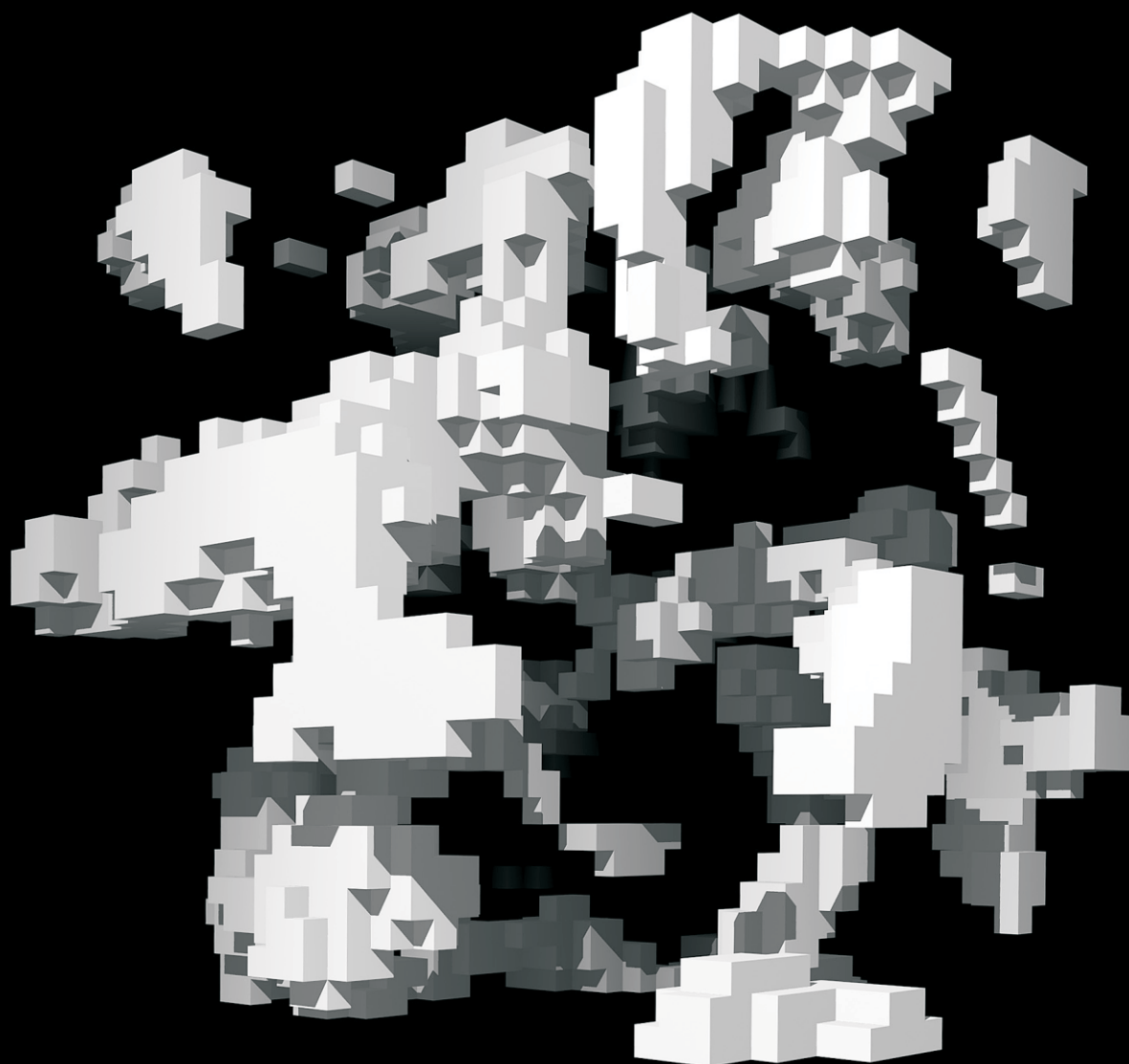


Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

Paweł Rubinowicz

Praca doktorska

CHAOS JAKO PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU w wybranych trendach współczesnej architektury



Promotor:
Dr hab. inż. arch. Zbigniew Władysław Paszkowski, prof. ZUT

KRAKÓW 2010



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

Paweł Rubinowicz

Praca doktorska

**CHAOS JAKO PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU
w wybranych trendach współczesnej architektury**

Promotor:
Dr hab. inż. arch. Zbigniew Władysław Paszkowski, prof. ZUT

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę
w latach 2006-2008 jako projekt badawczy
Grant nr: 4 T07F 008 30

KRAKÓW 2010



SPIS TREŚCI

ROZDZIAŁ 1. WPROWADZENIE

1.1. Wstęp	3
1.2. Teza pracy	4
1.3. Charakterystyka przedmiotu badań	5
1.4. Cele badawcze i struktura pracy	6
1.5. Zastosowane metody badawcze	8
1.6. Podsumowanie stanu badań	10

ROZDZIAŁ 2. CZĘŚĆ STUDