*) – tabela zawiera kody klasyfikacji informacji do wykorzystania w całym cyklu życia obiektu.

TE – Narzędzia i wyposażenie (*Tools and equipment*) – tabela zawiera listę urządzeń, sprzętu i narzędzi do realizacji i utrzymania obiektu.

FI – Forma informacji (*Form of Information*) – tabela zawiera kody dla oznaczenia typu formatu informacji (tabela ta ma obecnie status beta i jest przedmiotem konsultacji).

Zz – CAD (*CAD*) – tabela zawiera kody dla oznaczenia elementów rysunku CAD; obejmuje elementy graficzne, symbole, podziałki, grubości linii itp. Tabela ta nawiązuje częściowo do koncepcji zawartej w normie ISO 13567 (tytuł polskiej wersji tej normy brzmi: „Dokumentacja techniczna wyrobu – Organizacja i nazewnictwo warstw w programach CAD”).

Ro – Funkcje (*Roles*) – tabela zawiera kody dla oznaczenia funkcji poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego, w tym branż rzemieślników wykonujących roboty budowlane (tabela ta ma obecnie status beta i jest przedmiotem konsultacji).

System Uniclass został zaprojektowany jako system dynamiczny, który może być w sposób ciągły uaktualniany o nowe treści, bez burzenia dotychczasowej struktury. Możliwe jest zarówno dodawanie nowych tabel, jak i dodawanie nowych treści w istniejących tabelach. Przyjęty system kodowania poszczególnych pozycji jest na tyle elastyczny, że jego struktura pozostanie nienaruszona pomimo wprowadzonych zmian. Symboliczne oznaczenia dla poszczególnych tabel składają się z dwuliterowego oznaczenia tabeli, a następnie dwucyfrowych oznaczeń grupy, podgrupy, sekcji i obiektu, oddzielonych podkreślnikami (nie wszystkie poziomy uszczegółowienia muszą wystąpić). Jako przykład zawartości tabel, przedstawiono poniżej fragment tabeli Elementy i funkcje, tab. 4.7:

Tabela 4.7. Fragment zawartości Tablicy E, systemu Uniclass 2015

Symbol (kod)	Znaczenie
EF_15	• Elementy działki
EF_15_15	• Plac budowy
EF_20	• Elementy konstrukcyjne
EF_20_05	• Podkonstrukcja
EF_20_10	• Ramy
EF_20_20	• Belki
EF_20_30	• Słupy
EF_20_50	• Przyczółki mostów i mola
EF_25	• Elementy ścian i przegród
EF_25_10	• Ściany
EF_25_30	• Drzwi i okna
EF_25_55	• Bariery
EF_30	• Elementy dachów, podłóg i nawierzchni
EF_30_10	• Dachy
EF_30_20	• Podłogi
EF_30_60	• Chodniki
EF_30_70	• Pomosty nawierzchniowe mostów
EF_35	• Schody i rampy
EF_35_10	• Schody
EF_35_20	• Rampy
EF_37	• Elementy tuneli, kanałów i wież
EF_37_16	• Kanały i rowy
EF_37_17	• Wieże, kominy i maszty
EF_37_50	• Tunele i szyby

Poniżej przedstawiony jest przykład bardziej rozbudowanego zapisu, dotyczącego elementów konstrukcyjnych dachu, w dwóch wariantach:

Ss_30_10_30_85 Drewniane konstrukcje dachowe (*Timber roof framing systems*).

Pr_20_85_90_37 Prefabrykowane krokwie kratownicowe z drewna liściastego (*Hardwood trussed rafters*).

Pierwsza z powyższych pozycji odnosi się do drewnianej konstrukcji dachu jako systemu konstrukcyjnego, bez identyfikowania szczegółów technicznych. Natomiast druga pozycja opisuje gotowy do użycia produkt, który przeznaczony jest do wykonania systemu konstrukcyjnego.

System Uniclass 2015 jest systemem publicznie dostępnym. Jego tablice mogą być pobrane z dedykowanej strony internetowej jednostki autorskiej¹⁶⁵ – NBS i wykorzystywane na podstawie licencji *Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International licence*. Autorzy systemu zachęcają użytkowników do zgłaszania propozycji jego uzupełnienia.

4.5.3. Międzynarodowy schemat organizacji systemów klasyfikacji w budownictwie

Jak już wcześniej wspomniano, prace nad sformułowaniem międzynarodowych ram dla klasyfikacji informacji w budownictwie prowadzone są w ramach powołanego przez Międzynarodową Organizację Normalizacji komitetu technicznego ISO 59, podkomitet 13 („ISO/TR 14177:1994” 1994). Komitet ten został powołany w roku 1988, z inicjatywy Norweskiej Rady Normalizacji w Budownictwie¹⁶⁶, która prowadzi w imieniu ISO sekretariat tego komitetu (Ziolko 1995). Początkowo celem komitetu było zbadanie istniejących narodowych systemów klasyfikacji informacji w budownictwie oraz sformułowaniem międzynarodowego standardu definiującego fizyczne składniki budynków. Pierwszy z tych celów został zrealizowany dość skutecznie. W prace włączyło się stowarzyszenie ICIS, które opracowało wyczerpujący raport na ten temat („Comparison of National Specification Systems” 1997).

Raport ten wskazywał na istotne różnice w podejściu do klasyfikacji informacji budowlanej. W niektórych krajach jest to opis sposobu wykonania robót i zbiorów wymagań jakościowych i technicznych, bez wyróżniania fizycznych części składowych tworzących budynek i ich ilości. W innych krajach specyfikacja zawiera szczegółowe zestawienie części składowych i ilości, a czasami nawet zasobów. W niektórych krajach istnieje wyraźne rozróżnienie pomiędzy: specyfikacją (ang. *specification*), a opisem robót (ang. *bill of quantities*). Kosztorys (ang. *cost calculation*) jest z reguły odrębnym opracowaniem.

Stosowane w różnych krajach systemy specyfikacji różnią się między sobą:

- zakresem stosowania (rodzaj robót, faza inwestycji, użytkownicy, rodzaj sporządzanej dokumentacji – jedne koncentrują się przede wszystkim na

¹⁶⁵ Adres strony domowej systemu Uniclass 2015: <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification#classificationtables>.

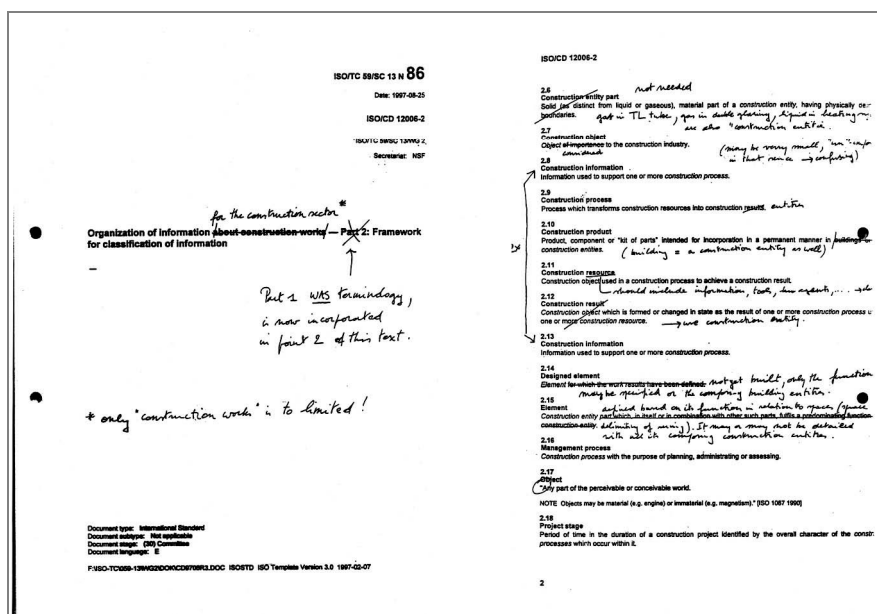
¹⁶⁶ Norw. NBR – *Norges Byggstandardiseringsråd*.

głównym zadaniu zdefiniowania jakości budynku, inne są przeznaczone do sporządzania dokumentacji kosztowej),

- zawartością (stopień uszczegółowienia, możliwość organizowania różnych rodzajów informacji),
- strukturą (rodzaj przyjętej klasyfikacji, podział).

Stosowane są dwa podstawowe sposoby określania wymagań jakościowych w specyfikacji:

- standardowy opis przeznaczony do zamieszczenia w dokumentacji projektowej. W tym przypadku specyfikacja jest kompletnym dokumentem zawierającym pełny zestaw wymagań jakościowych, spośród których wybiera się te, które mają zastosowanie w danym przypadku,
- standardowy opis zawiera odniesienia do norm oraz do innych dokumentów. W tym przypadku, wykonawca musi dysponować tymi dokumentami, aby znać wszystkie wymagania projektowe.



Rys. 4.18. Rysunek przedstawiający dwie przykładowe strony z roboczego egzemplarza projektu normy ISO 12006-2 z 1997 roku¹⁶⁷, bez zmian

Realizacja drugiego celu nie była już tak udana jak pierwszego. Prace, w których uczestniczyli głównie przedstawiciele instytucji opracowujących tradycyjne systemy klasyfikacji w poszczególnych krajach oraz obserwatorzy, natrafiły na

¹⁶⁷ Archiwum autora.

przeszkodę w postaci silnego uzależnienia członków komitetu od krajowych zwyczajów technologicznych i uwarunkowań organizacyjnych. Z dużym trudem udało im się uzgodnić wspólne stanowisko. Bardzo udanym opracowaniem, które powstało był raport *Klasyfikacja informacji w budownictwie*, („ISO/TR 14177:1994”. 1994), który stanowił podstawę do dalszych prac. Raport zawierał po raz pierwszy wytyczne dotyczące organizacji informacji w budownictwie wraz z zaleceniami mającymi na celu poprawę przepływu informacji w poszczególnych krajach, a także pomiędzy krajami. Natomiast nie udało się opracowanie wspólnej, wyczerpującej tabeli odpowiadającej 2 tabeli systemu SfB. Przykładem na to, jak wielkie problemy towarzyszyły pracom można zauważyć na tekście egzemplarza roboczego projektu normy ISO 12006-2 z 1997 r., którego dwa fragmenty przedstawia rys. 4.18. Widoczne są liczne nanoszone na tekst poprawki dotyczące najbardziej zasadniczych kwestii oraz korekty do tych poprawek.

W tym samym okresie pojawiły się pierwsze inicjatywy, które zapoczątkowały prace nad zintegrowanym modelowaniem budynków BIM (według przywołanego wcześniej podziału był to BIM Poziom 1). To dało nowy impuls pracom komitetu. W efekcie, w 2001 r. powstał początkowo projekt, a później ostateczny tekst normy ISO 12006 Budownictwo. Organizacja informacji związanej z robotami budowlanymi (Ramsey i Sleeper 2011). Norma ta składa się z dwóch części: ISO 12006-2 *Część 2: Schemat klasyfikacji informacji* i ISO 12006-3 *Część 3: Schemat danych obiektowo-zorientowanych*. ISO 12006-1 została wycofana i zastąpiona częścią ISO 12006-2. Obie te części mają wydania polskie o numerach PN-ISO 12006-2:2005 i PN-EN ISO 12006-3:2016 (wersja uznaniowa w języku angielskim).

Norma ISO 12006 określa podstawową strukturę pojęciową, model informacji rozwoju systemów klasyfikacji danych na temat środowiska zbudowanego (czyli dziedziny rozumianej szerzej niż obiekt budowlany). Określa zestaw zalecanych tytułów tabel klasyfikacji dla zakresu informacji zgodnego z określonymi aspektami (fasetami), np. według formy lub funkcji, wraz z odpowiednimi definicjami. Pokazuje, w jaki sposób klasy obiektów sklasyfikowane w każdej tabeli są powiązane ze sobą, tworząc układ systemów i podsystemów, np. w modelu informacji o budynku. Część 2 normy dotyczy wszelkiego rodzaju informacji, a część 3 – danych obiektowo-zorientowanych, które mogą być wykorzystywane w zaawansowanych modelach BIM. Norma nie dostarcza kompletnego operacyjnego systemu klasyfikacji, ani nie dostarcza treści tabel, chociaż podaje przykłady. Zasadniczo jest ona przeznaczona do stosowania przez organizacje, które opracowują i publikują systemy klasyfikacji i tablice, w skali krajowej, regionalnej lub międzynarodowej. Stanowi zatem rodzaj szkieletu, który powinien zostać wypełniony treścią. Struktura normy jest tak pomyślana, aby opracowane na jej podstawie systemy klasyfikacyjne mogły być stosowane zarówno do budynków, jak i do budowli inżynierskich, w całym cyklu życia obiektu budowlanego: od projektu, przez budowę i utrzymanie, aż do rozbiorów lub przebudowy.

Na podstawowym poziomie norma powtarza standardowy układ trzech tabel systemu SfB, wprowadzając trzy główne kategorie, które można rozumieć jako grupy tabel, w ramach których znajdują się tabele odpowiadające bardziej szczegółowym aspektom procesu inwestycyjnego. Są to:

- **Efekt budowlany** – który jest niezależny od skali; kategoriami niższego poziomu są tu: kompleks budowlany, jednostka budowlana, przestrzeń, część jednostki budowlanej.
- **Procesy budowlane** – które dzielą się na proces zarządzania i roboty budowlane.
- **Zasoby budowlane** – które obejmują wyroby budowlane, maszyny i środki pomocnicze, uczestników działań budowlanych i informację budowlaną; widać tu zatem tradycyjną strukturę RMS (robocizna–materiały–sprzęt) z dodatkową kategorią informacji budowlanej.

Wprowadzona jest ponadto kategoria „Właściwości charakterystyczne”, które mogą być przypisane do wszystkich kategorii ujętych w trzech powyższych grupach i służą do uszczegółowienia podziału, określenia wymagań i tworzenia wykazów; można je zatem rozumieć jako atrybuty przypisane do poszczególnych kategorii. Norma wymienia też pięć dodatkowych tabel, nie podporządkowanych bezpośrednio trzem głównym kategoriom: element, efekt roboty budowlanej, element zaprojektowany, etap istnienia jednostki budowlanej, etap przedsięwzięcia. Ich obecność wynika z procesowego ujęcia informacji, która nie odnosi się tylko do modelowania obiektu budowlanego, lecz także do przebiegu procesu inwestycyjnego, stwarzając podstawy do ujęcia go w sposób zintegrowany, zgodnie z zasadami IPD (Ekholm 2005). Wynikającą z normy systematykę tabel klasyfikacyjnych w ujęciu fasetowym przedstawiono w tab. 4.8 i 4.9.

Istotnym elementem podejścia do informacji budowlanej zdefiniowanego w normie PN-ISO 12006-2 jest układ zależności procesowych rozciągających się na wszystkie fazy życia budynku. Jest to pełne i konsekwentne wykorzystanie zalet klasyfikacji fasetowej. Wszystkie tabele, które są podkategoriami trzech kategorii głównych (dla których nie są przewidziane odrębne tabele, stanowią one jedynie „nazwę zbiorczą”, rodzaj kontenera dla odpowiednich podkategorii) są właściwie niezależnymi tabelami zawierającymi uporządkowaną, ze względu na wybrane kryterium, treść. W schemacie zależności pomiędzy tabelami, przedstawionym na rys. 4.19, trzy główne kategorie klasyfikacyjne konstytuują oś zintegrowanego procesu inwestycyjnego, a wszystkie podkategorie, zarówno przypisane do kategorii głównych, jak i dodatkowe, wchodzą w interakcje, tworząc strukturę procesu wymiany informacji obejmującą zarówno model budynku, jak i przebieg inwestycji (Ekholm 2005).

Tabela 4.8. Systematyka głównych tabel klasyfikacyjnych sugerowanych w normie PN-ISO 12006-2:2005 (opracowanie własne na podstawie normy)

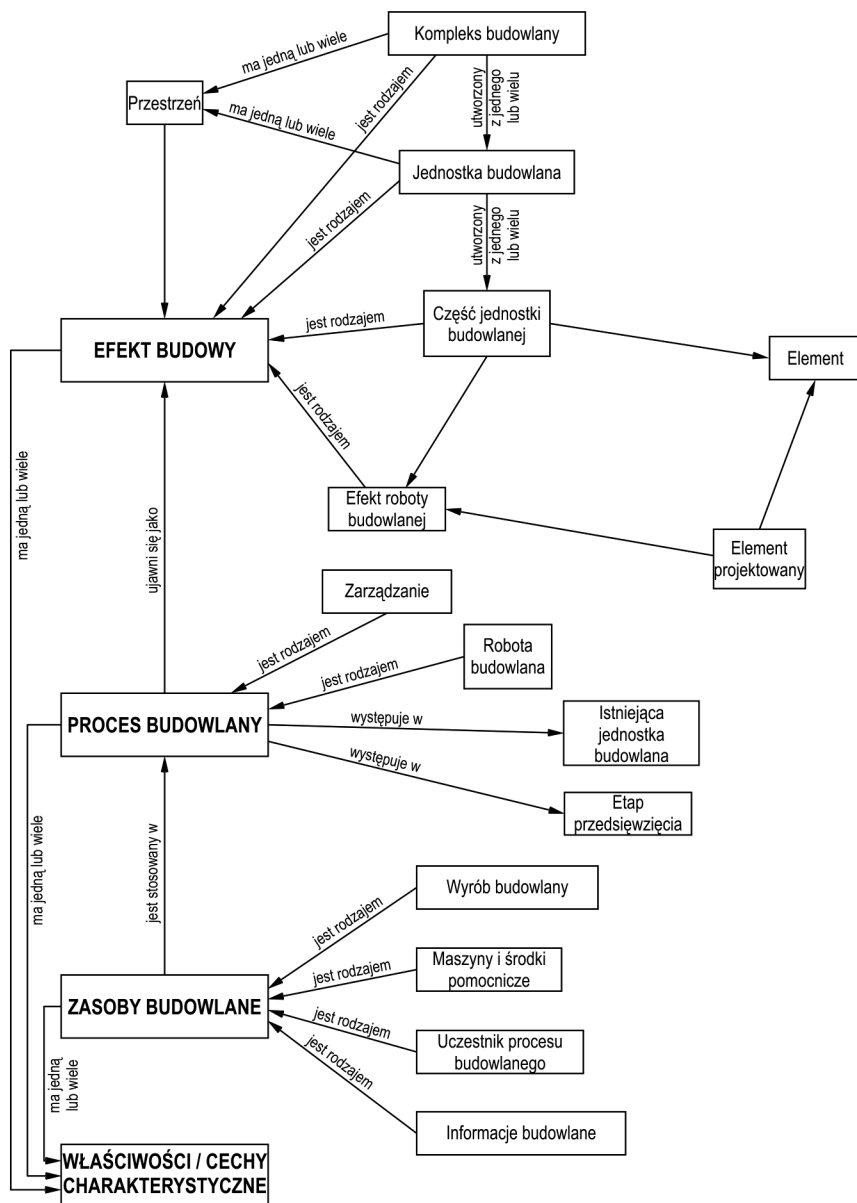
Kategoria główna	Podkategoria	Definicja podkategorii	Możliwe nagłówki w tabelach dla danej podkategorii
Efekt budowlany: <i>construction result</i> obiekt budowlany, który został ukształtowany lub zmieniony w wyniku jednego działania budowlanego lub wielu takich działań wykorzystujących co najmniej jeden zasób budowlany	kompleks budowlany <i>construction complex</i>	co najmniej dwie sąsiadujące jednostki budowlane służące jednej dziedzinie lub wielu działanościami albo funkcjom użytkowym	<u>wg funkcji lub sposobu użytkowania:</u> kompleksy transportowe (lotnicze, drogowe, kolejowe), kompleksy publicznej służby zdrowia, kompleksy przemysłowe, kompleksy administracyjne, kompleksy poradni zdrowia i opieki społecznej, kompleksy sportowe, kompleksy edukacyjne, kompleksy mieszkaniowe
	jednostka budowlana <i>construction entity</i>	niezależny materialny efekt budowlany w znaczącej skali, przeznaczony do użytkowania przynajmniej w jeden sposób lub pełniący przynajmniej jedną funkcję	<u>w odniesieniu do postaci:</u> budynki, nawierzchnie/elementy zagospodarowania terenu, tunele i inne budowle podziemne, nabrzeża, ściany oporowe, zapory, zbiorniki, silosy, mosty, wiadukty, wieże, maszty, obiekty inżynierskie, rury, kanały, kable <u>wg funkcji lub sposobu użytkowania:</u> budynki szpitalne, budynki centrów medycznych, kładki dla pieszych, nasypy kolejowe, budynki terminali lotniczych, kanalizacja, budynki szkolne, nawierzchnie sportowe, domy mieszkalne
	przestrzeń <i>space</i>	trójwymiarowy, materialny efekt budowlany powiązany z budynkiem albo inną jednostką budowlaną	<u>wg stopnia zamknięcia:</u> przestrzeń otwarta, przestrzeń nie przykryta zamknięta, przestrzeń przykryta nie zamknięta, przestrzeń zamknięta <u>wg funkcji lub sposobu użytkowania:</u> przestrzenie administracyjne (w tym biurowe), przestrzenie poradni zdrowia i opieki społecznej (sale operacyjne, oddziały szpitalne, sale konsultacyjne, sale chorych), przestrzenie wypoczynkowe (kantyny), przestrzenie rozrywkowe (audytoria), przestrzenie sportowe, przestrzenie mieszkalne (sypialnie), ciągi komunikacyjne
	część jednostki budowlanej <i>construction entity part</i>	stała (w odróżnieniu od postaci płynnej lub gazowej) materialna część jednostki budowlanej o fizycznie określonych granicach	

Tabela 4.8. – cd. Systematyka głównych tabel klasyfikacyjnych sugerowanych w normie PN-ISO 12006-2:2005 (opracowanie własne na podstawie normy)

Kategoria główna	Podkategoria	Definicja podkategorii	Możliwe nagłówki w tabelach dla danej podkategorii
Proces budowlany: <i>construction process</i> działanie, w trakcie którego, zasoby budowlane przekształcane są w efekty budowlane	zarządzanie <i>management process</i>	działanie budowlane, którego celem jest planowanie, administrowanie lub szacowanie	<u>wg rodzaju procesu zarządzania:</u> zarządzanie administracyjne, zarządzanie finansowe, zarządzanie kadrami osobowymi, zarządzanie marketingiem/sprzedażą, zarządzanie przedsięwzięciem
	roboty budowlane <i>work process</i>	dominujący proces budowlany prowadzący do uzyskania efektu roboty budowlanej	
Zasoby budowlane: <i>construction resource</i> obiekt budowlany użyty w procesie budowlanym dla osiągnięcia efektu budowlanego	wyrób budowlany <i>construction product</i>	materiałny zasób budowlany przeznaczony do wbudowania w sposób trwały w budynek lub inną jednostkę budowlaną	<u>wg funkcji:</u> przygotowanie terenu, roboty budowlane, podział konstrukcji i przestrzeni,...
	maszyny i środki pomocnicze <i>construction aid</i>	materiałny zasób budowlany nie przeznaczony do wbudowania w sposób trwały w budynek lub inną jednostkę budowlaną	<u>wg funkcji:</u> urządzenia do obniżania poziomu wody gruntowej, urządzenia do cięcia i gięcia prętów zbrojenio- wych, deskowania i rusztowania, urządzenia do podnoszenia i przenoszenia, koparki, ciągniki gąsienicowe i kołowe, zgarniacze, spychacze i maszyny do niwelacji
	uczestnik procesu budowlanego <i>construction agent</i>	osoba uczestnicząca w procesie budowlanym	<u>wg branży:</u> zamawiający, architekci, konstruktorzy, inżynierowie budowlani, inżynierowie branżowi, kierownicy przedsięwzięcia, główni wykonawcy
	informacje budowlane <i>construction information</i>	informacje stosowane jako pomoc dla jednego procesu budowlanego lub wielu takich procesów	<u>wg środka przekazu:</u> podręczniki, czasopisma, broszury, rysunki, fotografie, mikrofilm, dyski optyczne, dyskietki, informacje sieciowe

Tabela 4.9. Systematyka dodatkowych tabel klasyfikacyjnych sugerowanych w normie PN-ISO 12006-2:2005 (opracowanie własne na podstawie normy)

Podkategoria	Definicja podkategorii	Możliwe nagłówki w tabelach dla danej podkategorii
element <i>element</i>	część jednostki budowlanej, która – sama lub w kombinacji z innymi podobnymi częściami pełni dominującą funkcję w tej jednostce	przykłady dominujących funkcji (nośna, osłono- wa, wykończenie, wyposażenie), przykłady ele- mentów (stropy, dachy, słupy, system wentylacji)
efekt roboty budowlanej <i>work result</i>	efekt budowlany osiągnięty w stadium budowy lub w trakcie działań budowlanych, takich jak kolejna przebudowa, utrzymanie lub rozbiórka	<u>wg rodzaju robót:</u> wykopy i niwelacja terenu, kotwienie w gruncie, mury z cegły/blozków, konstrukcyjne prefabry- katy betonowe, okładzina kamienna, pokrycie dachu uszczelniająca masą asfaltową, ściana osłonowa,...
element zaprojekto- wany <i>designed element</i>	element, dla którego zdefiniowano efekt/ efekty pracy	<u>wg rodzaju pracy:</u> (ściany wewnętrzne z płyt gipsowo-kartonowych, ściany wewnętrzne z prefabrykatów osłonowych, nawierzchnie drogowe z asfaltu walcowanego)
etap istnienia jednostki budowlanej <i>construction entity lifecycle stage</i>	okres istnienia jednostki budowlanej, określony przez ogólny charakter procesu budowlanego, który występuje w tym czasie	<u>wg ogólnego rodzaju procesów w tym etapie:</u> prace wstępne, projekt, wykonawstwo, użytko- wanie/utrzymanie, odnowienie/przebudowa/ ponowne oddanie do użytku, wyłączenie z użytkowania/rozbiora
etap przedsięwzięcia <i>project stage</i>	przedział czasu w trakcie trwania przedsięwzięcia budowlanego określony ogólnym charakterem procesów budowlanych, które występują w tym przedziale	<u>wg ogólnego rodzaju procesów w tym etapie:</u> rozpoczęcie przedsięwzięcia, studium wykonal- ności, zakres propozycji, przygotowanie progra- mu, projekt wstępny/kosztorys, projekt technicz- ny/kosztorys, informacje wykonawcze i przygotowanie przedmiaru robót, przetarg, przygotowanie budowy, budowa, zakończenie, podsumowanie doświadczeń
Dodatkowe pojęcia zdefiniowane w normie, ale nie będące oddzielnymi kategoriami		
obiekt <i>object</i>		każdy przedmiot materialny lub pojęcie
obiekt budowlany <i>construction object</i>		obiekt lub przedmiot ważny dla przemysłu budowlanego



Rys. 4.19. Kategorie klasyfikacyjne wg PN-ISO 12006-2:2005 i zależności pomiędzy nimi¹⁶⁸

¹⁶⁸ Opracowanie własne na podstawie rys. 1. PN-ISO 12006-2:2005.

Podejście przedstawione w normie PN-ISO 12006-2:2005 tworzy podstawy spójnego systemu klasyfikacyjnego, który może być podstawą dla modelowania BIM Poziom 2. Jednakże jest to jedynie struktura systemu. Właściwą treść będzie posiadał dopiero system zbudowany na jego podstawie. Przykładem takiego systemu jest omawiany powyżej system Uniclass 2015, którego struktura została zbudowana na podstawie tej normy. Zawartość tabel natomiast opracowano na bazie tradycji i doświadczeń brytyjskiego przemysłu budowlanego. Jest to zatem w pewnym stopniu system dedykowany dla warunków brytyjskich. Jest to zresztą zjawisko w zasadzie nie do uniknięcia, ze względu na wspomniane już tutaj wielokrotnie zasadnicze różnice specyficznych cech przemysłów budowlanych różnych krajów (Ekholm 2005; Ekholm i Häggström 2011; Gelder 2015).

Tabela 4.10. Porównanie tabel klasyfikacyjnych w normie ISO 12006-2 i w systemie Uniclass 2015 (opracowanie własne)

Tablice ISO 12006-2		Tablice system Uniclass 2015
Efekt budowlany: <i>construction result</i>	kompleks budowlany <i>construction complex</i>	Co Kompleks (<i>Complexes</i>)
	jednostka budowlana <i>construction entity</i>	En Jednostki (<i>Entities</i>)
	przestrzeń <i>space</i>	SL Przestrzenie/Lokalizacje (<i>Spaces/Locations</i>)
	część jednostki budowlanej <i>construction entity part</i>	Ss Systemy (<i>Systems</i>)
Zasoby budowlane: <i>construction resource</i>	wyrób budowlany <i>construction product</i>	Pr Produkty (<i>Products</i>)
	maszyny i środki pomocnicze <i>construction aid</i>	TE Narzędzia i wyposażenie (<i>Tools and equipment</i>)
	uczestnik procesu budowlanego <i>construction agent</i>	Ro Funkcje (<i>Roles</i>)
	informacje budowlane <i>construction information</i>	FI Forma informacji (<i>Form of Information</i>)
Proces budowlany: <i>construction process</i>	zarządzanie <i>management process</i>	PM Zarządzanie projektem (<i>Project Management</i>)
	roboty budowlane <i>work process</i>	
Dodatkowe	element <i>element</i>	EF Elementy i funkcje (<i>Elements and functions</i>)
		Ac Czynności (<i>Activities</i>)
		Zz CAD (<i>CAD</i>)

Bardzo interesujące jest porównanie tabel klasyfikacyjnych w systemie Uniclass 2015 i w normie ISO 12006-2, przedstawione w tabeli. 4.10. Wynika z niego, że wszystkie trzy kategorie główne normy są reprezentowane w tym systemie, wraz ze wszystkimi podkategoriami. Jedynym wyjątkiem jest brak tablicy odpowiadającej robotom budowlanym. Spośród tablic dodatkowych, które nie są przypisane do kategorii głównych, występuje tablica Elementów. Ponadto, dwie tablice systemu Uniclass 2015 nie mają odpowiedników w normie. Są to: tablica Czynności (Ac) i CAD (Zz). Jest to pośrednie potwierdzenie trafności trójfasetowego podziału przyjętego w pierwotnym systemie SfB, który trafnie uchwycił główną strukturę informacji związanej z modelowaniem budynku. Oczywiście system ten nie mógł uwzględniać zagadnień związanych ze zintegrowanym przebiegiem procesu inwestycyjnego ani z modelowaniem BIM. Jednakże, te zaawansowane współczesne modele uwzględniają, w zakresie struktury samego obiektu budowlanego, znaną od dawna klasyfikację. Nietrudno w tym dostrzec, że działalność budowlana ma za sobą kilka tysięcy lat rozwoju i wypracowane formy przestrzenne – do pewnego stopnia – technologiczne, nie ulegają gwałtownym przemianom, ale raczej stopniowo ewoluują.

4.6. Koncepcja polskiej wersji fasetowego systemu klasyfikacji informacji budowlanej

Zintegrowany proces inwestycyjny wymaga, aby modelowanie obiektów budowlanych i komunikacja pomiędzy uczestnikami tego procesu były efektywne. Do tego konieczne jest wspólne rozumienie pojęć, odnoszących się zarówno do obiektów fizycznych, jak i konceptualnych, oraz stosowanie znormalizowanej terminologii. Jest to możliwe jedynie wtedy, gdy stosowane modele porządkujące informacje i schematy klasyfikacyjne są powszechnie używanymi i akceptowanymi strukturami odwzorowującymi rzeczywistość¹⁶⁹ (Ekholm 2005).

Jako dwa przykłady takich – częściowo konkurujących – modeli, wymienia się ramową strukturę zdefiniowaną w normie PN-ISO 12006-2:2005 i Industry Foundation Classes (IFC)¹⁷⁰. Głęboka analiza porównawcza obu tych modeli została przeprowadzona przez Andersa Ekholma (Ekholm 2005). Wskazuje on, że każdy z nich obsługuje nieco inne procesy. Pierwszy został opracowany w celu wsparcia specyfikacji, kalkulacji kosztów, porządkowania warstw CAD, systemów zarządzania danymi o wyrobach¹⁷¹ itp. w procesie inwestycyjnym. Drugi natomiast, chociaż obejmuje podobny zakres, skupia się w większym stopniu na

¹⁶⁹ Na określenie struktur odwzorowujących rzeczywistość używany jest czasami termin „ontologia” w jego znaczeniu stosowanym w teorii systemów (Ekholm 1996).

¹⁷⁰ Standard IFC jest zdefiniowany w normie ISO 16739-1:2018 *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema*.

¹⁷¹ Ang. PDM Product Data Management.

potrzebach systemów CAD i definiowaniu obiektów, którymi operują systemy CAD.

W pracach nad rozwojem IFC od początku krytykowano podejście wywodzące się z systemów specyfikacji, jako narzucające użytkownikowi kategoryzowanie elementów zgodnie z ich podstawową rolą funkcjonalną lub jako część systemu. Twórcy IFC chcieli tego uniknąć poprzez oddzielne zdefiniowanie elementów modelu, ról funkcjonalnych i systemów, tak aby element mógł występować w wielu rolach i/lub należeć do wielu systemów. Ekholm uważa, że w praktyce nie powiodło się wdrożenie założonego rozdzielenia pomiędzy elementami modelu i klasyfikacją, a konkretne elementy nie są niezależne od swoich ról funkcjonalnych. Jest to w pewnym sensie wrodzona zależność, gdyż samo definiowanie obiektu powoduje jego włączenie do jakiejś funkcjonalnie zdefiniowanej klasy¹⁷². Jednocześnie można zauważyć, że systemy klasyfikacyjne znakomicie wypełniają lukę w IFC, gdyż klasy w tych systemach muszą być postrzegane jako część informacji, która jest określana w procesie inwestycyjnym wraz z informacjami o geometrii wyrażonymi przez obiekty rysunkowe. Według Ekholma, fakt ten jest ważnym argumentem przemawiającym za zmianą struktury klasy IFC i dostosowania jej do struktury systemów klasyfikacyjnych. Autor podaje również sugerowaną strategię osiągnięcia takiej harmonizacji (Ekholm 2005).

We wprowadzeniu do normy PN-ISO 12006-2:2005 można przeczytać: „Międzynarodowa klasyfikacja w budownictwie jest obecnie unormowana w niewielkim stopniu. Przemysł budowlany w poszczególnych krajach, nawet sąsiadujących ze sobą, ma tendencje do pozostawiania niezależnym z powodu różnic kulturowych i prawnych, i każdy z nich rozwinął swoje własne metody organizacji informacji. Zmiany klasyfikacji krajowych mogą być trudne do wprowadzenia, szczególnie, gdy powody do podejmowania takich kroków są niewystarczające” (pkt 0.1). Stwierdzenie to jest dobrym uzasadnieniem dla, po pierwsze – podjęcia próby opracowania systemu klasyfikacji przeznaczonego dla polskiego przemysłu budowlanego, opartego na modelu ramowym przejętym w tej normie, a po drugie – przyjęcia takiej jego struktury, która możliwie najpełniej wykorzysta istniejące opracowania krajowe. Dla każdego potencjalnego użytkownika ważne jest poruszanie się w dotychczasowej, znanej mu tradycji. Dlatego racjonalne wydaje się, aby struktura takiego systemu w pierwszym etapie była ograniczona do tych składników, które są niezbędne ze względu na korzystanie z technologii BIM, pozostawiając jednocześnie możliwość jej dalszego rozbudowywania w miarę ujawniających się potrzeb.

¹⁷² Można tu zauważyć zbieżność z przytoczonymi wcześniej uwagami Wittgensteina i Heideggera o zależności sposobu zrozumienia zachodzących zjawisk od języka, w którym są opisywane.

4.6.1. Katalogi KNR jako narodowa baza tekstów opisowych

Istniejącą, powszechnie akceptowaną i używaną na polskim rynku budowlanym bazą danych, która może być przydatna przy opracowaniu polskiej wersji fasetowego systemu klasyfikacji informacji budowlanej są katalogi KNR. Wydawane od połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku Katalogi Nakładów Rzeczowych, powstały jako baza do celów kosztorysowania i stanowiły rozwinięcie istniejących opracowań z tego zakresu.

Przywołanie katalogów KNR może się wydawać nieco kontrowersyjne, gdyż zgodnie z obowiązującym stanem prawnym¹⁷³, nie tylko straciły one swój dawny status opracowań do obowiązkowego stosowania, ale co więcej, nie mogą wystąpić w przedmiarze jako wskazana podstawa, którą należy przyjmować do kalkulacji kosztorysowej. Pozycje z katalogów KNR mogą wystąpić jedynie jako kod pozycji przedmiaru, rozumiany jako ciąg znaków alfanumerycznych. Katalogi te są również krytykowane ze względu na fakt, że niektóre technologie wykonywania robót opisane w nich nie są już stosowane, a pojawiły się nowe technologie, z których nie wszystkie zostały w nich uwzględnione.

Jednakże katalogi KNR mają uporządkowaną, hierarchiczną strukturę i obejmują w zasadzie wszystkie rodzaje robót budowlanych, występujących w praktyce. W ciągu wielu lat stosowania, katalogi te uzyskały szczególny status na rynku, nie mając praktycznie konkurencji. Są to opracowania znane i powszechnie akceptowane. Pomimo dość wąsko określonego pierwotnego zakresu stosowania, bliższa analiza pokazuje, że mogą stanowić one pełnowartościową tablicę klasyfikacyjną, odpowiadającą klasie zdefiniowanej w PN-ISO 12006-2:2005 jako „część jednostki budowlanej”. Poniżej przedstawiona jest koncepcja „trzech ścieżek wykorzystania katalogów KNR”, która stanowi podstawę wykorzystania ich zawartości do budowy tabeli klasyfikacyjnej¹⁷⁴. Szczegółowy opis samych katalogów wydaje się w tym miejscu zbędny.

W przykładowej tabeli z katalogu KNR, przedstawionej na rys. 4.20, widoczne są wyraźnie wydzielone strefy w układzie poziomym. Są to: strefa nagłówkowa i strefa zasobów, podzielona na podstrefy poszczególnych rodzajów zasobów: robocizny, materiałów i sprzętu.

¹⁷³ Zagadnienia te regulują dwa rozporządzenia:

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym (Dz.U. Nr 130, poz. 1389).

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz.U. Nr 202, poz. 2072, z późn. zm.).

¹⁷⁴ Koncepcja ta jest opracowaniem własnym autora.

ŚCIANY BUDYNKÓW WIELOKONDYGNACYJNYCH Z CEGIEŁ BUDOWLANYCH PEŁNYCH LUB DZIURAWEK

- Wyszczególnienie robót:
- 1. Wymurowanie ścian wraz z wykonaniem naroży oraz przewodów wentylacyjnych i dymowych
 - 2. Dobranie i przycięcie licówki (kol.04)
 - 3. Ułożenie licówki za pomocą listewek (kol.04)
 - 4. Spoinowanie ścian (kol.04)
 - 5. Ustawienie i rozebranie rusztowań przenośnych

Nakłady na 1 m ²					Tablica 0114						
No.	Zasoby		jednostki		zaprawa						
	symbol		symbol cyfrowy	ozna- czenie	wapienna lub cementowo-wapienna				cementowa		
					grubość ściany						
					1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	43 cm z pustką mijaną	1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły
a	b	c	d	e	01	02	03	04	05	06	07
01	323	Murarze – grupa III	149	r-g	1.01	1.13	1.30	2.35	1.14	1.31	1.50
02	042	Cieśle – grupa II	149	r-g	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
03	391	Robotnicy – grupa I	149	r-g	1.31	1.88	2.64	2.03	1.27	2.09	2.80
		Razem robocizna	149	r-g	2.43	3.12	4.05	4.49	2.52	3.51	4.41
20	1800199	cegły budowlane pełne	020	szt.	92.70	139.90	186.10	71.00	100.10	150.3	200.6
21	1800200	cegła dziurawka (altern.)	020	szt.	(93.40)	(140.80)	(187.60)	–	–	–	–
22	1800199	cegły licówki 25×12×6.5cm	020	szt.	–	–	–	71.00	–	–	–
23	2380899	zaprawa (do cegły pełnej)	060	m ³	0.084	0.130	0.176	0.120	0.066	0.106	0.143
24	2380899	zaprawa (do c. dziurawki)	060	m ³	(0.091)	(0.143)	(0.194)	–	–	–	–
25	2601202	listewki iglaste 10×15 mm	040	m	–	–	–	5.00	–	–	–
70	354000	wyciąg	148	m-g	0.39	0.58	0.78	0.81	0.40	0.62	0.82

Rys. 4.20. Widok przykładowej tabeli z katalogu KNR

ŚCIANY BUDYNKÓW WIELOKONDYGNACYJNYCH Z CEGIEŁ BUDOWLANYCH PEŁNYCH LUB DZIURAWEK

- Wyszczególnienie robót:
- 1. Wymurowanie ścian wraz z wykonaniem naroży oraz przewodów wentylacyjnych i dymowych
 - 2. Dobranie i przycięcie licówki (kol.04)
 - 3. Ułożenie licówki za pomocą listewek (kol.04)
 - 4. Spoinowanie ścian (kol.04)
 - 5. Ustawienie i rozebranie rusztowań przenośnych

Nakłady na 1 m²

Tablica 0114

No.	Zasoby		jednostki		zaprawa						
					wapienna lub cementowo-wapienna				cementowa		
	symbol		symbol cyfrowy	ozna- czenie	grubość ściany						
					1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	43 cm z pustką mijaną	1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły
a	b	c	d	e	01	02	03	04	05	06	07

Rys. 4.21. Widok tabeli katalogu KNR z rys. 4.20., z usuniętą strefą zasobów, a pozostawioną strefą nagłówkową

Strefa zasobów jest związana z funkcją kosztorysowania i z punktu widzenia systemu klasyfikacji może być pominięta, jak to jest pokazane schematycznie na rys. 4.21. Pozostała część nagłówkowa stanowi bezpośrednio źródło tekstów opisowych i symbolizujących je kodów. Na kolejnych rysunkach przedstawione zostały trzy ścieżki korzystania z katalogów:

- **Ścieżka kodu**, rys. 4.22, która pozwala uzyskać jednoznaczny, niepowtarzający się kod, oznaczający daną pozycję.
- **Ścieżka tekstu**, rys. 4.23, która pozwala uzyskać tekst opisujący pozycję w sposób pełny i jednoznaczny, związany z unikatowym kodem.
- **Ścieżka zasobów**, rys. 4.24, pozwala do zdefiniowanej wcześniej pozycji przypisać pakiet zasobów niezbędnych do jej wykonania; pakiet ten nie jest niezbędny z punktu widzenia budowy tablicy klasyfikacyjnej, ale dodaje do niej dodatkową funkcjonalność, która jest bardzo przydatna w praktyce.

Wszystkie trzy ścieżki korzystania z katalogów KNR są przedstawione łącznie na rys. 4.25.

ROZDZIAŁ 01

ŚCIANY BUDYNKÓW WIELOKONDYGNACYJNYCH Z CEGIEŁ BUDOWLANYCH PEŁNYCH LUB DZIURAWEK

Wyszczególnienie robót:

1. Wymurowanie ścian wraz z wykonaniem naroży oraz przewodów wentylacyjnych i dymowych
2. Dobranie i przycięcie licówki (kol.04)
3. Ułożenie licówki za pomocą listewek (kol.04)
4. Spoinowanie ścian (kol.04)
5. Ustawienie i rozebranie rusztowań przenośnych

Nakłady na 1 m²

Tablica 0114

No.	Zasoby		jednostki		zaprawa						
	symbol		symbol cyfrowy	oznaczenie	wapienna lub cementowo-wapienna				cementowa		
					grubość ściany						
					1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	43 cm z pustką mjaną	1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły
a	b	c	d	e	01	02	03	04	05	06	07
01	323	Murarze – grupa III	149	r-g	1.01	1.13	1.30	2.35	1.14	1.31	1.50
02	042	Cieśle – grupa II	149	r-g	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
03	391	Robotnicy – grupa I	149	r-g	1.88	2.64	2.03	1.27	2.09	2.80	
		Razem robocizna	149	r-g	3.12	4.05	4.49	2.52	3.51	4.41	
20	1800199	cegły budowlane pełne	020	m ³	139.90	186.10	71.00	100.10	150.3	200.6	
21	1800200	cegła dziurawka (altern.)	020	m ³	(140.80)	(187.60)	–	–	–	–	
22	1800199	cegły licówki 25x12x6.5cm	020	m ³	–	–	71.00	–	–	–	
23	2380899	zaprawa (do cegły pełnej)	060	m ³	0.084	0.130	0.176	0.120	0.066	0.106	0.143
24	2380899	zaprawa (do c. dziurawki)	060	m ³	(0.091)	(0.143)	(0.194)	–	–	–	–
25	2601202	listewki iglaste 10x15 mm	040	m	–	–	–	5.00	–	–	–
70	354000	wyciąg	148	m-g	0.39	0.58	0.78	0.81	0.40	0.62	0.82

2-02/011403

Rys. 4.22. Schemat korzystania z tabeli katalogu KNR – ścieżka kodu

ŚCIANY BUDYNKÓW WIELOKONDYGNACYJNYCH Z CEGIEŁ BUDOWLANÝCH PEŁNYCH LUB DZIURAWEK

- Wyszczególnienie robót:
- 1. Wymiarowanie ścian wraz z wykonaniem naroży oraz przewodów wentylacyjnych i dymowych
 - 2. Dobranie i przycięcie licówki (kol.04)
 - 3. Ukłożenie licówki za pomocą listewek (kol.04)
 - 4. Spoinowanie ścian (kol.04)
 - 5. Ustawienie i rozebranie rusztowań przenośnych

Nakłady na 1 m²

Tablica 0114

No.	Zasoby		jednostki		zaprawa						
	symbol		symbol cyfrowy	oznaczenie	wapienna lub cementowo-wapienna						
					grubość ściany						
					1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	43 cm z pustką mijaną	1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły
a	b	c	d	e	01	02	03	04	05	06	07
01	323	Murarze – grupa III	149	r-g	1.01	1.13	1.30	2.35	1.14	1.31	1.50
02	042	Cieśle – grupa II	149	r-g	0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
03	391	Robotnicy – grupa I	149	r-g	1.88	2.64	2.64	2.03	1.27	2.09	2.80
		Razem robocizna	149	r-g	3.12	4.05	4.05	4.49	2.52	3.51	4.41
20	1800199	cegły budowlane pełne	020	szt.	92.70	139.90	186.10	71.00	100.10	150.3	200.6
21	1800200	cegła dziurawka (altern.)	020	szt.	(93.40)	(140.80)	(187.60)	–	–	–	–
22	1800199	cegły licówki 25×12×6.5 cm	020	szt.	–	–	–	71.00	–	–	–
23	2380899	zaprawa (do cegły pełnej)	060	m ³	0.084	0.130	0.176	0.120	0.066	0.106	0.143
24	2380899	zaprawa (do c. dziurawki)	060	m ³	(0.091)	(0.143)	(0.194)	–	–	–	–
25	2601202	listewki iglaste 10×15 mm	040	m	–	–	–	5.00	–	–	–
70	354000	wyciąg	148	m-g	0.39	0.58	0.78	0.81	0.40	0.62	0.82

Ściany budynków wielokondygnacyjnych z cegieł pełnych, na zaprawie cementowo-wapiennej, gr. 2c

Rys. 4.23. Schemat korzystania z tabeli katalogu KNR – ścieżka tekstu

ŚCIANY BUDYNKÓW WIELOKONDYGNACYJNYCH Z CEGIEŁ BUDOWLANÝCH PEŁNYCH LUB DZIURAWEK

- Wyszczególnienie robót:
- 1. Wymiarowanie ścian wraz z wykonaniem naroży oraz przewodów wentylacyjnych i dymowych
 - 2. Dobranie i przycięcie licówki (kol.04)
 - 3. Ukłożenie licówki za pomocą listewek (kol.04)
 - 4. Spoinowanie ścian (kol.04)
 - 5. Ustawienie i rozebranie rusztowań przenośnych

Nakłady na 1 m²

Tablica 0114

No.	Zasoby		jednostki		zaprawa						
	symbol		symbol cyfrowy	oznaczenie	wapienna lub cementowo-wapienna						
					grubość ściany						
					1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	43 cm z pustką mijaną	1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły
a	b	c	d	e	01	02	03	04	05	06	07
01	323	Murarze – grupa III	149	r-g	1.01	1.13	1.30	2.35	1.14	1.31	1.50
02	042	Cieśle – grupa II	149	r-g	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
03	391	Robotnicy – grupa I	149	r-g	1.31	1.88	2.64	2.03	1.27	2.09	2.80
		Razem robocizna	149	r-g	2.43	3.12	4.05	4.49	2.52	3.51	4.41
20	1800199	cegły budowlane pełne	020	szt.	92.70	139.90	186.10	71.00	100.10	150.3	200.6
21	1800200	cegła dziurawka (altern.)	020	szt.	(93.40)	(140.80)	(187.60)	–	–	–	–
22	1800199	cegły licówki 25×12×6.5 cm	020	szt.	–	–	–	71.00	–	–	–
23	2380899	zaprawa (do cegły pełnej)	060	m ³	0.084	0.130	0.176	0.120	0.066	0.106	0.143
24	2380899	zaprawa (do c. dziurawki)	060	m ³	(0.091)	(0.143)	(0.194)	–	–	–	–
25	2601202	listewki iglaste 10×15 mm	040	m	–	–	–	5.00	–	–	–
70	354000	wyciąg	148	m-g	0.39	0.58	0.78	0.81	0.40	0.62	0.82

ścieżka zasobów

Robocizna	4.05	r-g/m ²
Cegły pełne	186.10	szt./m ²
Zaprawa cem.-wap.	0.176	m ³ /m ²
Wyciąg budowlany	0.78	m-g/m ²

Rys. 4.24. Schemat korzystania z tabeli katalogu KNR – ścieżka zasobów

ROZDZIAŁ 01

ŚCIANY BUDYNKÓW WIELOKONDYGNACYJNYCH Z CEGIEŁ BUDOWLANYCH PEŁNYCH LUB DZIURAWEK

Wyszczególnienie robót:

1. Wymurowanie ścian wraz z wykonaniem naroży oraz przewodów wentylacyjnych i dymowych
2. Dobranie i przyłączenie licówek (kol.04)
3. Ułożenie licówek za pomocą listewek (kol.04)
4. Spoinowanie ścian (kol.04)
5. Ustawienie i rozebranie rusztowań przenośnych

Nakłady na 1 m² Tablica 0114

No.	Zasoby		jednostki		zaprawa						
	symbol		symbol cyfrowy	oznaczenie	wapienna lub cementowo-wapienna			cementowa			
					1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	1 cegła	1 1/2 cegły	2 cegły	
a	b	c	d	e	01	02	03	04	05	06	07
01	323	Murarze – grupa III	149	r-g	1.01	1.13	1.30	2.35	1.14	1.31	1.50
02	042	Cieśle – grupa II	149	r-g	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
03	391	Robotnicy – grupa I	149	r-g	1.31	1.88	2.64	2.03	1.27	2.09	2.80
		Razem robocizna	149	r-g	2.43	3.12	4.05	4.49	2.52	3.51	4.41
20	1800199	cegły budowlane pełne	020	szt.	92.70	139.90	186.10	71.00	100.10	150.3	200.6
21	1800200	cegła dziurawka (altern.)	020	szt.	(93.40)	(140.80)	(187.60)	–	–	–	–
22	1800199	cegły licówki 25×12×6	020	szt.	–	–	–	71.00	–	–	–
23	2380899	zaprawa (do cegieł pełnych)	060	m ³	0.084	0.130	0.176	0.120	0.066	0.106	0.143
24	2380899	zaprawa (do cegieł dziurawek)	060	m ³	(0.091)	(0.143)	(0.194)	–	–	–	–
25	2601202	listewki iglaste 38×15 mm	060	m	–	–	–	5.00	–	–	–
70	354000	wyciąg		m-g	0.39	0.58	0.78	0.81	0.40	0.62	0.82

2-02/011403

Ściany budynków wielokondygnacyjnych z cegieł pełnych, na zaprawie cementowo-wapiennej, gr. 2c

Robocizna	4.05	r-g/m ²
Cegły pełne	186.10	szt./m ²
Zaprawa cem.-wap.	0.176	m ³ /m ²
Wyciąg budowlany	0.78	m-g/m ²

Rys. 4.25. Trzy ścieżki korzystania z tabel katalogu KNR

Zbudowana na podstawie katalogów KNR tabela zawierająca część jednostki budowlanej przypomina swoim zapisem zestawienia pozycji stosowane w przedmiarach robót. Każda pozycja jest oznaczona unikatowym kodem i związanym z nim tekstem. Warto zauważyć jest to, że każda pozycja jest powiązana, poprzez część ogólną katalogów i poszczególnych rozdziałów oraz opisy do tabel, z zestawem wymagań jakościowych (aczkolwiek dość ogólnie, przez odwołanie do norm) i założeń kalkulacyjnych. Jest to istotne dla jednoznacznego definiowania zakresu znaczeniowego poszczególnych pozycji.

4.6.2. Konstrukcja systemu fasetowego

Z wcześniejszych rozważań nad systemami klasyfikacyjnymi dla zintegrowanego procesu inwestycyjnego wynika, że powszechnie przyjęta jest struktura fa-

setowa. Zalecenie stosowania takiego systemu zawarte jest też w normie ISO 12006-2:2005, która podaje ogólne ramy dla jego budowy. Dlatego punktem wyjścia do rozważań jest porównanie tabel klasyfikacyjnych wg trzech podstawowych źródeł: wymienionej normy ISO, systemu Uniclass 2015 (to porównanie, wraz z terminologią w języku angielskim, jest już przedstawione w poprzednim rozdziale) i systemu SfB w jego podstawowej wersji. Na tej podstawie zaproponowane zostały tablice polskiej wersji systemu fasetowego, nazwanego roboczo PolClass. Podobieństwo tej nazwy do nazwy systemu Uniclass jest w pewnym stopniu nieuniknione, gdyż trudno jest znaleźć dobrze brzmiący zamiennik do słowa klasyfikacja. Zestawienie to zawiera tab. 4.11.

Tabela 4.11. Porównanie tabel klasyfikacyjnych w systemie w normie ISO 12006-2:2005, Uniclass 2015, systemie SfB i proponowanym systemie PolClas (opracowanie własne)

Kategorie klasyfikacyjne według:				
ISO 12006-2	Uniclass 2015		SfB	PolClass
Efekt budowlany:	kompleks budowlany	Co Kompleks		
	jednostka budowlana	En Jednostki		
	przestrzeń	SL Przestrzenie/Lokalizacje		
	część jednostki budowlanej	Ss Systemy	Konstrukcje	Wyroby częstkowe
	wyrób budowlany	Pr Produkty		
Zasoby budowlane:	maszyny i środki pomocnicze	TE Narzędzia i wyposażenie	Zasoby	Zasoby (RMS)
	uczestnik procesu budowlanego	Ro Funkcje		
	informacje budowlane	FI Forma informacji		
	zarządzanie	PM Zarządzanie projektem		
Proces budowlany:	roboty budowlane	częściowo Ro		Rodzaj robót
Dodatkowe:	element	EF Elementy i funkcje	Elementy	Elementy
		Ac Czynności		
		Zz		
		CAD		

Proponowany system zawiera cztery fasety / tabele. Jak widać z powyższego zestawienia, proponowane fasety odpowiadają trzem głównym kategoriom klasyfikacyjnym przyjętym w normie ISO 12006-2:2005 (plus jedna kategoria dodatkowa) i trzem fasetom systemu SfB (plus jedna dodatkowa spoza systemu). Wszystkie tabele znajdują też odpowiedniki w systemie Uniclass 2015. Graficzny schemat fasetowej budowy systemu przedstawia rys. 4.26. Poniżej wymienione są

cztery tabele (fasety) systemu, wraz z definicją ich zakresu znaczeniowego, którą przyjęto na podstawie normy ISO 12006-2:2005 i raportu („ISO/TR 14177:1994” 1994):

- **Elementy:** Fizycznie określona część funkcjonalna obiektu, niezależna od rozwiązania technicznego i materiałowego¹⁷⁵.
- **Wyroby cząstkowe:** Fizycznie określony, jednolity technologicznie, powstający w jednym procesie wyrób, stanowiący część obiektu¹⁷⁶.
- **Zasoby:** Wszystkie komponenty niezbędne do wykonania wyrobu częściowego: materiały (podstawowe i pomocnicze), aktywność pracowników, praca maszyn (wraz z wymaganą energią zasilającą) i dostępność narzędzi¹⁷⁷.
- **Rodzaj robót:** Jednolity pod względem procesowym i technologicznym rodzaj aktywności uczestników procesu inwestycyjnego, wymagający użycia określonych umiejętności i technik¹⁷⁸.

Cztery tabele systemu są wystarczające ze względu na modelowanie obiektów budowlanych i częściowo modelowanie procesów inwestycyjnych. Jak widać przez porównanie z zawartością systemu Uniclass 2015, modelowanie dalszych aspektów procesu inwestycyjnego wymagałoby użycia dodatkowych tabel. System PolClass, jak każdy system fasetowy, jest otwarty na rozbudowę poprzez dodawanie kolejnych tabel, gdyż to nie zaburza jego wcześniejszej struktury. Jed-

¹⁷⁵ Według ISO 12006-2:2005 „część jednostki budowlanej, która – sama lub w kombinacji z innymi podobnymi częściami – pełni dominującą funkcję w tej jednostce”.

Według („ISO/TR 14177:1994” 1994) „Fizyczna część systemu obiektu o charakterystycznej funkcji, np. fizyczna część systemu obiektu, posiadająca charakterystyczną funkcję ... np. wydzielenie, wyposażenie lub obsługę przestrzeni budowlanych bez względu na rodzaj rozwiązania technicznego lub metodę wykonania lub formę konstrukcyjną”. (*A physical part of system of a facility with a characteristic function (e.g. enclosing, furnishing or servicing building spaces), defined without regard to the type of technical solution or the method or form of construction*).

¹⁷⁶ Według ISO 12006-2:2005 „stała (w odróżnieniu od postaci płynnej lub gazowej) materialna część jednostki budowlanej o fizycznie określonych granicach”.

Według („ISO/TR 14177:1994” 1994) „Jedna lub kilka fizycznych części obiektu, postrzeganych jako wynik szczególnych umiejętności i technik stosowanych w odniesieniu do konkretnych wyrobów i/lub elementów konstrukcyjnych w fazie produkcji”. (*One or several physical parts of a facility, viewed as the result of particular skills and techniques applied to particular construction products and/or elements during the production phase*).

¹⁷⁷ Według ISO 12006-2:2005 „obiekt użyty w procesie budowlanym dla osiągnięcia efektu budowlanego”.

Według („ISO/TR 14177:1994” 1994) „Nieożywione obiekty fizyczne, narzędzia i maszyny budowlane i praca ludzi, włączone lub przeznaczone do włączenia do obiektów budowlanych, w tym instalacji i wyposażenia”. (*Inanimate physical objects [...], construction aids [...] and human efforts [...] incorporated or intended for incorporation into facilities, including furniture and equipment*).

¹⁷⁸ Według ISO 12006-2:2005 „dominujący proces budowlany prowadzący do uzyskania efektu roboty budowlanej”.

Według („ISO/TR 14177:1994” 1994) „Zastosowanie odpowiednich umiejętności i technik przez ludzi – uczestników procesu inwestycyjnego”. (*The application of appropriate skills and techniques by human agents*).

nakże, z przywołanych na wstępie powodów, jednorazowe wprowadzenie obszernego systemu, który nie znajduje oparcia w lokalnej tradycji, może być trudne i nie przyniesie sukcesu. Warto zwrócić uwagę, że wprowadzenie w Wielkiej Brytanii systemu Uniclass w obecnej wersji, poprzedzone było niemal dwudziestoletnim okresem stosowania pierwszej wersji systemu, która z kolei wywodzi się z systemu CI/SfB¹⁷⁹. Proponowany system czterotablicowy można zatem traktować jako pierwszy krok w budowie i wdrożeniu przyszłego, pełniejszego systemu.

4.6.3. Zawartość faset systemu PolClass

Pierwsza tabela systemu – Elementy, nie ma dotychczas odpowiednika w istniejących opracowaniach polskich. Aby ustalić zawartość tej tabeli przeanalizowano zawartość dwóch systemów opisywanych wcześniej: SfB i Uniclass 2015. W drugim systemie, odpowiednikiem tabeli Elementy jest tabela „EF Elementy i Funkcje”. Jednak zawartość tej tabeli jest wyraźnie dostosowana do warunków brytyjskich i nie byłaby, zdaniem autora, odpowiednia dla warunków polskich.

Tabela Elementy w systemie SfB ma dobrą strukturę i hierarchiczny (dwupoziomowy) układ, ale jej stopień uszczegółowienia jest zbyt mały. Tabela operuje dość pojemnymi pojęciami, co w praktyce ograniczałoby jej funkcjonalność. Rozsądnym rozwiązaniem wydaje się jej uszczegółowienie przy zachowaniu istniejącej struktury. W taki sposób została opracowana norma norweska NS 3451 Bygningsdeltabell¹⁸⁰. Polskie tłumaczenie tej normy zostało opracowane w połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, przez członka zespołu opracowującego tę normę, dr. Janusza Ziolkę¹⁸¹, przy współpracy Biura Projektowo-Badawczego Budownictwa Ogólnego „Miastoprojekt” we Wrocławiu i Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej. Podstawą opracowania była zgoda na przetłumaczenie i prawo do wykorzystania tej normy w Polsce, którego udzielił dyrektor NBR, Odd Lyng¹⁸². Na potrzeby niniejszej pracy, tłumaczenie zostało uaktualnione, dla zachowania zgodności z aktualnym wydaniem tej normy z 2009 r. (NS 3451:2009).

Norma NS 3451 ma układ hierarchiczny, trójstopniowy. Układ głównych rozdziałów jest analogiczny do przyjętego w systemie SfB, jednak dodany został kolejny, trzeci poziom uszczegółowienia, który pozwala na dostatecznie precyzyjne

¹⁷⁹ Potrzeba koordynacji danych w procesie inwestycyjnym i wynikająca z tego konieczność opracowania udoskonalonej, standardowej struktury klasyfikacyjnej dla informacji, została zidentyfikowana w Wielkiej Brytanii już w wydanym w 1971 r. przez HMSO (Her Majesty's Stationery Office) raporcie *An Information System for the Construction Library* („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977, 10).

¹⁸⁰ Pol. *Tabela Części budowli*.

¹⁸¹ Dr Janusz Ziolkę jest inżynierem konsultantem, specjalistą z dziedziny zarządzania wymianą informacji w procesie inwestycyjnym, właścicielem firmy konsultingowej Ziolkę & Co. AS w Sandvika w Norwegii oraz współpracownikiem Norweskiej Rady Normalizacji w Budownictwie – Norges Byggstandardiseringsråd (NBR).

¹⁸² Pierwsza wersja tłumaczenia normy NS 3451 na język polski została zamieszczona w pracy (Ziolkę 1995).

stosowanie tej tabeli¹⁸³. Tabela wyróżnia sześć głównych części budynku i jego otoczenia. Są to zarówno części o charakterze ściśle budowlanym, jak i instalacyjno-wyposażeniowym:

- Budynek,
- Urządzenia sanitarne i wentylacyjne,
- Instalacje elektryczne,
- Telekomunikacja i automatyka,
- Inne instalacje,
- Teren.

Te sześć głównych kategorii dzieli się łącznie na trzysta pozycji drugiego i trzeciego poziomu uszczegółowienia. Numeracja pozycji nie jest ciągła, część „wolnych” oznaczeń kodowych jest zarezerwowana do przyszłego użycia. Kody poszczególnych pozycji są liczbami i składają się z liczby cyfr odpowiadającej poziomowi uszczegółowienia: jedna cyfra na poziomie 1, dwie cyfry na poziomie drugim i trzy cyfry na poziomie trzecim. Dla spójności systemu oznaczeń, w niniejszej pracy przyjęto, że na każdym poziomie uszczegółowienia oznaczenia będą trzycyfrowe, a brakujące cyfry zostaną uzupełnione zerami. Ponadto, dla zaznaczenia kategorii informacji, które są sklasyfikowane w tablicy, oznaczenie będzie poprzedzone literą „E” z podkreślnikiem (od „Elementy”). Przykład oznaczenia:

E_231 Zewnętrzne ściany nośne.

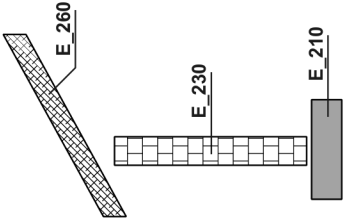
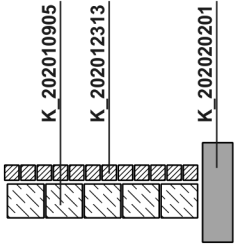
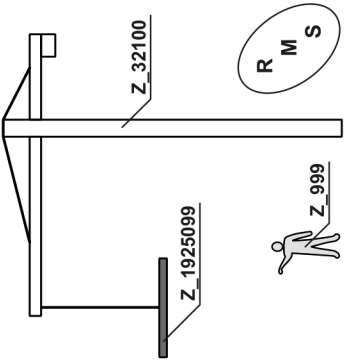
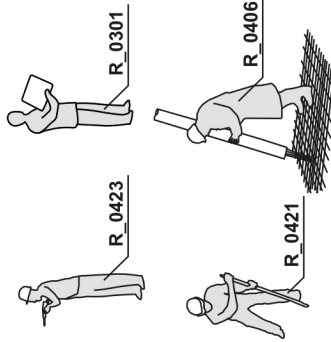
Pełną zawartość pierwszej tabeli systemu – fasety **Elementów** przedstawiono w Załączniku 1.

Druga tabela systemu – **Wyroby częściowe**, jak to przedstawiono powyżej może być z powodzeniem zbudowana na bazie katalogów KNR¹⁸⁴. Struktura tablicy może być trójstopniowa. Górny poziom stanowią nagłówki dla poszczególnych kategorii, określone przez numery poszczególnych katalogów – oznaczenie trzycyfrowe. Drugi poziom stanowią tabele w tych katalogach – oznaczenie siedmiocyfrowe. Trzeci, najbardziej szczegółowy poziom stanowią pojedyncze pozycje z tabel – oznaczenie dziewięciocyfrowe. Dla zachowania jednoznaczności i spójności oznaczeń w systemie, oznaczenie cyfrowe będzie poprzedzone literą „K” z podkreślnikiem (od „Konstrukcje” lub „KNR”). Przykład oznaczenia:

K_202020201 Ławy fundamentowe żelbetowe prostokątne, szer. do 0,6 m

¹⁸³ Na marginesie charakterystyki normy NS 3451 warto dodać, że bardzo zbliżony układ ma też niemiecka norma DIN 276 Koszty w Budownictwie (*Kosten im Hochbau*), która zawiera tabelę określającą Grupy kosztów (*Kostengruppen*). Układ tej tabeli nawiązuje do układu Tabeli 1 systemu SfB, a poszczególne grupy dość dobrze odpowiadają podziałowi na Elementy przyjętemu w tym systemie. Oznaczenia są trzycyfrowe, jednak poziom uszczegółowienia jest zdecydowanie mniejszy niż w NS 3451.

¹⁸⁴ Możliwość wykorzystania katalogów KNR jako zamiennika Tablicy 2 systemu SfB, została zidentyfikowana przez autora w 1989 r. Pierwszą publikacją, w której przedstawiono ten pomysł był artykuł (Ziolko, Tarczewski, i Leszkiewicz 1991).

Tablica 1 Elementy	Tablica 2 Wyroby częściowe	Tablica 3 Zasoby	Tablica 4 Rodzaje robót
			
nowo opracowana tablica na bazie SFB i NS 3451	pozycje z katalogów KNR	oznaczenia z katalogów KNR	nowo opracowana tablica na bazie KNP i Uniclass 2015

Rys. 4.26. Proponowany system PolClass – graficzne przedstawienie czterech tablic klasyfikacyjnych (opracowanie własne)

Trzecia tabela systemu – **Zasoby**, podobnie jak Tabela 2, może być zbudowana na bazie katalogów KNR, przy wykorzystaniu zawartych w nich tzw. kodów ETO. Podają one jednoznaczne określenia i związane z nimi kody cyfrowe dla wszystkich trzech grup zasobów: robocizny, materiałów i sprzętu. Dla zachowania jednoznaczności i spójności oznaczeń w systemie, oznaczenie cyfrowe będzie poprzedzone literą „Z” z podkreślnikiem (od „Zasoby”). Przykład oznaczenia:

Z_1925099 Płyty stropowe żelbetowe prefabrykowane w systemie WK-70.

Dla czwartej tabeli systemu – **Rodzaje robót**, nie istnieje źródło, na bazie którego mogłaby być ona zbudowana w sposób bezpośredni. Z tego powodu, w ramach niniejszej pracy przygotowana została propozycja takiej tabeli opracowana na podstawie tradycyjnego podziału stosowanego w polskim przemyśle budowlanym, odzwierciedlonego w nagłówkach tematycznych funkcjonujących na polskim rynku Katalogów Norm Pracy (KNP), przy uwzględnieniu niektórych rozwiązań z tabeli *Ro Roles*, systemu Uniclass 2015. Struktura tablicy jest dwustopniowa, przy czym na pierwszym poziomie wyróżniono cztery główne grupy bezpośrednio związane z procesem projektowania i realizacji. Struktura tabeli jest otwarta i umożliwia zarówno dodawania nowych grup głównych, jak i dodawanie nowych pozycji w ramach istniejących grup. Oznaczenia kodowe są czterocyfrowe. Dla zachowania jednoznaczności i spójności oznaczeń w systemie, oznaczenie cyfrowe będzie poprzedzone literą „R” z podkreślnikiem (od „Rodzaje robót”). Przykład oznaczenia:

R_0405 Roboty murarskie.

Pełną zawartość czwartej tabeli systemu – fasety **Rodzajów robót** przedstawiono w Załączniku 2.

Struktura proponowanego systemu PolClass może być przedstawiona, przez analogię do graficznego schematu podanego w opisie systemie SfB („CIB Report 22. The SfB System.” 1973), w tabeli, której kolumny reprezentują poszczególne fasety systemu, rys. 4.26.

Systemy fasetowe umożliwiają tworzenie klas złożonych poprzez złożenie klas prostych. W tym przypadku możemy łączyć kody z wybranych faset/tabel. Można to zilustrować na przykładzie kodu:

E_231/K_2020207 Konstrukcje żelbetowe w ścianach zewnętrznych.

Należy zauważyć, że kombinacje kodów z różnych tabel systemu mogą być interpretowane zarówno „rzeczownikowo” jak i „czasownikowo”. Przykładem interpretacji rzeczownikowej jest powyższy tekst odpowiadający kodowi złożonemu z dwóch kodów prostych. W tej interpretacji posłużył on do kodowania produktów. W interpretacji czasownikowej, może służyć do kodowania procesów, np.:

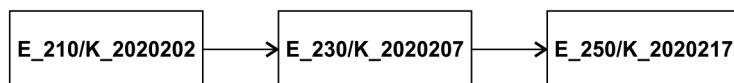
E_231/K_2020207 Wykonywanie konstrukcji żelbet. w ścianach zewnętrz.

Odpowiada to przyjętemu w systemie SfB modelowi transformacji zasobów przez czynności, w efekty budowlane („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977), rys. 4.27:



Rys. 4.27. Model transformacji zasobów przez czynności w efekty budowlane przyjęty w systemie SfB¹⁸⁵

Interpretacja czasownikowa daje podstawy do modelowania, w pewnym zakresie, przebiegu procesów inwestycyjnych. W szczególności może być wykorzystana przy opracowaniu harmonogramów, gdyż umożliwia budowę sieci zależności, której elementami są tak zakodowane czynności („CIB Report 22. The SfB System.” 1973; Ziolk 1995). Na rysunku 4.28 przedstawiono prosty łańcuch czynności, obejmujący wykonanie konstrukcji żelbetowych kolejno w fundamentach, ścianie zewnętrznej i w stropie. W przykładzie na rys. 4.28 użyto kodów z drugiej tabeli systemu na drugim poziomie uszczegółowienia, tzn. kod jest ograniczony do siedmiu cyfr: numeru katalogu i numeru tablicy. W przypadku kodowania czynności jest to wystarczający poziom uszczegółowienia, gdyż większe uszczegółowienie jest potrzebne przy kodowaniu wyrobów częściowych.



Rys. 4.28. Prosty łańcuch czynności zakodowanych według 1 i 2 tablicy systemu¹⁸⁶

Jak wspomniano na początku niniejszego rozdziału, celem sformułowania propozycji stworzenia narodowego systemu klasyfikacyjnego nie jest chęć mnożenia bytów w tej dziedzinie, ale dążenie do maksymalnego ułatwienia wdrożenia technologii modelowania BIM, dzięki oparciu jej na systemie klasyfikacji wywodzącym się z istniejących, dobrze znanych i powszechnie znanych opracowań. Takie podejście, oprócz „obniżenia progu trudności” przy wdrożeniu, spowoduje

¹⁸⁵ Opracowanie własne na podstawie („CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System”. 1977).

¹⁸⁶ Opracowanie własne na podstawie (Ziolk 1995). W przedstawionym przykładzie, w kodach z katalogu KNR wykorzystano tylko 7 cyfr – do poziomu tabeli, pomijając nr kolumny. Uszczegółowienie o dalsze dwie cyfry zawiera zazwyczaj informacje o charakterze materiałowym i przy kodowaniu czynności nie jest potrzebne.

także, że modelowanie budynków będzie ściślej powiązane z wykształconą miejscową kulturą i tradycją budownictwa.

4.7. Struktura bazy danych gromadzącej informacje niegraficzne

W zintegrowanym modelu informacji centralnym pojęciem jest obiekt, fizyczny lub abstrakcyjny, będący wyodrębnionym fragmentem dziedziny, do której należy. Właściwości (atrybuty) obiektu umożliwiają jego przypisanie do danej dziedziny. Podobieństwa i różnice właściwości obiektów umożliwiają ich rozróżnianie. Aby możliwe było zdefiniowanie zbioru obiektów jako klasy o wspólnych właściwościach, niezbędna jest pewna idealizacja, abstrahowanie pozwalające pominąć pewne właściwości, a uwypuklić inne. Konceptualnie, rozdzielenie obiektu od jego właściwości jest bardzo wygodne¹⁸⁷ (Ekholm 2005). W przypadku obiektów budowlanych część właściwości może mieć swoje reprezentacje graficzną, dotyczące przede wszystkim właściwości geometrycznych. Umożliwiają one zobrazowanie obiektu na ekranie komputera, a także jego materializację w procesie budowlanym. Pozostałe właściwości nie dadzą się przedstawić graficznie i są reprezentowane w postaci danych liczbowych i tekstowych. Są one usystematyzowane za pomocą klas, czyli zbiorów obiektów o pewnych właściwościach wspólnych, które tworzą system klasyfikacyjny.

W procesie inwestycyjnym, jak to było przedstawione przy omawianiu systemów klasyfikacyjnych, pojawiają się dwie grupy informacji niegraficznych, które są związane z opisywanym obiektem: informacje ogólne i specjalne. Pierwsze są uporządkowane w przyjętym systemie klasyfikacyjnym, drugie natomiast wymagają systematyki ustalonej *ad hoc*, oddzielnie dla każdego procesu inwestycyjnego. Niezależnie od tego, informacje obu rodzajów, przypisane do danego obiektu stanowią pewien pakiet, którego zawartość jest różna dla różnych obiektów. Przez analogię z zapisem macierzowym, pakiet informacji ogólnych i specjalnych przypisanych do jednego obiektu można nazwać rekordem. W bazie danych przechowującej te informacje wiersze reprezentują poszczególne obiekty, a kolumny – informacje wraz z ich oznaczeniami kodowymi.

Przykład struktury bazy danych przedstawia rys. 4.29. Kolumny, reprezentujące różne rodzaje informacji, podzielone zostały na dwie grupy – odpowiednio dla informacji ogólnych i specjalnych. Podział ten nie ma żadnego znaczenia praktycznego i został tu wprowadzony jedynie dla lepszej wizualizacji struktury danych. Przy przetwarzaniu informacji istotny jest kod informacji i jej zawartość,

¹⁸⁷ Widać tu analogię do podstawowego założenia sztuki konceptualnej: „Nie istnieją przedmioty pozbawione znaczeń i nie istnieją znaczenia pozbawione przedmiotów, jeden i ten sam przedmiot może mieć różne znaczenia w różnych kodach; jedno i to samo znaczenie można przypisać różnym przedmiotom” (Świdziński 1977).

Nr rekordu	Informacje ogólne			Informacje specjalne			Ilości	
	1	2	3	1	2	3	j.m.	Ilość
1209	...	...	...	...	...	...	...	...
1210	K_202011403	E_231	R_04_05	03	310	xx	m ²	26.7
1211	K_202011401	E_231	R_04_05	03	310	xx	m ²	45.2
1212	K_202011403	E_241	R_04_05	03	315	xx	m ²	65.1
1213	K_202011401	E_241	R_04_05	03	315	xx	m ²	32.4
1214	...	...	...	...	...	...	...	...

Wyrób częściowy

K_202011401
Ściana budynku jednokondygnacyjnego z cegły pełnej na zaprawie cem.-wap., gr. 1c

Element

E_241
Ściana wewnętrzna nośna

Rodzaj robót

R_04_05
Roboty murarskie

Pomieszczenie

315

Kondygnacja

03
Piętro 2

pozostałe informacje specjalne

Rys. 4.29. Struktura bazy danych gromadzącej niegraficzne informacje o obiekcie

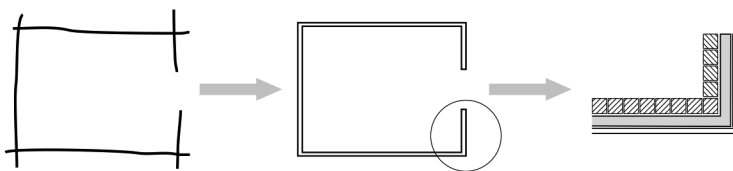
a kolejność przywoływania zależy od przyjętego sposobu selekcji i sortowania danych. Jako główną informację porządkującą przyjęto Wyrób częściowy, jako fizycznie określoną, jednolitą technologicznie i procesowo część obiektu. Przyjęcie Wyrobu częściowego jako informacji porządkującej ma swoją konsekwencję we wprowadzeniu *a priori* Ilości (wraz z jednostkami) jako atrybutu drugiego rzędu. Informacja zawarta w opisie Wyrobu częściowego sama jest atrybutem (pierwszego rzędu) obiektu abstrakcyjnego. Atrybut ilości nie mógłby się pojawić, gdyby nie występowała ta informacja, gdyż nie jest on niezależny. Informacje specjalne, mimo swojego lokalnego charakteru, mogą się pojawić niezależnie. Informacja „Pomieszczenie nr 315” ma w ramach danego obiektu ustalone znaczenie, niezależnie od połączenia jej z inną informacją. W poszczególnych komórkach w macierzy bazy danych pokazane są na rysunku, dla czytelności, jedynie kody informacji, w rzeczywistości zawierają one pełną treść informacji. Ilość kolumn zarezerwowanych dla informacji ogólnych jest ustalona i wynika z systemu klasyfikacyjnego. Ilość kolumn przeznaczonych dla informacji specjalnych nie ma ograniczeń merytorycznych, a jedynie praktyczne, wynikające z konieczności zbudowania i utrzymania rozbudowanej macierzy. Podstawowym założeniem przy budowie macierzy bazy danych, niesformułowanym wprost, ale niezbędnym, jest konieczność unikatowości rekordów. Nie mogą istnieć dwa identyczne rekordy, gdyż oznaczałoby to jednoczesne fizyczne istnienie dwóch różnych obiektów

w jednym obszarze przestrzeni. Jeżeli taka sytuacja pojawi się w trakcie budowy macierzy, powinna prowadzić do scalenia rekordów. Podobnie, jeżeli dla danego wyrobu częściowego zmieni się wartość którejkolwiek informacji, odpowiadający mu rekord powinien zostać podzielony, gdyż odpowiadałoby to sytuacji „bilokacji” jednoczesnej obecności jednego wyrobu częściowego w dwóch różnych lokalizacjach fizycznych lub procesowych.

Warto zauważyć, że nie wszystkie komórki macierzy muszą być wypełnione. Niektóre informacje, dotyczy to zwłaszcza informacji specjalnych, mogą pojawić się dopiero na określonym etapie procesu inwestycyjnego. Mogą to być na przykład informacje podające datę wykonania danego wyrobu częściowego, kod wykonawcy, nr umowy, kwota umowna itd. Możliwa jest również zmiana zawartości komórek, jeśli dana informacja ulegnie zmianie, np. pewien wyrób częściowy zostanie przeniesiony, w wyniku zmiany wprowadzonej w projekcie, z kondygnacji 3 na kondygnację 02. Taki wszechstronny i dynamiczny charakter bazy danych jest jednym z wymogów przy wprowadzaniu modelowania BIM Poziom 2.

W modelu zintegrowanym, element zaprojektowany (określenie wg PN-ISO 12006:2005), musi mieć możliwość dostosowywania się do rosnącej złożoności modelu, bez konieczności wprowadzania rozwiązań *ad hoc*. Struktura obiektu powinna pozwalać na jego dekompozycję na mniejsze jednostki i na składanie (kompozycję) kilku obiektów w jednostkę większą.

Jeśli struktura bazy danych umożliwia takie operacje, to dla modelu zintegrowanego nie ma znaczenia, jaki poziom złożoności reprezentuje początkowo obiekt, gdyż w miarę rozwoju projektu i uszczegóławiania modelu, możliwe jest korygowanie i uzupełnianie związanych z nim informacji. Jest to proces odpowiadający, w kategoriach modelowania informacji, kreatywnemu projektowaniu – od szkicu do rozwiązania szczegółowego. Taka koncepcja wzrostu złożoności modelu wraz z jego uszczegóławianiem jest schematycznie przedstawiona na rys. 4.30 (Ekholm 1996).



Rys. 4.30. Schemat wzrostu złożoności modelu wraz z jego uszczegóławianiem (Ekholm 1996)

Możliwe jest rozpoczęcie od uproszczonego „szkicu” reprezentującego jedynie rozmieszczenie przestrzenne i charakter obiektu, np.:

E_230

Ściana zewnętrzna (rys. 4.30, po lewej).

Pozostałe kolumny mogą pozostać na tym etapie puste. Na kolejnym etapie możliwe jest uszczegółowienie modelu przez dodanie informacji o rozwiązaniu materiałowym:

E_230/R_0405

Roboty murarskie w ścianie zewnętrznej (rys. 4.30, w środku).

Na etapie pełnego uszczegółowienia, pakiet informacji opisujący ścianę może mieć następującą postać

E_231/K_202010402/R_0405+E_235/K_202061203/R_0411+E_235/K_202012313/R_0405

Ściana nośna zewnętrzna z cegły pełnej na zaprawie cem.-wap., gr. 1c, z izolacją cieplną z płyt wełny mineralnej gr. 20 cm i oblicówką z cegieł kratówek (rys. 4.30, po prawej).

Początkowo, informacje o ścianie były zapisane w jednym rekordzie, z informacją tylko z Tabeli 1 systemu. W drugim kroku, informacje w dalszym ciągu były zapisane w jednym rekordzie, ale doszła dodatkowa informacja z Tabeli 4. Na ostatnim etapie konieczne było rozbicie jednego rekordu na trzy, reprezentujące różne wyroby częściowe, które zostały zastosowane w ścianie. Następnie, w każdym rekordzie dodana została informacja z Tabeli 1 systemu, precyzująca wyrób częściowy, który został przewidziany do zastosowania.

Oparcie systemu klasyfikacji na katalogach KNR, które znajdują zastosowanie również do innych celów niż modelowanie zintegrowane, umożliwia wykorzystanie opisywanej bazy danych również do sporządzania dokumentacji tekstowej o charakterze „tradycyjnym”, często (a właściwie w większości przypadków) wciąż przygotowywanej poza zintegrowanym modelem obiektu. Mogą to być wszelkiego rodzaju zestawienia służące do przygotowania opracowań kosztowych (przedmiary robót, zestawienia materiałów itp.), raporty postępu robót, raporty finansowe, zestawienia rozkładu kosztów wg Elementów itd. Ponieważ w bazie danych wszystkie Wyroby częściowe są powiązane z pakietem informacji umożliwiających ich precyzyjne umiejscowienie w strukturze obiektu i w fazie procesu inwestycyjnego, opracowania te mogą być przygotowane w formie dostosowanej do konkretnej potrzeby. Poprzez wybór zestawu kodów i ich zakresu, a także ustawienie kolejności przywoływania, możliwe jest uzyskanie formy prezentacji danych, której nie można uzyskać przy tradycyjnej metodzie ich sporządzania.

Poniżej przedstawiono dwa proste przykłady raportów wygenerowanych z bazy danych modelu zintegrowanego. Pierwszy przedstawia rozkład ilości Wyrobów częściowych z zakresu robót murarskich, na kondygnacji 01, według Elementów. Kolejność sortowania była w tym przypadku następująca: Rodzaj robót – Kondygnacja – Element – Wyrób częściowy. Zakres wyboru ograniczono do: R_0405 dla Rodzaju robót, 01 dla Kondygnacji, E_230 i E_240 dla Elementów i bez ograniczeń dla Wyrobów częściowych. W przyjętej kolejności wyboru najszybciej zmieniają się kody przywołane na końcu, a najwolniej kody przywołane na po-

czątku (układ „licznika samochodowego”). Przykładowy wynik przedstawiono poniżej:

Kondygnacja 01

E_230 Ściana zewnętrzna

K_202011401 Ściana z cegły pełnej gr. 1c, m² 26.7 na zapr. cem-wap.

K_202011602 Ściana z betonu komór. gr. 36 cm, m² 26.7

E_230 Ściana zewnętrzna

K_202011401 Ściana z cegły pełnej gr. 1c, m² 65.1 na zapr. cem-wap.

K_202011602 Ściana z betonu komór. gr. 36 cm, m² 45.2

Drugi przykład przedstawia zestawienie kwot umownych dla poszczególnych rodzajów robót w rozbiciu na Elementy. Kolejność sortowania była w tym przypadku następująca: Rodzaj robót – Element. Zakres wyboru ograniczono do: R_0406, R_0411 i R_0405 dla Rodzaju robót i bez ograniczeń dla Elementów. Przykładowy wynik wygląda następująco:

R_0406 Roboty betonowe

E_210	Fundamenty	zł	125 060.–
E_230	Ściany zewnętrzne	zł	210 400.–
E_250	Stropy	zł	185 000.–

R_0411 Roboty izolacyjne

E_210	Fundamenty	zł	12 500.–
E_230	Ściany zewnętrzne	zł	8 100.–
E_260	Dach	zł	10 100.–

R_0405 Roboty murarskie

E_230	Ściany zewnętrzne	zł	115 200.–
E_240	Ściany wewnętrzne	zł	25 800.–

Możliwość wyboru stopnia uszczegółowienia dla poszczególnych informacji, dowolnego wyboru ich zakresu i kolejności zestawiania, daje ogromne możliwości wykorzystania zgromadzonych danych w procesie inwestycyjnym. Należy przy tym pamiętać, że przygotowywanie zestawień, raportów itd. jest jedynie dodatkową opcją wykorzystania danych z modelu zintegrowanego, która jest dostępna dzięki wykorzystaniu w tym modelu odpowiednio zbudowanego systemu klasyfikacyjnego.

Rozdział 5. Podsumowanie

– Architekt w czasach BIM¹⁸⁸

Pierwszym obowiązkiem artysty jest opanowanie rzemiosła.

Rudyard Kipling¹⁸⁹

5.1. Crowdsourcing w projektowaniu

Modelowanie budynku i uczestniczenie w procesie wymiany informacji jest dla architekta jednym z elementów zawodowego rzemiosła. Jego znaczenie stale rośnie wraz ze wzrostem złożoności samego obiektu architektonicznego, jak i procesu, w którym powstaje. Jeśli spojrzymy na udział architekta w procesie inwestycyjnym, to można go interpretować jako proces świadczenia usług na rzecz klienta. Wprowadzenie do modelowania zasad technologii BIM umożliwia uzyskanie zupełnie nowego poziomu tych usług. Dotyczy to nie tylko organizacji informacji w projekcie, ale również wewnętrznej organizacji zespołów projektowych w czasie pracy. Korzystanie z metodologii BIM stymuluje tworzenie w ramach tych zespołów problemowo zorientowanych grup, które tworzą sieć wewnętrznych powiązań (Kara i Bosia 2017).

Historyk architektury, Mario Carpo, zauważa, że chociaż „...kultura cyfrowa w wielu dziedzinach przyjęła interaktywny i oparty na współpracy sposób tworzenia, który wydaje się nieodłączny od logiki technicznej większości narzędzi cyfrowych, [...] to w architekturze «cyfrowa decentralizacja» została przekierowana ze społecznej partycypacji na nowe i śmiałe partnerstwo z tym, co wielu postrzega jako tajemnice i nieokreśloność natury”. Stosowanie modeli parametrycznych umożliwia swoistą samoregulację systemu, i chociaż „...projektant może opracować pewne ogólne aspekty każdego pojedynczego produktu, to poszczególne wa-

¹⁸⁸ Tytuł rozdziału jest parafrazą tytułu znanej powieści Gabriela Garcí Márqueza *Miłość w czasach zarazy*. To nawiązanie jest nieprzypadkowe, gdyż zdaniem autora relacje zawodu architekta do nowej, cyfrowej rzeczywistości procesu projektowania, przypominają w znacznym stopniu relacje pomiędzy głównymi bohaterami tej powieści.

¹⁸⁹ Cytat za: *Aforyzmy optymisty*, wyd. Wydawnictwo MG, Warszawa 2007.

riacje wynikają z anonimowej agregacji wyborów wielu osób”. Carpo nazywa to „crowdsourcingiem” w projektowaniu (Carpo 2013).

Ma to odzwierciedlenie w sposobie, w jaki zapewniana jest w projekcie jakość końcowa. Ten sam autor cytuje stwierdzenie z eseju Alexandra Koyre’a, z 1948 r., że „Precyzja jest znakiem rozpoznawczym nowoczesności we wszystkich aspektach życia i nauki”. Jednak jego zdaniem, w modelu współpracy w projekcie opartym na cyfrowej agregacji wkładu uczestników, końcowa skuteczność nie jest wynikiem autorytarnej precyzji, ale stałego przybliżania, redundancji i ciągłego rewidowania opartego na partycypacji (Carpo 2011).

Kilkadziesiąt lat wcześniej, w okresie II wojny światowej, w przemyśle zbrojeniowym, a później także w pozostałych gałęziach przemysłu, nastąpiło podobne zjawisko rozproszenia produkcji poprzez podzlecenie wybranych zadań do jednostek zewnętrznych. Umożliwiło to specjalizację, zwiększenie produkcji, obniżenie kosztów i skrócenie czasu dostaw. Jednak jednocześnie spowodowało konieczność wypracowania nowych metod zapewnienia jakości w całym cyklu produkcyjnym i łańcuchu dostaw. Znalazło to wyraz w normach serii ISO 9000, poświęconych systemom zapewnienia jakości. Pierwsze wydanie tych norm zostało opublikowane w 1987 r.

Normy te są stosowane również w projektowaniu obiektów budowlanych, jednak wdrożenie technologii BIM przeniosło zagadnienie na nowy poziom odpowiedzialności. Wspólna praca na jednym modelu i dostęp do tego modelu wielu różnych specjalistów, nie tylko pochodzących z różnych dziedzin, ale także z różnych jednostek organizacyjnych, a nawet z różnych krajów, powoduje, że wszystkie problemy wynikające z różnic kulturowych i prawnych, o których była mowa już wcześniej, mogą mieć natychmiastowy wpływ na wszystkich uczestników procesu. Błędy lub bałagan wprowadzone do modelu przez jednego z uczestników, pojawiają się natychmiast w jego częściach używanych przez innych uczestników¹⁹⁰.

W ramach przedstawionej uprzednio koncepcji „**Dlaczego – Co – Jak**” (Majowiecki 2006), architekt jest odpowiedzialny za, i generuje część „**Co**”, oraz zajmuje pozycję lidera w zespole, który pracuje nad jego wizją początkową, w ramach własnych dyscyplin. Jest zatem kwestią etyki zawodowej, zapewnienie

¹⁹⁰ Problemy związane z fragmentacją procesu projektowego w architekturze i budownictwie występowały oczywiście jeszcze przed pojawieniem się technologii BIM, a nawet przed upowszechnieniem metod CAD. Jako przykład może służyć stosowanie przemysłowo produkowanych elementów konstrukcji dachowej, stalowej lub z drewna klejonego. Zazwyczaj projekt wykonawczy takich elementów jest przygotowywany we własnym zakresie przez producenta, na podstawie danych dostarczonych przez generalnego wykonawcę lub inwestora. Dążenie do minimalizacji kosztów produkcji powoduje, że elementy te są traktowane jako „wyrwane z kontekstu”, pracujące oddzielnie, bez uwzględnienia pracy całego systemu konstrukcyjnego. Zdarzają się nawet sytuacje, że producenci nie chcą uwzględniać dodatkowych wymagań, np. roli dźwigara w zapewnieniu sztywności obiektu, twierdząc, że cena ofertowa, którą zaproponowali obejmuje jedynie najprostszą wersję elementu. Skutki takiego braku koordynacji mogą prowadzić nawet do zagrożenia bezpieczeństwa obiektu. Autor był świadkiem takich sytuacji.

przez lidera zespołu, architekta, spójności prowadzonych działań i jakości efektu końcowego.

Peggy Dreamer identyfikuje dwa rodzaje koniecznej reakcji środowiska zawodowego architektów na rosnącą złożoność projektu w kontekście BIM. Są to: „...potrzeba i dostęp zarówno do wspólnej wiedzy, jak i wspólnego ryzyka i odpowiedzialności. Właśnie w tych dwóch rodzajach reakcji widzimy zmienny charakter projektu” (Dreamer 2010). Nakłada to dodatkowe obowiązki na architektów, którzy (Özkoç 2015):

- są zobowiązani do zapewnienia większej liczby precyzyjnie określonych usług, w stosunkowo krótszych terminach,
- są zobowiązani do zapewnienia większej odpowiedzialności za swoje działania zawodowe,
- muszą koordynować fragmentację procesu projektowego i zarządzać jego złożonością.

Prowadzi to do konieczności pewnej standaryzacji usług architekta, w duchu norm serii ISO 9000, aby zapewnić powtarzalność jego działań widzianych od strony inwestora, ale także powtarzalność i niezawodność procesów współpracy wewnętrznej, zwłaszcza w zakresie modelowania obiektu i wymiany informacji.

5.2. Standaryzowanie usług architekta

Bardzo dobrym przykładem dążenia do uporządkowania sposobu świadczenia usług przez architekta i zespół projektowy, którego jest liderem, jest funkcjonujący w Wielkiej Brytanii Plan Pracy architekta, opracowany przez Królewski Instytut Architektów Brytyjskich (RIBA Plan of Work). Plan ten był publikowany jeszcze w okresie „przed-cyfrowym” i był kilkakrotnie modyfikowany. W wersji z 1997 r. wyróżniano jedenaście etapów pracy, do których były przypisane określone działania, do których architekt był zobowiązany w tym sensie, że inwestor mógł oczekiwać od niego świadczenia takich usług. Ostatnia opublikowana wersja, pochodząca z 2013 r., w zasadniczy sposób zmieniła układ Planu Pracy, dostosowując go do wymagań BIM.

RIBA Plan of Work 2013 ma układ macierzy o ośmiu kolumnach i ośmiu wierszach¹⁹¹. Kolumny reprezentują kolejne etapy procesu inwestycyjnego (*Stages*), a wiersze – grupy zadań, które powinien podjąć zespół projektowy, a zwłaszcza jego lider, architekt. Są one następujące:

Etapy (*Stages*):

- 0 – Określenie celów strategicznych (*Strategic definition*),
- 1 – Przygotowanie i założenia projektowe (*Preparation and brief*),

¹⁹¹ RIBA Plan of Work 2013 jest opublikowany na stronie:

<https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work>.

- 2 – Projekt koncepcyjny (*Concept design*),
- 3 – Projekt szczegółowy (budowlany) (*Developed design*),
- 4 – Projekt wykonawczy (*Technical design*),
- 5 – Realizacja (*Construction*),
- 6 – Przekazanie i zakończenie (*Handover and close out*),
- 7 – Użytkowanie (*In use*).

Grupy zadań (*Tasks*):

- 0 – Główne Cele (*Core Objectives*) – obligatoryjne,
- 1 – Kompletowanie (*Procurement*) – zmienne,
- 2 – Program (*Programme*) – zmienne,
- 3 – Urbanistyka (*Town Planning*) – zmienne,
- 4 – Sugerowane główne zadania pomocnicze (*Suggested Key Support Tasks*) – obligatoryjne,
- 5 – Kontrola pod względem zrównoważonego rozwoju (*Sustainability Checkpoints*) – fakultatywne,
- 6 – Wymiana informacji (*Information Exchange, at stage competition*) – obligatoryjne,
- 7 – Wymiana informacji z administracją państwową (*UK Government Information Exchange*) – fakultatywne.

Część zadań jest obligatoryjna i one zawsze muszą być wykonywane na poszczególnych etapach. Spośród ośmiu grup, trzy są obligatoryjne. Niektóre zadania są zmienne i zależą od kontekstu i specyfiki projektu. Ponadto występują zadania fakultatywne, które mogą być ujęte w projekcie, ale nie obowiązkowo. Interesujące jest prześledzenie zawartości pierwszej grupy zadań, Główne Cele, w poszczególnych etapach projektu. Są one przedstawione w poniższym zestawieniu.

Etap 0. Określenie celów strategicznych (*Strategic definition*):

- rozmowa z klientem – zadawanie adekwatnych pytań, aby właściwie określić zakres projektu,
- zrozumienie potrzeb i celów klienta,
- określenie innych wymogów projektu,
- przegląd alternatywnych miejsc i możliwości (rozbudowa, remont lub nowa budowa itp.),
- zdefiniowanie składu zespołu projektowego,
- przegląd alternatywnych metod i technologii branżowych.

Etap 1. Przygotowanie i wytyczne projektowe (*Preparation and brief*):

- skompletowanie zespołu projektowego wraz z przydzieleniem zakresu obowiązków i odpowiedzialności każdej ze stron,
- opracowanie celów projektu oraz budżetu,
- zestawienie dostępnych informacji,
- rozpoznanie ważnych parametrów i ograniczeń,
- opracowanie wstępnych założeń projektowych,

- analiza miejsca inwestycji i jego otoczenia,
- przygotowanie studium wykonalności,
- pomiary i badania wstępne,
- uwzględnienie informacji zwrotnych z poprzednich projektów, oszacowanie ryzyka w projekcie,
- ustalenie reguł wymiany informacji,
- opracowanie wstępnych założeń projektowych,

Etap 2. Projekt koncepcyjny (*Concept design*):

- przygotowanie projektu koncepcyjnego,
- analiza wielu różnych strategii projektowych i ich wpływu na ostateczny projekt koncepcyjny,
- nakreślenie ogólnego zarysu w zakresie projektu konstrukcyjnego oraz projektów branżowych,
- porównanie badań szczegółowych ze wstępnymi założeniami projektowymi,
- równoległe przygotowanie badań pomocniczych, np. informacji o kosztach, strategii budowania itp.,
- przyjęcie zmian dotyczących założeń projektowych i ustalenie ostatecznych założeń projektowych.

Etap 3. Projekt szczegółowy (budowlany) (*Developed design*):

- przygotowanie projektu szczegółowego,
- przygotowanie skoordynowanych i uaktualnionych propozycji w zakresie projektu konstrukcyjnego i branż budowlanych,
- dokonanie iteracji projektu za pomocą narzędzi odpowiednich dla każdej z branż,
- stała analiza informacji dostarczanych przez innych specjalistów,
- przygotowanie zarysu specyfikacji,
- przygotowanie materiałów do wystąpienia o wymagane pozwolenia i uzgodnienia.

Etap 4. Projekt techniczny (*Technical design*) przygotowanie projektu technicznego zawierającego:

- wszystkie informacje architektoniczne, konstrukcyjne i w zakresie branż budowlanych wraz z pełną specyfikacją,
- włączenie rozszerzonych projektów, przygotowanych przez specjalistycznych podwykonawców,
- ostateczna koordynacja wszystkich projektów (powstałych niezależnie i częściowo autonomicznych) przez głównego projektanta,
- przegląd wszystkich informacji dotyczących projektu.

Etap 5. Realizacja (*Construction*):

- odpowiedzi na zapytania z placu budowy dotyczące projektu,
- przeprowadzanie inspekcji na placu budowy i w miejscu produkcji zewnętrznej,
- opracowanie sprawozdań na temat jakości,

- przygotowanie informacji o aktualnym zaawansowaniu prac,
- rozwiązywanie problemów pojawiających się na miejscu budowy.

Etap 6. Przekazanie i zakończenie (*Handover and close out*):

- przekazanie budynku i zakończenie kontraktu budowlanego,
- kontrola jakości,
- podjęcie działań w celu przekazania budynku do eksploatacji lub zapewnienia właściwego funkcjonowania i zarządzania budynkiem,
- przygotowanie dokumentacji „jak zbudowane”, czynności związane z obsługą gwarancyjną, szkolenia.

Etap 7. Użytkowanie (*In use*):

- zapewnienie usług związanych z użytkowaniem (np. doradzanie klientowi w zakresie oceny stanu technicznego, konserwacji, zużycia energii i certyfikatów energetycznych, zarządzania obiektami, przygotowania dokumentacji przetargowej dotyczącej umów na konserwację i eksploatację,
- ewaluacja po zasiedleniu budynku (POE – *post-occupancy evaluation of building*),
- ewentualne nowe obowiązki podejmowane w okresie użytkowania budynku.

Myśl przewodnia sformułowana w Planie Pracy jest taka, że projekt rozpoczyna się od inteligentnego ustalenia założeń wstępnych¹⁹² i programu pracy, a kończy osiągnięciem założonych rezultatów¹⁹³.

W zestawieniu Głównych Celów widoczny jest zasadniczy zarys przebiegu procesu inwestycyjnego. Tym co wyróżnia ten schemat jest rozciągnięcie obowiązków architekta na cały okres życia budynku, łącznie z eksploatacją i oceną budynku po oddaniu do użytkowania, POE – *Post-Occupancy Evaluation* (Preiser i in. 2015), nawet całkowitą oceną budynku, BPE – *Building Performance Evaluation*, (Preiser, White, i Rabinowitz 2015) oraz konsekwentne zarządzanie informacją.

Plan Pracy RIBA został oczywiście opracowany dla warunków brytyjskich i jego bezpośrednie przeniesienie na inny rynek nie jest ani możliwe, ani wskazane. Ze względu na bardzo przemyślaną strukturę i odniesienia do innych, funkcjonujących na rynku brytyjskim, uregulowań związanych z procesem inwestycyjnym (np. system Uniclass), daje on jednak dobry obraz prawidłowego połączenia zasad wykonywania zawodu z jego funkcją społeczną.

5.3. Integralność intelektualna architektów

W swojej *Filozofii dla Architektów*, Branko Mitrović opisuje, jak bardzo presja otoczenia i wybory podejmowane przez innych wpływają na wybory i decyzje

¹⁹² Ang. *intelligent brief*.

¹⁹³ Ang. *project outcomes*.

podjmowane przez jednostki. Przeprowadzone eksperymenty psychologiczne wykazały, że w większości przypadków jest tylko kwestią czasu, kiedy własna odrębność zaczyna niepokoić (Mitrović 2011). Opieranie swoich przekonań na racjonalnych argumentach i przesłankach, pomimo presji na dostosowanie się do innych poglądów podzielanych przez większość ludzi, nazywana jest integralnością intelektualną. Według innej definicji, „integralność intelektualna to zdolność widzenia świata takim, jakim on jest, a nie takim, jakim chcemy, żeby był” (Drucker 1993).

Wykonywanie zawodu tak bardzo wymagającego kreatywności, jak zawód architekta, wymaga dużej zdolności do zachowania integralności intelektualnej. Nie jest to proste poszukiwanie oryginalności, ale świadome podążanie wybraną ścieżką, realizacja założonych celów, które sobie samodzielnie wyznaczamy. Być może takiej integralności zabrakło niektórym architektom, którzy włączyli się w nurt *free-form design*, widząc w nim przede wszystkim możliwość odróżnienia się od innych.

Wydaje się jednak, że w zakresie rzemiosła zawodowego, gdy konieczne jest ustalenie zasad współpracy z wieloma współpracownikami i partnerami, pewien kolektywizm zachowań (Fryzeł 2005) jest bardzo wskazany, bez względu na to, jak bardzo pejoratywnie nie brzmiałoby to słowo. Obecnie, umiejętność pracy w schemacie: Standardowy Plan Pracy – Model Budynku – Model Informacji – BIM – Projekt – Zrealizowany Obiekt, zaczyna stopniowo być koniecznym warunkiem wykonywania zawodu.

5.4. Uwagi końcowe

Główny nurt narracji niniejszej pracy dotyczy kwestii modelowania budynków i wymiany informacji w procesie inwestycyjnym. Może to być zaskakujące, skoro tytuł sugeruje, że omawiane będą problemy związane z kształtowaniem systemu konstrukcyjnego i z realizacją obiektu, czyli ze sposobem, w jaki architektoniczne idee znajdują swój materialny wyraz.

Zapewne tak by było, gdyby praca powstała czterdzieści, albo nawet jeszcze trzydzieści lat temu. Jednak zmiany, które zaszły od tego czasu we wszystkich aspektach procesu realizowania inwestycji spowodowały, że dzisiejsza rzeczywistość jest zupełnie inna. Techniczne aspekty materializacji formy architektonicznej są oczywiście nadal bardzo ważne i mają duży wpływ na samą formę, jak to w pracy zostało zaznaczone. Pojawiły się jednak zupełnie nowe aspekty. Sam przebieg procesu projektowania, a następnie realizacji obiektu, jest niemal równie ważny, jak jego efekt końcowy. Przyczyniły się do tego zapewne zmiany w stosowanych technologiach, przeniesienie części produkcji budowlanej do zakładów oddalonych od placu budowy, stosowanie nowych wyrobów i materiałów. Ogromny wpływ ma też wzrost skali działalności budowlanej, ogromny wzrost, jak się to niebyst ładnie nazywa, wolumenu produkcji. A także sposób postrzega-

nia procesu inwestycyjnego, który obecnie nie kończy się wraz z oddaniem obiektu do użytkowania, ale przejawia się w postaci innych form aktywności.

Nade wszystko jednak istotne są w tym kontekście zmiany społeczne i kulturowe, związane z pojawieniem się komputerów, możliwościami współczesnego oprogramowania i – co chyba najważniejsze – z wszechobecnym wykorzystaniem internetu. Zespół projektowy to nie jest już grupa kilku czy kilkunastu osób, pracujących w sąsiednich pokojach i mogących przekazywać sobie bezpośrednio wszystkie potrzebne informacje. Rysunek i towarzyszący mu, na ogół niezbyt rozbudowany opis techniczny, nie są już wystarczającym nośnikiem informacji i nie wystarczają do sprawnego zarządzania procesem. Współczesny proces inwestycyjny stał się bardziej skomplikowany, ale też przebiega w bardziej złożonej rzeczywistości i bardziej złożone są stawiane mu wymagania.

W taki sposób, zagadnienia związane z budową spójnego, wieloaspektowego modelu obiektu, i możliwie najbardziej wszechstronnego udostępnienia go, stały się w istocie zagadnieniami umożliwienia współpracy wszystkim uczestnikom procesu inwestycyjnego. Jest to jakby próba stworzenia wspólnego języka, bez którego problem symbolizowany przez biblijną wieżę Babel, stanie się znów aktualny. Szczęśliwie, wyraźnie widoczne są działania, jakie należy podjąć, aby temu zapobiec. Dotyczą one nie tylko architektów, ale wszystkich projektantów i pozostałych osób uczestniczących w inwestycji. Wszyscy muszą się nauczyć używać nowego języka, i chcieć go używać. Trzymając się tej metafory, można powiedzieć, że aby to było możliwe, język nie może być zbudowany w sposób sztuczny, nie może to być żaden kolejny *Volapük*. Taki cel ma zaproponowany w pracy system klasyfikacji informacji, prowizorycznie i niezobowiązująco nazwany PolClass, który został oparty o znane i akceptowane struktury klasyfikacyjne. Jest to potencjalnie istotny element tego wspólnego języka.

Jako podsumowanie można użyć parafrazy znanego powiedzenia, że „wszystko musi się zmienić w zawodzie architekta, aby mógł on być wykonywany tak jak jest”¹⁹⁴.

¹⁹⁴ Cytat oryginalny: „Jeśli chcemy, by wszystko pozostało tak jak jest, wszystko musi się zmienić” (oryg. *Se vogliamo che tutto rimanga come è, bisogna che tutto cambi*) – Giuseppe Tomasi di Lampedusa *Lampart*.

Bibliografia

- Ackerman P., 1953. *The Symbolic Sources of Some Architectural Elements*, Journal of the Society of Architectural Historians, 12 (4), 3–7. <https://doi.org/10.2307/987643>.
- Aish R., 1986. *Building modelling the key to integrated construction CAD*, W, 55–67. Bath.
- Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M., Jacobson M., Fiksdahl-King I., Angel S., 1977. *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*, Oxford University Press, USA.
- Bateson G., Montuori A., 2002. *Mind and Nature: A Necessary Unity*, new ed., Hampton Press, Cresskill, N.J.
- Bernholz P., 2011. *Understanding Early Monetary Developments by Applying Economic Laws: The Monetary Approach to the Balance of Payments, Gresham's and Thiers' Laws*, SSRN Scholarly Paper ID 1799983, Social Science Research Network, Rochester, NY, <https://papers.ssrn.com/abstract=1799983>.
- Bindslev B., 1995. *Logical structures of classification systems*, [in:] P. Brandon, M. Betts (eds.), *Integrated construction information*, Chapman & Hall, London.
- Biondini F., Frangopol D.M., 2016. *Life-Cycle Performance of Deteriorating Structural Systems under Uncertainty: Review*, Journal of Structural Engineering, 142 (9): F4016001, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001544](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001544).
- Blockley D., 2014. *Structural Engineering: A Very Short Introduction*, OUP Oxford, Oxford.
- Bragdon C., 2005. *Projective Ornament*, Cosimo, New York.
- Burrell G., Morgan G., 1985. *Sociological Paradigms and Organisational Analysis*, Routledge, Farnham.
- Burry J., Burry M., 2010. *The New Mathematics of Architecture*, 1st ed., Thames & Hudson, London.
- Burt M., 1966. *Spatial arrangement and polyhedra with curved surfaces and their architectural applications*, Technion, Israel Institute of Technology.
- Cann J., 1997. *Principles of Classification*, ICIS International Construction Information Society, London.
- Carper K.L., 1996. *Construction Pathology in the United States, Structural Engineering International*, 6 (1), 57–60, <https://doi.org/10.2749/101686696780496085>.
- Carpo M., 2011. *The Craftsman and the Curator*, Perspecta, 44, 86–91, 199–200.
- Carpo M. (ed.), 2012. *The Digital Turn in Architecture 1992–2012*, 1 ed., Wiley, Chichester.
- Carpo M. 2013. *Digital indeterminism: the new digital commons and the dissolution of architectural authorship*. P.L. Eiroa, A. Sprecher (ed.). Routledge, Taylor and Francis, New York.
- Carpo M., 2017a. *Space Odyssey*, Artforum International, 55(7), 230–37.
- Carpo M., 2017b. *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, 1st ed., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- CIB Master Lists for Structuring Documents Relating to Buildings, Building Elements, Components, Materials and Services. Version 1*, 1972. CIB Publication 18, CIB International Council for Building Research, Studies and Documentation, Rotterdam, <https://trove.nla.gov.au/version/27788974>.

- CIB Report 22. *The SfB System*, 1973. CIB Report 22, CIB, Rotterdam.
- CIB Report 40. *An Introductory Guide to the use of SfB System*, 1977. CIB Report 40, CIB, Rotterdam.
- Classification Internationale SfB appliquée aux activités du Bâtiment et des Travaux publics. Version Française SI/SfB*, 1973. Centre d'Information et de Documentation du Bâtiment, Paris.
- Comparison of National Specification Systems*, 1997. ICIS International Construction Information Society, London.
- Correa C., 2012. *A Place in the Shade. The New Landscape & Other Essays*, 1st ed., Hatje Cantz Verlag, Ostfildern.
- Cottrell J.A., Hughes T.J.R., Bazilevs Y., 2009. *Isogeometric Analysis: Toward Integration of CAD and FEA*, Wiley, New York.
- Crawford M., Cann J., O'Leary R., 1997. *Uniclass. Unified Classification for the Construction Industry*, RIBA Publications, London.
- Deleuze G., Guattari F., 2003. *A Thousand Plateaus. Capitalism and Schizophrenia*, tłum. Brian Massumi, Continuum, London, New York, https://www.amazon.com/dp/0816614024/ref=rdr_ext_tmb.
- Dreamer P., 2010. *Design and Contemporary Practice*, [in:] D. Cuff, J. Wriedt (eds.), *Architecture from the Outside*. In: *Selected Essays by Robert Gutman*, 1st ed., Princeton Architectural Press, New York, 81–85.
- Drucker P.F., 1993. *The New Society: The Anatomy of Industrial Order*, 2nd ed., Transaction Publishers, New Brunswick, U.S.A.
- Dziedzic T., Tarczewski R., 2014. *Some Problems Related to Making Accesible for Tourists the Throne Room of Makuria Kings in Old Dongola (North Sudan)*. Proceedings of the IASS-SLTE 2014 Symposium „Shells, Membranes and Spatial Structures: Footprints”, Brasilia, Brazil, 15–19 September 2014, R.M. Pauletti (ed.), Brasilia, International Association for Shell and Spatial Structures (IASS), 1–8.
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd ed., Wiley, Hoboken, NJ.
- Ekholm A., 1996. *A Conceptual Framework for Classification of Construction Works*, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 1 (2), 25–50.
- Ekholm A., 2002. *Principles for classification of properties of construction objects*, [in:] K. Agger, P. Christiansson, R. Howard (eds.), *Distributing Knowledge in Building*, Lund University, Aarhus.
- Ekholm A., 2005. *ISO 12006-2 and IFC – Prerequisites for Coordination of Standards for Classification and Interoperability*, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 10, 275–289.
- Ekholm A., Häggström L., 2011. *Building Classification for BIM – Reconsidering the Framework*, [in:] Sophia Antipolis, France: CIB, <http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?w78-2011-Paper-20>.
- Evans R., Blau E., Kaufman E., McClung A.W., Lipstadt H., Kozma R., 1989. *Architecture and its Image: Four Centuries of Architectural Representation – Works from the Collection of the Canadian Centre for Architecture*, Canadian Centre for Architecture, Montreal.
- Filler M., 2005. *The Bird Man*, The New York Review of Books, 52 (20). <https://www.nybooks.com/issues/2005/12/15/>.
- Florman S.C., 1996. *The Existential Pleasures of Engineering*, 2nd edition, St. Martin's Griffin, New York.
- Frommel L., 1994. *Reflections on the Early Architectural Drawings*, [in:] H.A. Millon, V.M. Lampugnani, *The Renaissance from Brunelleschi to Michelangelo: The Representation of Architecture, Unabridged Edition*, 1st US ed., Rizzoli International Publications, New York, 101–122.

- Fryzeł B., 2005. *Kultura korporacyjna. Poglądy, teorie, zarządzanie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- García-Diez M., Vaquero M., 2015. *Looking at the Camp: Paleolithic Depiction of a Hunter-Gatherer Campsite*, PLOS ONE 10 (12), e0143002, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143002>.
- Gasidło K., 2016. *Metody poszukiwania rozwiązań w projektowaniu architektonicznym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Gelder J., 1996. *Building Modelling – a Historical Perspective*, ACT: Institution of Engineers, Sydney, Australia, 5–12.
- Gelder J., 2001. *Specifying Architecture: A Guide to Professional Practice*, Construction Information Systems Australia Pty Limited.
- Gelder J., 2002. *Building Project Documentation in Ancient Mesopotamia*, Forum Ejournal, 5 (1), <https://research.ncl.ac.uk/forum/v5i1/gelder.pdf>.
- Gelder J., 2015. *The design and development of a classification system for BIM*, WIT Transactions on The Built Environment, 149, <https://doi.org/10.2495/BIM150391>.
- Gemino A., Wand Y., 2005. *Complexity and clarity in conceptual modeling: Comparison of mandatory and optional properties*, Data & Knowledge Engineering, Quality in Conceptual Modeling, 55 (3), 301–326, <https://doi.org/10.1016/j.datak.2004.12.009>.
- Giertz L.M., 1982. *SfB and its development 1950–1980*, Foras Forbartha, CIB/SfB International Bureau on behalf of the author, Dublin.
- Goldberger P., 2011. *Why Architecture Matters*, Why X Matters Series edition, Yale University Press, New Haven, Conn.
- Grabińska T., 1998. *Od nauki do metafizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław.
- Gutenbaum J., 2003. *Modelowanie matematyczne systemów*. T. 32. Problemy Współczesnej Nauki, Teoria i Zastosowania; Badania Systemowe 0208–8029, Exit, Warszawa.
- Hahn R., 2001. *Anaximander and the Architects: The Contributions of Egyptian and Greek Architectural Technologies to the Origins of Greek Philosophy*, SUNY Press, Albany.
- Hambly M., 1988. *Drawing Instruments, 1580–1980*, 1st ed., Sotheby Parke Bernet Pubns., London.
- Hall W., 2015. *Brick*. Phaidon Press, London, New York.
- Hannus M., 1996. *Islands of automation in construction*, [in:] Turk Žiga (ed.), *Construction on the information highway*, CIB Publication No. 198, University of Ljubljana, Ljubljana, 20.
- Hardi J., Pittard S., 2015. *If BIM Is the Solution, What Is the Problem? A Review of the Benefits, Challenges and Key Drivers in BIM Implementation within the UK Construction Industry*, Journal of Building Survey, Appraisal & Valuation, 3 (4), 366–373.
- Heidegger M., 2006. *Wprowadzenie do metafizyki*, Wydawnictwo KR, Warszawa.
- Heisel J., 1998. *Antike Bauzeichnungen*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Hossdorf H., 1975. *Statyka modelowa*, Arkady, Warszawa.
- Hovgaard W., 1926. *The Arsenal in Piraeus and the Ancient Building Rules*, Isis – A Journal of the History of Science Society, 8 (1), 12–20. <https://doi.org/10.1086/358349>.
- Integrated Project Delivery: A Guide – AIA*, 2007. 2007. <https://www.aia.org/resources/64146-integrated-project-delivery-a-guide>.
- ISO/TR 14177:1994*, 1994. ISO, Geneva, <http://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/02/38/23836.html>.
- Jabłońska J., Tarczewski R., Trocka-Leszczyńska E., 2015. *Przydatność dziedzictwa inżynierii – obserwacje na podstawie hal wystawowych P.L. Nerviego w Turynie*, Materiały Budowlane, nr 11, 137–40, <https://doi.org/10.15199/33.2015.11.4>.
- Jones M.W., 2014. *Origins of Classical Architecture: Temples, Orders, and Gifts to the Gods in Ancient Greece*, Yale University Press, New Haven.
- Kaczmarek K., 2013. *Paradygmat funkcjonalny Herberta Spencera*, Studia Socjologiczne, nr 2 (209), 31–46.

- Kara H., Bosia D., 2017. *Design Engineering Refocused*, 1st ed., Wiley, West Sussex, United Kingdom.
- Karlén I., 1973. *Development of the SfB system*, Building Research and Practice, 1 (5), 267–269. <https://doi.org/10.1080/09613217308550256>.
- Kisielnicki J., 2009. *Typologia systemów informatycznych zarządzania*, Zeszyty Naukowe. Studia Informatica, nr 24, 157–167.
- Knothe J.K., 2017. *Gründerzeit – Od skandalu do stylu*, Budownictwo i Architektura, 16 (4), 169–180, https://doi.org/10.24358/Bud-Arch_17_164_11.
- Koch W., 1996. *Style w architekturze*, Świat Książki, Warszawa.
- Kopaliński W., 1991. *Słownik mitów i tradycji kultury*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
- Kostof S., 2000. *The Architect: Chapters in the History of the Profession*, University of California Press.
- Kovacic I., Zoller V., 2015. *Building life cycle optimization tools for early design phases*, Energy, 92 (Part 3), 409–419, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.027>.
- Krugman P., 1996. *The Self Organizing Economy*, 1 ed., Mass, Wiley-Blackwell, Malden.
- Kubba S., 2010. *Understanding Specifications*, [in:] S. Kubba (ed.), *Green Construction Project Management and Cost Oversight*, Chapter 9, 343–377, Architectural Press, Boston, <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-676-7.00009-9>.
- LaVine L., 2001. *Mechanics and Meaning in Architecture*, 1st ed., Univ. of Minnesota Press, Minneapolis.
- Li W., 2002. *Zipf's law everywhere*, Glottometrics, 5, 14–21.
- Lock D., 2014. *The Essentials of Project Management*, 4th ed., Routledge VT, Burlington USA.
- Łysiak W., 1982. *Frank Lloyd Wright*, Architektura i Architektki Świata Współczesnego, Arkady, Warszawa.
- Majowiecki M., 2006. *Architecture & Structures: Ethics in Free-Form Design*, Beijing, China.
- Majowiecki M., 2010. *Personal experiences in Structural Architecture: from form finding to free form design*, Shanghai, China.
- Majowiecki M., 2014. *Osobiste doświadczenia w architekturze strukturalnej: od poszukiwania formy do projektowania „free form”*, Architectus, 40 (4), 79–92, <https://doi.org/10.5277/arc140408>.
- Malinowski G., 2010. *Logika ogólna*, wyd. 3, WPN, Warszawa.
- Marchand Y., Meffre R., 2010. *The Ruins of Detroit*, Steidl, Göttingen.
- Marstrand V.N., 1922. *Arsenalet i Piraeus og oldtidens byggegler: en teknisk, matematisk, arkitektonisk, skibsbyningsteknisk, topografisk, filologisk, historisk og aestetisk undersøgelse*, E.H. Petersen, København, <https://catalog.hathitrust.org/Record/010250270>.
- Martinez M., Scherer R. (eds.), 2006. *EWork and EBusiness in Architecture, Engineering and Construction*. ECPPM 2006: European Conference on Product and Process Modelling 2006 (ECPPM 2006), CRC Press, 13–15 September 2006, Valencia, Spain.
- Maudlin D., Vellinga M. (eds.), 2014. *Consuming Architecture: On the Occupation, Appropriation and Interpretation of Buildings*, 1st ed., Routledge, London, New York.
- Melchers R.E., 1999. *Structural Reliability Analysis and Prediction*, 2nd ed., Wiley, Chichester, New York.
- Michalik M., 2003. *Od etyki zawodowej do etyki biznesu*, Fundacja Innowacja Wyższa Szkoła Społeczno-Ekonomiczna, Warszawa.
- Mitrović B., 2011. *Philosophy for architects*, Architecture briefs, Princeton Architectural Press, New York.
- Mitzenmacher M., 2003. *A Brief History of Generative Models for Power Law and Log-normal Distributions*, Internet Mathematics, 1 (2), 226–251, <https://doi.org/10.1080/15427951.2004.10129088>.
- Mundell R., 1998. *Uses and Abuses of Gresham's Law in the History of Money*, Zagreb Journal of Economics, 2 (2).

- Niemczyk E., 2010. *Trony w architekturze – architektura tronów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Niezabitowska E.D., 2014. *Metody i techniki badawcze w architekturze*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Niwiński G., 2007. *O etyce w projektowaniu*, Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie, Warszawa, <http://spfp.org.pl/uploads/2012/07/O-ETYCE-W-PROJEKTOWANIU.pdf>.
- Oden J.T., Bathe K.-J., 1978. *A commentary on computational mechanics*, Applied Mechanics Reviews, 31 (8), 1053–58.
- Osiecki M., Tarczewski R., 2012. *New Design Strategies for Shaping Organic Architecture*, [w:] J.B. Obrębski, W. Przyło (red.), *Lightweight Structures in Civil Engineering*, Contemporary Problems: International Seminar of IASS Polish Chapter, Warsaw, 7 December 2012, 144–145, [Warszawa]: Micro-Publisher Jan B. Obrębski Wydawnictwo Naukowe + Studio Budowlane.
- Özkoç O., 2015. *Changing role(s) of the profession of architecture: Building Information Modeling in Practice*, Middle East Technical University, Ankara.
- Palladio A., 1955. *Cztery księgi o architekturze*, tłum. M. Rzepińska, PWN, Warszawa.
- Papangeli K., 2002. *Eleusis. The Archaeological Site and the Museum*, Eirini Louvru Olkos Publications. Athens, <http://www.latsis-foundation.org/eng/electronic-library/the-museum-cycle/elefsis-the-archaeological-site-and-the-museum>.
- Petroski H., 2002. *The Pencil. A History of Design and Circumstance*. Alfred A. Knopf.
- Pevsner N., 1979. *Historia architektury europejskiej*, tłum. J. Wydro. T. 1, Arkady, Warszawa.
- Porter M.E., 1985. *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Republished with a new introduction, 1998. Free Press, New York.
- Pottmann H., Asperl A., Hofer M., Kilian A., 2007. *Architectural Geometry*, ed. by Bentley Daril, 1st ed., Bentley Institute Press, Exton, Pa.
- Preisner W.F.E., White E., Rabinowitz H., 2015. *Post-Occupancy Evaluation*, 1st ed., Routledge.
- Ramsey C.G., Sleeper H.R., 2011. *Architectural Graphic Standards: Student Edition*. Authored by American Institute of Architects. 11st ed., John Wiley & Sons, New York.
- Rees R. van, 2007. *New instruments for dynamic Building-Construction: computer as partner in construction*, PhD Thesis, Technical University Delft.
- Rischmoller L., Fox R., Williams M., Alarcon L., 2000. *Automation and Visualization Tools to Improve Support for Process Integration in the Construction Industry*, [in:] *Implementing IT to obtain a competitive advantage in the 21st Century*, The Hong Kong Polytechnic University Press, Hong Kong.
- Rolnick A.J., Weber W.E., 1986. *Gresham's Law or Gresham's Fallacy?*, Journal of Political Economy, 94 (1), 185–199.
- Roth L.M., Roth Clark A.C., 2013. *Understanding Architecture: Its Elements, History, and Meaning*, 3rd ed., Westview Press, Boulder, Colorado.
- Rudofsky B., 1987. *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*, reprint ed., University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Rybczynski W., 2002. *The Bilbao Effect*, The Atlantic, nr September, <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2002/09/the-bilbao-effect/302582/>.
- Saran J., 2014. *Klasyfikacje i typologie jako sposoby uprawiania empirycznych badań pedagogicznych*, Studia i Prace Pedagogiczne, nr 1, 13–30.
- Schael H., 2011. *Ruins: Reflections about Violence Chaos and Transience*, bilingual edition, Edition Axel Menges, Stuttgart.
- Sokolowski J.A., Banks C.M., 2010. *Modeling and Simulation Fundamentals: Theoretical Underpinnings and Practical Domains*, 1st ed., Wiley, Hoboken, N.J.
- Springer B., 2013. *The Business of Project Development; Risk, Returns, and Integrated Project Delivery (IPD)*, Denver.

- Szydlowski M., Tambor P., 2015. *Emergentny i uniwersalny charakter prawa rozkładu Zipfa w nauce. The Emergent and Universal Nature of Zipf's Law in Science*, Humanistyka i Przyrodoznawstwo, nr 21, 61–78.
- Świdziński J., 1977. *Sztuka jako sztuka kontekstualna, Art As Contextual Art*, H. Gajewski (ed.), Art Text, Galeria Remont, Warszawa, <https://artmuseum.pl/pl/archiwum/druki-artystyczne-galerii-wymiany/2933/130154>.
- Tarczewski R., 2014a. *Evolution of Building Modeling Methods in the Investment Process*, [in:] J.B. Obrębski (ed.), *Lightweight Structures in Civil Engineering: XX LSCE 2014: Contemporary Problems*, Monograph from Scientific Conference of IASS Polish Chapters, Warsaw, 25–28 September 2014, 187–196, [Warszawa]: Micro-Publisher-Consultant-Projekt Jan B. Obrębski Wydawnictwo Naukowe + Studio Budowlane.
- Tarczewski R., 2014b. *Toward Environmental Compatibility of Structural Forms*, [in:] J. Charytonowicz (ed.), *Advances in Human Factors and Sustainable Infrastructure*, 202–209. Danvers MA: AHFE Conference, http://books.google.pl/books?id=_GZYBAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false.
- Tarczewski R., 2015a. *Correlation of Social and Technological Aspects in Decision-Making Process Related to the Protection and Ensuring the Availability of Historical Monuments for Tourism*, [in:] E. Görün Arun (ed.), *Re-Evaluating Contemporary Designs in Historical Context [RE-ConD '15]*. Proceedings of the International Conference, July 22–24, 2015, Istanbul, Turkey, (MIV) Foundation for Architecture Turkey, (TA-MIR) Yildiz Technical University Research Center for Preservation of Historical Heritage, 359–368, Istanbul, [B.w.].
- Tarczewski R., 2015b. *Transience of Architecture – Technical, Social and Environmental Aspects*, 2nd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts, SGEM 2015: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, 26 August–1 September, 2015. Book 4, Arts, Performing Arts, Architecture and Design: History of Arts, Contemporary Arts, Performing and Visual Arts, Architecture and Design, 757–764. Sofia: STEF92 Technology, <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2015/b41/s15.093>.
- Tarczewski R., 2018. *Construction of shelter for church SWN.B.V.*, [in:] W. Godlewski, D. Dzierzbicka, A. Łajtar (red.), *Dongola 2015–2016. Fieldwork, Conservation and Site Management*, Polish Centre of Mediterranean Archaeology, Warsaw.
- Tarczewski R., Święciak M., 2017. *Quadrilateral Planarization of Free-Form Surfaces and the Euler's Elasticity*, [in:] I. Gołębiowska, M. Dutkiewicz (red.), *Lightweight Structures in Civil Engineering, XXIII LSCE 2017: Contemporary Problems*, 76–85, UTP University of Science and Technology, Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture, Bydgoszcz.
- Tatarkiewicz W., 1990. *Historia filozofii*, 12. wyd. T. 1. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Tegmark M., 2008. *The Mathematical Universe*, Foundations of Physics, 38 (2), 101–50, <https://doi.org/10.1007/s10701-007-9186-9>.
- Tobolczyk M., 2000. *Narodziny architektury: wstęp do ontogenezy architektury*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Torrey M.E., 1962. *Philosophy of Structures*, University of California Press.
- Trocka-Leszczynska E., Tarczewski R., Jabłońska J., 2017. *Trends towards Exaggeration as a Form of the Zipf's Law Violation in Contemporary Public Buildings Design*, 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts, SGEM 2017: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, 24–30 August, 2017, Book 5, Urban Planning, Architecture and Design. Vol. 2, Urban Studies, Planning and Development, Architecture and Design, 837–844, Sofia: STEF92 Technology, <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2017/52/s21.101>.
- Underwood J., Isikdag U. (eds.), 2009. *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies: Concepts and Technologies*, IGI Global.

- Venturi R., Brown D.S., Izenour S., 2013. *Uczyć się od Las Vegas. Zapomniana symbolika formy architektonicznej*, Karakter, Kraków, <https://www.karakter.pl/ksiazki/uczyc-sie-od-las-vegas>.
- Vlachaki E., 2013. *The Fun Palace of Cedric Price*, https://www.academia.edu/9729021/The_Fun_Palace_of_Cedric_Price_by_Evgenia_Vlachaki.
- Wachman A., Burt M., Kleinmann M., 1974. *Infinite polyhedra*, Technion, Israel Institute of Technology.
- Weaver R.M., Kimball R., Smith T.J., 2013. *Ideas Have Consequences: Expanded Edition*, enlarged edition, University of Chicago Press, Chicago, London.
- Welsh T., Welsh D., 2014. *Detroit's Spectacular Ruin: The Packard Plant*, The Seeker Books.
- Whiteley W., 1999. *The decline and rise of geometry in 20th century North America*. Proceedings of the CMESG Conference. St Catharines, Canada.
- Witruwiusz 1999. *O architekturze ksiąg dziesięć*, tłum. K. Kumaniecki, Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Wittgenstein L., 2018. *Tractatus logico-philosophicus*, transl. by B. Wolniewicz, PWN, Warszawa.
- Zalewski W., 1989. *O wszczęciu nauczania projektowania konstrukcji*, Inżynieria i Budownictwo, nr 10–12, 355–359.
- Zambelli A., 2013. *The Undisciplined Drawing*, Buildings, 3 (2), 357–379, <https://doi.org/10.3390/buildings3020357>.
- Zienkiewicz O.C., 1972. *Metoda elementów skończonych*, tłum. I. Kisiel, Arkady, Warszawa.
- Ziolko J., 1995. *Dokumenty w zarządzaniu inwestycjami*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Ziolko J., Tarczewski R., Leszkiewicz W., 1991. *Komputerowe wspomaganie zarządzania inwestycjami*, Inżynieria i Budownictwo, nr 12, 459–463.

Załącznik 1

Faseta ELEMENTÓW systemu PolClass

Tabela Z1-1. System PolClass, Faseta Elementów – podstawowy poziom uszczegółowienia

Poziom 1 uszczegółowienia	Poziom 2 uszczegółowienia
E_200 Budynek	E_210 Grunt i fundamenty
	E_220 Ustrój nośny
	E_230 Ściany zewnętrzne
	E_240 Ściany wewnętrzne
	E_250 Stropy
	E_260 Dach
	E_270 Urządzenia i wyposażenie stałe
	E_280 Schody, balkony itp.
	E_290 Pozostałe elementy struktury budynku
E_300 Urządzenia sanitarne i wentylacyjne	E_310 Urządzenia sanitarne
	E_320 Ogrzewanie
	E_330 Urządzenia przeciwpożarowe
	E_340 Gaz i sprężone powietrze
	E_350 Chłodzenie procesowe
	E_360 Przygotowanie powietrza
	E_370 Klimatyzacja
	E_380 Uzdatnianie wody
	E_390 Pozostałe instalacje hydrauliczne
E_400 Instalacje elektryczne	E_410 Podstawowa instalacja elektryczna
	E_420 Zasilanie wysokonapięciowe
	E_430 Rozdział zasilania
	E_440 Oświetlenie
	E_450 Ogrzewanie elektryczne
	E_460 Zasilanie rezerwowe
	E_490 Inne instalacje elektryczne
E_500 Telekomunikacja i automatyka	E_510 Podstawowa instalacja telekomunikacji i automatyki
	E_520 Zintegrowana komunikacja
	E_530 Telefonia i wywoływanie osób
	E_540 Alarm i sygnalizacja
	E_550 Systemy audiowizualne
	E_560 Automatykacja
	E_570 Oprzyrządowanie
	E_590 Pozostałe instalacje telekomunikacji i automatyki

Tabela Z1-1 cd. System PolClass, Faseta Elementów
– podstawowy poziom uszczegółowienia

Poziom 1 uszczegółowienia		Poziom 2 uszczegółowienia	
E_600	Inne instalacje	E_610	Pomieszczenia prefabrykowane
		E_620	Transport pasażerów i towarów
		E_630	System transportu małych towarów itp.
		E_640	Wypożyczenie techniczne sceny
		E_650	Usuwanie odpadów i odkurzanie
		E_660	Stałe wyposażenie specjalne dla firm
		E_670	Luźne wyposażenie specjalne dla firm
		E_690	Pozostałe instalacje techniczne
E_700	Teren	E_710	Zagospodarowanie terenu
		E_720	Konstrukcje zewnętrzne
		E_730	Zewnętrzne instalacje sanitarne i ogrzewania
		E_740	Zewnętrzne zasilanie elektryczne
		E_750	Zewnętrzne instalacje telekomunikacji i automatyzacji
		E_760	Drogi i place
		E_770	Park i ogród
		E_780	Infrastruktura zewnętrzna
		E_790	Inne urządzenia zewnętrzne

Tabela Z1-2. System PolClass, Faseta Elementów, **E_200 Budynek;**
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_200	Budynek	
	E_210 Grunt i fundamenty	
	E_211	Przygotowanie terenu
	E_212	Wykopy
	E_213	Wzmocnienie gruntu
	E_214	Konstrukcje podtrzymujące
	E_215	Fundamenty palowe
	E_216	Fundamenty bezpośrednie
	E_217	Drenaż
	E_218	Wypośażenie i wykończenie
	E_219	Inne elementy ziemne lub fundamentowe
	E_220 Ustrój nośny	
	E_221	Ramy
	E_222	Słupy
	E_223	Belki
	E_224	Struktury usztywniające
	E_225	Ochrona przeciwpożarowa konstrukcji nośnych
	E_226	Okładziny i powierzchnie
	E_228	Wypośażenie i wykończenie
	E_228	Inne części ustroju nośnego
	E_230 Ściany zewnętrzne	
	E_231	Zewnętrzne ściany nośne
	E_232	Zewnętrzne ściany nienośne
	E_233	Fasady szklane
	E_234	Okna, drzwi, bramy
	E_235	Zewnętrzna okładzina i powierzchnia
	E_236	Powierzchnia wewnętrzna
	E_237	Oslony przeciwsłoneczne
	E_238	Wypośażenie i wykończenie
	E_239	Inne elementy ściany zewnętrznej

Tabela Z1-2 cd. System PolClass, Faseta Elementów, E_200 Budynek;
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_240 Ściany wewnętrzne		
	E_241	Wewnętrzne ściany nośne
	E_242	Wewnętrzne ściany nienośne
	E_243	Ściany systemowe, przeszklenia
	E_244	Okna, drzwi, ściany składane
	E_245	Przegrody, przedzielenia
	E_246	Okładzina i powierzchnia
	E_248	Wyposażenie i wykończenie
	E_248	Inne elementy ściany wewnętrznej
E_250 Stropy		
	E_251	Konstrukcje nośne stropów
	E_252	Płyta na gruncie
	E_253	Podłoga podniesiona, jastrych
	E_254	Podłogi systemowe
	E_255	Powierzchnia podłogi
	E_256	Sufity stałe i wykończenie powierzchni
	E_257	Sufity systemowe
	E_258	Wyposażenie i wykończenie
	E_259	Inne elementy stropów
E_260 Dach		
	E_261	Konstrukcja podstawowa
	E_262	Pokrycia dachowe
	E_263	Dachy szklane, świetliki, włazy dachowe
	E_264	Nadbudowa dachu
	E_265	Gzymsy, rynny, rury spustowe
	E_266	Sufit i powierzchnia wewnętrzna
	E_267	Prefabrykowane elementy dachu
	E_268	Wyposażenie i wykończenie
	E_269	Inne części dachu

Tabela Z1-2 cd. System PolClass, Faseta Elementów, E_200 Budynek;
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
	E_270 Urządzenia i wyposażenie stałe	
	E_271	Przewody i kominki murowane
	E_272	Kominki prefabrykowane
	E_273	Wyposażenie kuchni
	E_274	Wyposażenie pomieszczeń mokrych
	E_275	Szafy i półki
	E_276	Ławki do siedzenia, rzędy krzeseł, stoły
	E_277	Oznakowanie i tablice
	E_278	Wyposażenie i wykończenie
	E_279	Inne urządzenia i wyposażenie stałe
	E_280 Schody, balkony itp.	
	E_281	Schody wewnętrzne
	E_282	Schody zewnętrzne
	E_283	Rampy
	E_284	Balkony i werandy
	E_285	Trybuny i amfiteatry
	E_286	Daszki i zadaszenia
	E_287	Balustrady, poręcze i osłony
	E_288	Wyposażenie i wykończenie
	E_289	Inne schody, balkony itp.
	E_290 Pozostałe elementy struktury budynku	

Tabela Z1-3. System PolClass, Faseta Elementów,**E_300 Urządzenia sanitarne i wentylacyjne;** trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_300 Urządzenia sanitarne i wentylacyjne		
E_310 Urządzenia sanitarne		
	E_311	Przewody poziome instalacji sanitarnych
	E_312	Sieć przewodów instalacji sanitarnych
	E_314	Armatura sanitarna
	E_315	Osprzęt sanitarny
	E_316	Izolacja instalacji sanitarnych
	E_319	Pozostałe elementy instalacji sanitarnych
E_320 Ogrzewanie		
	E_321	Przewody poziome instalacji grzewczych
	E_322	Sieć przewodów instalacji grzewczych
	E_324	Armatura do instalacji grzewczych
	E_325	Osprzęt do instalacji grzewczej
	E_326	Izolacja instalacji grzewczych
	E_329	Pozostałe elementy instalacji grzewczych
E_330 Urządzenia przeciwpożarowe		
	E_331	Instalacja ręcznego gaszenia wodą
	E_332	Instalacja tryskaczowa
	E_333	Instalacja do gaszenia za pomocą mgły wodnej
	E_334	Instalacja do gaszenia proszkiem
	E_335	Instalacja do gaszenia pożaru gazem obojętnym
	E_339	Pozostałe elementy instalacji gaśniczych
E_340 Gaz i sprężone powietrze		
	E_341	Instalacja gazowa do prac budowlanych
	E_342	Instalacja gazowa w gotowych budynkach
	E_343	Instalacja gazów medycznych
	E_345	Instalacja sprężonego powietrza w gotowych budynkach
	E_346	Instalacja sprężonego powietrza do celów medycznych
	E_347	Systemy próżniowe
	E_349	Pozostałe elementy instalacji gazowej i sprężonego powietrza

Tabela Z1-3 cd. System PolClass, Faseta Elementów,
E_300 Urządzenia sanitarne i wentylacyjne; trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
	E_350 Chłodzenie procesowe	
	E_351	Systemy chłodzenia
	E_352	Systemy zamrażania
	E_353	Systemy chłodzenia przemysłowego
	E_354	Systemy chłodzenia dla produkcji
	E_355	Systemy chłodzenia dla hal sportowych
	E_359	Pozostałe elementy instalacji chłodzących
	E_360 Przygotowanie powietrza	
	E_361	Sieć przewodów wentylacyjnych w gruncie
	E_362	Sieć przewodów wentylacyjnych
	E_364	Osprzęt wentylacyjny
	E_365	Urządzenia wentylacyjne
	E_366	Izolacja instalacji wentylacyjnej
	E_369	Pozostałe urządzenia wentylacyjne
	E_370 Klimatyzacja	
	E_371	Sieć przewodów klimatyzacyjnych w gruncie
	E_372	Sieć przewodów klimatyzacyjnych
	E_374	Osprzęt klimatyzacyjny
	E_375	Urządzenia klimatyzacyjne
	E_376	Izolacja instalacji klimatyzacyjnej
	E_379	Inne elementy klimatyzacji
	E_380 Uzdatanianie wody	
	E_381	Systemy uzdatniania wody użytkowej
	E_382	Systemy oczyszczania ścieków
	E_383	Systemy uzdatniania wody dla basenów
	E_386	Wewnętrzne fontanny i dystrybutory wody
	E_389	Pozostałe elementy systemu uzdatniania wody
	E_390 Pozostałe instalacje hydrauliczne	

Tabela Z1-4. System PolClass, Faseta Elementów, E_400 Instalacje elektryczne;
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_400 Instalacje elektryczne		
E_410 Podstawowa instalacja elektryczna		
	E_411	Sieć przewodów
	E_412	Instalacja uziemienia
	E_413	Instalacje odgromowe
	E_414	Zintegrowane systemy odbioru energii elektrycznej
	E_419	Inne podstawowe instalacje elektryczne
E_420 Zasilanie wysokonapięciowe		
	E_421	Systemy dystrybucji
	E_422	Stacje sieciowe
E_430 Rozdział zasilania		
	E_431	System zasilania
	E_432	Główne systemy dystrybucji
	E_433	Dystrybucja energii elektrycznej do ogólnego użytku
	E_434	Dystrybucja energii elektrycznej dla instalacji technicznych
	E_435	Dystrybucja energii elektrycznej dla przedsiębiorstw
	E_439	Inne elementy instalacji niskiego napięcia
E_440 Oświetlenie		
	E_442	Osprzęt oświetleniowy
	E_443	Wypożyczenie dla oświetlenia awaryjnego
	E_449	Pozostałe elementy instalacji oświetleniowej
E_450 Ogrzewanie elektryczne		
	E_452	Grzejniki elektryczne
	E_453	Wbudowane elementy grzewcze
	E_454	Podgrzewacze wody i kotły elektryczne
	E_459	Inne elementy instalacji ogrzewania elektrycznego
E_460 Zasilanie rezerwowe		
	E_461	Generatory prądu
	E_462	Zasilanie bezprzerwowe
	E_463	Systemy akumulatorowe
	E_469	Inne elementy systemu zasilania zapasowego
E_490 Inne instalacje elektryczne		

Tabela Z1-5. System PolClass, Faseta Elementów,
E_500 Telekomunikacja i automatyka; trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_500 Telekomunikacja i automatyka		
E_510 Podstawowa instalacja telekomunikacji i automatyki		
	E_511	Sieć przewodów
	E_512	Uziemienie
	E_514	Przyłącze telefoniczne
	E_515	Centrale telefoniczne
	E_519	Inne podstawowe instalacje do telekomunikacji i automatyki
E_520 Zintegrowana komunikacja		
	E_521	Okablowanie dla systemów teleinformatycznych
	E_522	Sprzęt sieciowy
	E_523	Wyposażenie central
	E_525	Urządzenia końcowe
	E_529	Inne części systemu zintegrowanej komunikacji
E_530 Telefonia i wywoływanie osób		
	E_532	Systemy telefoniczne
	E_534	Systemy domofonowe
	E_535	Systemy interkomu głośnikowego
	E_536	Systemy przywoławcze
	E_539	Pozostałe elementy systemu telefonicznego i przywoławczego
E_540 Alarm i sygnalizacja		
	E_542	System alarmu pożarowego
	E_543	Kontrola dostępu, alarm włamaniowy
	E_544	Sygnalizacja pacjenta
	E_545	Pomiar i rejestracja czasu
	E_549	Inne elementy instalacji alarmowej i sygnalizacyjnej
E_550 Systemy audiowizualne		
	E_552	Antena zbiorcza
	E_553	Telewizja przemysłowa
	E_554	System dystrybucji dźwięku
	E_555	System nagłośnienia
	E_556	Obraz i systemy audiowizualne
	E_559	Pozostałe elementy systemów audiowizualnych

Tabela Z1-5 cd. System PolClass, Faseta Elementów,
E_500 Telekomunikacja i automatyka; trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
	E_560 Automatykacja	
	E_562	Centralna kontrola operacyjna i automatykacja
	E_563	Lokalna automatyka
	E_564	Systemy magistral
	E_565	Systemy administracyjne zarządzania obsługą
	E_569	Inne części systemów automatykacji
	E_570 Oprzyrządowanie	
	E_571	Okablowanie oprzyrządowania
	E_572	Oprzyrządowanie do pomiaru ilości
	E_573	Oprzyrządowanie do pomiaru ciśnienia
	E_574	Oprzyrządowanie do pomiaru temperatury
	E_575	Oprzyrządowanie do pomiaru długości
	E_576	Oprzyrządowanie do pomiaru masy
	E_577	Oprzyrządowanie do pomiaru wielkości elektrycznych
	E_578	Oprzyrządowanie analityczne
	E_579	Inne oprzyrządowanie
	E_590 Pozostałe instalacje telekomunikacji i automatyki	

Tabela Z1-6. System PolClass, Faseta Elementów, **E_600 Inne instalacje;**
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_600 Inne instalacje		
E_610 Pomieszczenia prefabrykowane		
	E_611	Prefabrykowane komory chłodnicze
	E_612	Prefabrykowane pomieszczenia zamrażalni
	E_613	Prefabrykowane łazienki
	E_614	Prefabrykowane ekrany
	E_615	Prefabrykowane szachty
	E_619	Pozostałe pomieszczenia prefabrykowane
E_620 Transport pasażerów i towarów		
	E_621	Wyciągi
	E_622	Schody ruchome
	E_623	Chodniki ruchome
	E_624	Pomosty podnoszone
	E_625	Windy schodowe
	E_626	Dźwigi
	E_627	Wyposażenie do mycia fasad i sufitów
	E_629	Inne urządzenia do transportu osób i towarów
E_630 System transportu małych towarów itp.		
	E_631	Urządzenia do transportu dokumentów i drobnych przedmiotów
	E_632	Urządzenia do transportu materiałów suchych i luźnych
	E_639	Inne urządzenia transportowe dla małych przedmiotów
E_640 Wyposażenie techniczne sceny		
E_650 Usuwanie odpadów i odkurzanie		
	E_651	Sprzęt do zbierania i przetwarzania odpadów
	E_652	Instalacja centralnego odkurzania
	E_653	Pneumatyczny transport odpadów
	E_659	Pozostałe instalacje do usuwania odpadów i odkurzania
E_660 Stałe wyposażenie specjalne dla firm		
E_670 Luźne wyposażenie specjalne dla firm		
E_690 Pozostałe instalacje techniczne		

Tabela Z1-7. System PolClass, Faseta Elementów, E_700 Teren;
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
E_700	Teren	
	E_710 Zagospodarowanie terenu	
	E_711	Zgrubne wyrównanie terenu
	E_712	Drenaż
	E_713	Wzmocnienia gruntu
	E_714	Rowy i wykopy pod instalacje techniczne
	E_719	Inne przekształcenia terenu
	E_720 Konstrukcje zewnętrzne	
	E_721	Ściany oporowe i inne ściany
	E_722	Schody i rampy w terenie
	E_723	Wolnostojące wiaty, zadaszenia itp.
	E_724	Baseny itp.
	E_725	Ogrodzenia, bramy i przegrody
	E_726	Kanały i przepusty do instalacji technicznych
	E_727	Baseny i zbiorniki do instalacji technicznych
	E_729	Inne konstrukcje zewnętrzne
	E_730 Zewnętrzne instalacje sanitarne i ogrzewania	
	E_731	Zewnętrzne instalacje sanitarne
	E_732	Zewnętrzne ogrzewanie
	E_733	Zewnętrzna instalacja przeciwpożarowa
	E_734	Zewnętrzne instalacje gazowe
	E_735	Chłodzenie zewnętrzne dla boisk sportowych
	E_736	Zewnętrzny system klimatyzacji
	E_737	Zewnętrzny system zasilania energią ciepłą
	E_738	Wewnętrzne fontanny i dystrybutory wody
	E_739	Pozostałe instalacje rurowe
	E_740 Zewnętrzne zasilanie elektryczne	
	E_742	Zewnętrzne zasilanie wysokiego napięcia
	E_743	Zewnętrzne zasilanie niskonapięciowe
	E_744	Oświetlenie zewnętrzne
	E_745	Zewnętrzne ogrzewanie elektryczne
	E_746	Zewnętrzne zasilanie rezerwowe
	E_749	Pozostałe zewnętrzne instalacje elektryczne

Tabela Z1-7 c.d. System PolClass, Faseta Elementów, E_700 Teren;
trzystopniowy poziom uszczegółowienia

Poziom uszczegółowienia		
1	2	3
	E_750 Zewnętrzne instalacje telekomunikacji i automatyzacji	
	E_752	Zewnętrzna zintegrowana komunikacja
	E_753	Telefonia zewnętrzna i przywoływanie
	E_754	Alarm zewnętrzny i sygnalizacja
	E_755	Zewnętrzna instalacja audiowizualna
	E_756	Automatyka zewnętrzna
	E_759	Inne zewnętrzne instalacje telekomunikacji i automatyki
	E_760 Drogi i place	
	E_761	Drogi
	E_762	Place
	E_763	Szyldy, tablice
	E_764	Barierki bezpieczeństwa, odbojnice itp.
	E_769	Pozostałe elementy dróg i placów
	E_770 Park i ogród	
	E_771	Tereny trawiaste
	E_772	Nasadzenia
	E_770	Wypożyczenie
	E_779	Pozostałe elementy parków i ogrodów
	E_780 Infrastruktura zewnętrzna	
	E_783	Oznakowanie zewnętrznych sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i ciepłowniczych
	E_784	Oznakowanie zewnętrznej sieci energetycznej
	E_785	Oznakowanie zewnętrznej sieci telekomunikacyjnej
	E_789	Inne elementy infrastruktury zewnętrznej
	E_790 Inne urządzenia zewnętrzne	

Załącznik 2

**Faseta RODZAJÓW ROBÓT
systemu PolClass**

Tabela Z2-1. System PolClass, Faseta Rodzajów robót

Poziom 1 uszczegółowienia		Poziom 2 uszczegółowienia
R_0100	Administracja i zarządzanie	
R_0200	Kierowanie projektem	
R_0300	Projektowanie	
R_0400	Wykonawstwo	
	R_0401	Nadzór techniczny
	R_0402	Zagospodarowanie, utrzymanie i likwidacja placu budowy
	R_0403	Roboty ziemne
	R_0404	Zagospodarowanie terenu
	R_0405	Roboty murarskie
	R_0406	Roboty betonowe
	R_0407	Konstrukcje metalowe
	R_0408	Konstrukcje drewniane
	R_0409	Konstrukcje z prefabrykatów
	R_0410	Izolacje przeciwwodne i uszczelnienia
	R_0411	Izolacje cieplne
	R_0412	Pokrycia dachowe i obróbki blacharskie
	R_0413	Roboty stolarskie i szklarskie
	R_0414	Roboty ślusarsko-kowalskie
	R_0415	Konstrukcje lekkich ścian osłonowych i kurtynowych
	R_0416	Konstrukcje płytowe ścian działowych
	R_0417	Roboty tynkarskie i okładzinowe ścian
	R_0418	Roboty podłogowe i posadzkarskie
	R_0419	Roboty malarskie i tapeciarskie
	R_0420	Roboty antykorozyjne
	R_0421	Roboty wyburzeniowe i rozbiórkowe
	R_0422	Roboty ogólnobudowlane i różne pomocnicze
	R_0423	Roboty elektryczne i niskoprądowe
	R_0424	Roboty sanitarne
	R_0425	Roboty remontowe budowlane
	R_0426	Roboty remontowe elektryczne
	R_0427	Roboty remontowe sanitarne
	R_0428	Roboty konserwatorskie
	R_0428	Rusztowania

Spis rysunków

- Rys. 1.1.** U góry: Muzeum Literatury Współczesnej w Marbach, widok od frontu (fot. za: <http://proyectosletsau.blogspot.com/2012/11/moneo-david-chipperfield.html>, dostęp: 15.04.2014, 06:12, licencja CC BY-SA 2.0); u dołu: biblioteka uniwersytetu Tama Art w Tokio (proj. Toyo Ito), widok wnętrza (fot. za: <https://thefotosgratis.eu/toyo-ito-associates-rasmus-hjortsh%C3%B8j-%C2%B7-tama-art-university.html>, dostęp: 15.04.2014, 05:51, licencja CC BY-SA 2.0).
- Rys. 1.2.** Centrum Kongresowe w Mediolanie, widok ogólny (fot. M. Majowiecki, za zgodą autora).
- Rys. 2.1.** Schematyczne przedstawienie przepływu informacji w procesie inwestycyjnym (opracowanie własne).
- Rys. 2.2.** Proces wymiany informacji na każdym etapie procesu inwestycyjnego (opracowanie własne na podstawie „ISO/TR 14177:1994” 1994).
- Rys. 2.3.** Rysunek paleolityczny przedstawiający obozowisko z Molí del Salt w Hiszpanii – u góry: oryginalny artefakt, u dołu: odrys (ilustracja za: García-Diez i Vaquero 2015).
- Rys. 2.4.** Tabliczka gliniana z okresu neosumeryjskiego (ok. 2200÷2000 p.n.e.), przedstawiająca rzut budynku mieszkalnego w Ummie, z kolekcji Vorderasiatisches Museum w Berlinie, numer katalogowy – VAT 7031 (ilustracja za: Heisel 1998).
- Rys. 2.5.** Plan z tabliczki na rys. 2.4., przerysowany zgodnie z oryginalnymi proporcjami i przetłumaczony (opracowanie własne na podstawie Heisel 1998).
- Rys. 2.6.** Elewacja boczna świątyni w Abu Gurab, z okresu XVIII–XIX dynastii: po lewej – oryginalny rysunek, po prawej – rysunek przerysowany z oryginału; z kolekcji London University College, Petrie Museum, numer katalogowy – 27934ii (ilustracja za: Heisel 1998).
- Rys. 2.7.** Górna część steli z Inskrypcją Arsenau – dokumentem kontraktowym na budowę arsenału floty wojennej (ilustracja za: strona internetowa Ministerstwa Kultury Grecji, http://odysseus.culture.gr/h/4/eh430.jsp?obj_id=4545, dostęp: 02.09.2016, 01:54).
- Rys. 2.8.** Projekt domu w Weronie, Andrea Palladio (ilustracja za: Palladio 1955).
- Rys. 2.9.** Ewolucja instrumentów kreślarskich: po lewej – kieszonkowy przyborek kreślarski z 1782 r., po prawej – elipsograf z 1815 r. (ilustracja za: Hambly 1988).
- Rys. 2.10.** Najważniejsze etapy rozwoju technik modelowania budynków (opracowanie własne na podstawie: Gelder 1996; Gelder 2001).
- Rys. 2.11.** Ortogonalne preferencje projektowania – po lewej: Dom Schrödera w Utrechcie, 1923–1924 (fot. własna); po prawej: pawilon niemiecki na Wystawie EXPO 1929 w Barcelonie: Ilustracja za: <https://www.flickr.com/photos/marcteet/5459142844/>, Autor: Marc Teer, dostęp: 30.03.2019, 01:54, licencja CC BY 2.0).
- Rys. 2.12.** Dwa budynki proj. A. Gaudiego w Barcelonie: Casa Milà i Sagrada Família (fot. własne).
- Rys. 2.13.** Kogod Courtyard w National Portrait Gallery, Smithsonian Institution w Waszyngtonie (proj. Norman Foster): widok przeszklonego przekrycia od strony wnętrza (po

- lewej) (fot. własna) i od zewnątrz (po prawej) (fot. za: <https://www.grasshopper3d.com/m/discussion?id=2985220%3ATopic%3A1613979> (dostęp: 10.12.2016, 19:10, licencja CC BY-SA 3.0)).
- Rys. 2.14.** Przykład budynku o formie swobodnej, bardzo silnie zintegrowanego ze środowiskiem naturalnym – rzut (ilustracja z projektu dyplomowego mgr. inż. arch. W. Tunińskiego na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej „Mos (Muzeum seksualności)”, 2012 r., za zgodą autora).
- Rys. 2.15.** Krematorium w Kakamigahara, prefektura Gifu, Japonia (2006), proj. Toyo Ito (ilustracja za: <http://www.forgemind.net/phpbb/viewtopic.php?t=10655>, dostęp: 09.04.2014, 11:32, licencja CC BY-SA 3.0).
- Rys. 2.16.** Redukcja zakresu niepewności w procesie projektowym poprzez zwiększenie wiedzy (opracowanie własne na podstawie Majowiecki 2006).
- Rys. 2.17.** Model relacji pomiędzy architekturą a konstrukcją raz sposobów dochodzenia do rozwiązań projektowych (opracowanie własne na podstawie Majowiecki 2006).
- Rys. 3.1.** Palazzo Lombardia – budynek władz regionalnych Lombardii w Mediolanie; po lewej: widok z zewnątrz, po prawej: transparentne zadaszenie dziedzińca wewnętrznego w tym budynku (fot. własne).
- Rys. 3.3.** Po lewej: dziedziniec budynku Sony Center w Berlinie (E. Trocka-Leszczynska, za zgodą autora), po prawej: budynek Muzeum Historii Wojskowości w Dreźnie (fot. własna).
- Rys. 3.4.** Budynki rządowe na Placu Trzech Władz (Praça dos Três Poderes) w Brazylii: Federalny Sąd Najwyższy (po lewej) i Kongres Narodowy (po prawej) (fot. własne).
- Rys. 3.5.** Po lewej: budynek Opery w Sydney – widok od strony nabrzeża; po prawej: budynek Filharmonii nad Łabą (Elbphilharmonie) w Hamburgu (proj. Jacques Herzog i Pierre de Meuron) (fot. własne).
- Rys. 3.6.** Elementy konstrukcji stalowej stadionu olimpijskiego w Pekinie, na placu budowy (fot. własne).
- Rys. 3.8.** Przykładowe krzywe jakościowe starzenia się obiektów architektonicznych: 1 – techniczne, 2 – funkcjonalne, 2a – funkcjonalne (alternatywa), 3 – estetyczne (opracowanie własne).
- Rys. 3.9.** Różnice w percepcji ruin: fragment kolumnady (Jerash w Jordanii, starożytna Gerasa) – po lewej; ruiny dziewiętnastowiecznego hotelu (Morro do Corcovado, Rio de Janeiro, Brazylia) – po prawej (fot. własne).
- Rys. 3.10.** Tradycyjne domy drewniane: wiejski budynek gospodarczy w miejscowości Antagnod, Val d’ Ayas, Włochy (po lewej); dom mieszkalny na wyspie Büyüka, w archipelagu Wysp Książęcych na Morzu Marmara, Turcja (po prawej) (fot. własne).
- Rys. 3.11.** Przykłady elewacji z cegły we Wrocławiu: kościół Św. Krzyża (po lewej); tylna elewacja budynku użyteczności publicznej (po prawej) (fot. własne).
- Rys. 3.12.** Budynek fabryki Fiata w dzielnicy Lingotto w Turynie – tor testowy na dachu budynku (po lewej) i wewnętrzna rampa prowadząca na tor testowy (po prawej) (fot. własne).
- Rys. 3.13.** Przekształcenia budynków przemysłowych w Turynie – sala konferencyjna na dachu dawnego budynku Fiata w Lingotto (po lewej) i park poprzemysłowy Parco Dora (po prawej) (fot. własne).
- Rys. 3.14.** Ruiny w znaczeniu technicznym – budynek przemysłowy w Detroit, USA (po lewej) (fot. za: Marchand i Meffre 2010) oraz ruiny w znaczeniu społecznym – Palazzo del Lavoro, Turyn, Włochy (fot. własna).
- Rys. 4.1.** Wyspy informacji – graficzna prezentacja specjalizacji w modelowaniu informacji (opracowanie własne na podstawie Hannus 1996).
- Rys. 4.2.** Wykres „dojrzałości” BIM nazywany też „Modelem dojrzałości Bew-Richardsa” (Bew-Richards maturity model) (opracowanie własne na podstawie PAS 1192-2:2013).
- Rys. 4.3.** Schemat współpracy uczestników procesu inwestycyjnego zgodnie z BIM Poziom 2 (opracowanie własne na podstawie: <https://bimportal.scottishfuturetrust.org.uk/page/standards-level-2>, dostęp: 30.03.2019, 02:45).

- Rys. 4.4.** Skumulowany koszt budynku w całym „cyklu życia” (opracowanie własne na podstawie Kovacic i Zoller 2015 oraz Biondini i Frangopol 2016).
- Rys. 4.5.** Przepływy pieniężne inwestora w okresie życia budynku (opracowanie własne na podstawie Kara i Bosia 2017).
- Rys. 4.6.** Krzywe McLeamy’ego – ilustracja możliwości wprowadzania zmian w projekcie i ich kosztu w zależności od etapu inwestycji oraz rozłożenie w czasie wysiłku projektowego w tradycyjnym i zintegrowanym procesie projektowym (opracowanie własne na podstawie „Integrated Project Delivery: A Guide – AIA” 2007).
- Rys. 4.7.** Trójkąt semantyczny Ogdena-Richardsa – graficzne przedstawienie relacji pomiędzy obiektem, odnoszącą się do niego ideą a reprezentującym ją symbolem (opracowanie własne na podstawie Malinowski 2010).
- Rys. 4.8.** Uszczegółowiona koncepcja semantyczna relacji obiektu, idei i symbolu (opracowanie własne na podstawie Ekholm 1996).
- Rys. 4.9.** Właściwości materialne i kulturowe obiektu / systemu (opracowanie własne na podstawie Ekholm 1996).
- Rys. 4.10.** Zastosowanie zasady dychotomicznej przy podziale na klasy (opracowanie własne na podstawie Ziolk 1995).
- Rys. 4.11.** Schemat zastosowania zasady dychotomicznej do budowy systemu klasyfikacji hierarchicznej (opracowanie własne na podstawie Ziolk 1995).
- Rys. 4.12.** Przykład kartezjańskiego podejścia do budowy systemu klasyfikacji hierarchicznej (opracowanie własne na podstawie Ziolk 1995).
- Rys. 4.13.** Podział systemów klasyfikacyjnych (opracowanie własne).
- Rys. 4.14.** Rysunek ilustrujący układ faset (tabel) klasyfikacyjnych w systemie SfB (ilustracja za: „CIB Report 22. The SfB System.” 1973).
- Rys. 4.15.** Rysunek przedstawiający zawartość fasety 1 systemu SfB – Funkcje (ilustracja za: „CIB Report 22. The SfB System.” 1973).
- Rys. 4.16.** Rysunek przedstawiający zawartość fasety 2 – Konstrukcje (po lewej) i fasety 3 – Zasoby (po prawej), systemu SfB (ilustracja za: „CIB Report 22. The SfB System.” 1973).
- Rys. 4.17.** Przykład przypisania Funkcji do części budynku, zawarty w opisie systemu SfB (ilustracja za: „CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977).
- Rys. 4.18.** Egzemplarz roboczy projektu normy ISO 12006-2 z 1997 roku (ilustracja z archiwum autora).
- Rys. 4.19.** Kategorie klasyfikacyjne wg PN-ISO 12006-2:2005 i zależności pomiędzy nimi (opracowanie własne na podstawie rys. 1 PN-ISO 12006-2:2005).
- Rys. 4.20.** Widok przykładowej tabeli z katalogu KNR (opracowanie własne na podstawie KNR 2-02).
- Rys. 4.21.** Widok tabeli katalogu KNR z rys. 4.20., z usuniętą strefą zasobów, a pozostawioną strefą nagłówkową (opracowanie własne z wykorzystaniem KNR 2-02).
- Rys. 4.22.** Schemat korzystania z tabeli katalogu KNR – ścieżka kodu (opracowanie własne z wykorzystaniem KNR 2-02).
- Rys. 4.23.** Schemat korzystania z tabeli katalogu KNR – ścieżka tekstu (opracowanie własne z wykorzystaniem KNR 2-02).
- Rys. 4.24.** Schemat korzystania z tabeli katalogu KNR – ścieżka zasobów (opracowanie własne z wykorzystaniem KNR 2-02).
- Rys. 4.25.** Trzy ścieżki korzystania z tabel katalogu KNR (opracowanie własne z wykorzystaniem KNR 2-02).
- Rys. 4.26.** Proponowany system PolClass – graficzne przedstawienie czterech tablic klasyfikacyjnych (opracowanie własne).
- Rys. 4.27.** Model transformacji zasobów przez czynności w efekty budowlane przyjęty w systemie SfB (opracowanie własne na podstawie „CIB Report 40. An Introductory Guide to the use of SfB System.” 1977).

- Rys. 4.28.** Prosty łańcuch czynności zakodowanych według pierwszej i drugiej tablicy systemu (opracowanie własne na podstawie Ziolkó 1995).
- Rys. 4.29.** Struktura bazy danych gromadzącej niegraficzne informacje o obiekcie (opracowanie własne).
- Rys. 4.30.** Schemat wzrostu złożoności modelu wraz z jego uszczegóławianiem (opracowanie własne na podstawie Ekholm 1996).

Spis tabel

Spis tabel – tekst główny

Tabela 2.1.	Ogólny podział sposobów modelowania obiektów budowlanych.
Tabela 4.1.	Podział procesu inwestycyjnego – fazy „życia” budynku.
Tabela 4.2.	Przykład przypisania obiektów do klasy „Ściany”.
Tabela 4.3.	Przykład przypisania obiektów do klasy „Kształtowniki stalowe walcowane”.
Tabela 4.4.	Przykład klasyfikacji enumeratywnej w zastosowaniu do ceramiki budowlanej.
Tabela 4.5.	Zestawienie tablic systemu Uniclass 1997.
Tabela 4.6.	Fragment zawartości Tablicy G, systemu Uniclass 1997.
Tabela 4.7.	Fragment zawartości Tablicy E, systemu Uniclass 2015.
Tabela 4.8.	Systematyka głównych tabel klasyfikacyjnych sugerowanych w normie PN-ISO 12006-2:2005.
Tabela 4.9.	Systematyka dodatkowych tabel klasyfikacyjnych sugerowanych w normie PN-ISO 12006-2:2005.
Tabela 4.10.	Porównanie tabel klasyfikacyjnych w normie ISO 12006-2 i w systemie Uniclass 2015 (opracowanie własne).
Tabela 4.11.	Porównanie tabel klasyfikacyjnych w systemie w normie ISO 12006-2:2005, Uniclass 2015, systemie SfB i proponowanym systemie PolClas.

Spis tabel – Załączniki

Tabela Z1-1.	System PolClass, Faseta Elementów – podstawowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z1-2.	System PolClass, Faseta Elementów, E_200 Budynek; trzystopniowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z1-3.	System PolClass, Faseta Elementów, E_300 Urządzenia sanitarne i wentylacyjne; trzystopniowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z1-4.	System PolClass, Faseta Elementów, E_400 Instalacje elektryczne; trzystopniowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z1-5.	System PolClass, Faseta Elementów, E_500 Telekomunikacja i automatyka; trzystopniowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z1-6.	System PolClass, Faseta Elementów, E_600 Inne instalacje; trzystopniowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z1-7.	System PolClass, Faseta Elementów, E_700 Teren; trzystopniowy poziom uszczegółowienia.
Tabela Z2-1.	System PolClass, Faseta Rodzajów robót.

Constructing architecture

On the materialization of the architectural form

Summary

The book addresses issues related to design methodology with particular focus on modeling as a method of presenting and studying future architectural projects. The main idea of the work is communication in the construction project. Communication, which has many aspects, has recently become particularly important because the process of developing design tools started to encounter “language” barriers. The various aspects of this issue are discussed in detail and include, among others, problems related to the development of architectural models, the integrity of the designer (the architect – structural engineer vs. the architect and the structural engineer), creative freedom, engineering ethics, cultural interactions in the construction process and in many other matters that are important in the theory and practice of architectural design.

The construction project is described in the subtitle of this book as the “process of materialization of the architectural form”. This is precisely the case – the differences in wording stem from the different points of view on this process. For the society, in particular for the investor, the administration authorities, contractors and most building services engineers, this is a construction project. However, for the architect, who is the creator of the architectural form, and for the structural engineer, who is fully involved in giving it physical shape, this is the process of materialization of this form.

The introduction to the book presents the relations between the architect and the structural engineer in the process of designing the architectural form. The structure has been dubbed the “carrier” of the architectural form not only because it transfers loads, thereby enabling the building to perform its practical functions, but also because the chosen structural system is, in itself, a carrier of meanings, metaphors and connotations that constitute the architectural form.

The second chapter, entitled “The architectural object versus its model”, defines the construction project as the process of creating and exchanging information. Each building is initially an abstract idea related to the needs of the investor. This idea is “translated” into the language of architecture and transformed into an architectural concept. The initial design idea is then developed until the detailed

design is created and implemented. This is the process of designing and constructing a building. Each stage of this process generates design-related information which must be exchanged between all its participants, including the investor, the architect, the structural engineer, technical equipment engineers, external consultants, contractors, craftsmen, local authorities and other participants. The ability to exchange information is a prerequisite for a successful construction project. The amount of information, as well as the number of relations between the participants in the process where this exchange takes place, increases rapidly as the project progresses through its subsequent phases. Because the information that is produced and exchanged is related to a wide range of different, usually very specialized fields, and is produced and stored in different forms and on different types of storage media, it is necessary to use appropriate tools when exchanging information to ensure that it reaches the right recipient and that he or she will understand it properly. The review of historical methods of information exchange shows that certain concepts, especially in relation to graphical conventions, are as old as the architectural profession. Despite the constant improvement in tools and storage media, the essence of the architectural drawing and text specification has not essentially changed for several thousand years. A significant breakthrough was made in the Renaissance with the introduction of linear perspective and printing. The next breakthrough came with the introduction of computers and computer-aided design (CAD), and currently we are witnessing a revolution in the use of integrated models of the facility and the building process. The chapter goes on to discuss the impact of new designing techniques on the architectural form of new buildings. An attempt is made to link these phenomena with the problems of engineering ethics in design.

The third chapter discusses the functional paradigm of architecture in a social context. It analyzes the problems of asymmetry in the distribution of the architectural form that are expressed in processes which can be described in statistical terms: the tendency to exaggerate, replace better solutions by worse ones, etc. The discussion concentrates on the transience and aging of buildings, which are processes that serve as a form of prolonged communication between the author or authors and the society. These issues have their social effects, which strongly affect the perception of an architectural work and its relationship with the environment throughout its entire life cycle.

The fourth chapter presents the issues of information management in the construction project. It emphasizes the role of the architect as the leader of the project team, who has a decisive influence on the efficiency of the communication process. Next, it presents contemporary problems in the development of building modeling methods, which are currently transforming into methods of building information modeling. This shift in meaning and scope is important because it enables the creation of a coherent model and database for both the building in the physical sense and for the processes associated with its creation and construction.

An appropriate classification system was identified as the basic tool for organizing and facilitating the communication process. On the one hand this system

is firmly embedded in the local tradition and culture of the construction industry, and on the other hand has a structure that corresponds to the logic of modern, model-oriented information processing. The development of increasingly advanced computer systems that support designers is reaching a point at which it will be possible to create a uniform model that can be used by all participants of the construction project at any stage. Moreover, this model can include not only the building itself, but also all aspects of the construction process. To fully implement these tools, in spite of their many current limitations, a common dictionary of terms is needed, whose structure captures the entire complexity of architectural objects and their creation process, while remaining open to changes that accompany technological development and the evolution of technological culture in this area. A proposal for such a system for classifying information, designed for Polish conditions, is presented in the final part of Chapter 4.

The book ends with the fifth chapter, entitled “Architect in the era of BIM”, which summarizes and complements previous considerations. It addresses the problem of “standardization” of architectural services in connection with the increasingly common phenomenon of “crowdsourcing” in design. This issue is discussed in the context of the problem of the architect’s intellectual integrity. The book is summarized by a paraphrase of a well-known quotation from the novel “Leopard” by G.T. di Lampedusa, that “if we want things to stay as they are, everything will have to change in the architectural profession.”

Romuald Tarczewski jest konstruktorem z wieloletnim doświadczeniem w pracy w przemyśle budowlanym i w biurach projektów. Od 1992 r. pracuje na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej.



W swojej pracy naukowej zajmuje się szeroko rozumianymi zagadnieniami architektury strukturalnej, zwłaszcza w ujęciu topologicznym i bioinicznym. Ważnym nurtem jego badań jest także komunikacja w procesie inwestycyjnym. Autor ponad stu czterdziestu publikacji krajowych i zagranicznych, opracowań projektowych z dziedziny konstrukcji oraz zgłoszeń patentowych. Członek międzynarodowych stowarzyszeń naukowo-technicznych, m.in. International Association for Shell and Spatial Structures (IASS), TensiNet Association, Structural Engineers World Congress (SEWC), American Mathematical Society (AMS), członek komitetów naukowych międzynarodowych konferencji z dziedziny konstrukcji i architektury, a także recenzent w czasopismach technicznych. Współpracuje z ośrodkami naukowymi w Europie, Japonii, USA i Brazylii.

Praca *Konstruowanie architektury* dotyczy zagadnień metodologii projektowania, w szczególności modelowania jako metody prezentacji i badania przyszłych realizacji architektonicznych. [...] Zagadnienie to jest omówione wyczerpująco, dyskusja różnych aspektów jest bardzo interesująca i obejmuje m.in. zagadnienia rozwoju modeli architektonicznych, integralności osoby projektanta (architekt-konstruktor vs architekt oraz konstruktor), wolności twórczej, etyki inżynierskiej, interakcji kulturowych w procesie realizacji budowlanej i wielu innych spraw ważnych dla teorii i praktyki projektowania architektonicznego. [...] Autor w wielu fragmentach przedstawia oryginalne ujęcia tematu oparte na swoich doświadczeniach praktycznych oraz wynikach prowadzonych badań.

Z recenzji prof. dr. hab. inż. arch. Krzysztofa Gasidła



Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej są do nabycia w księgarni
ul. C.K. Norwida 9, 50-374 Wrocław, tel. 71 328 08 95

Prowadzimy sprzedaż wysyłkową: zamawianie.ksiazek@pwr.edu.pl

ISBN 978-83-7493-075-8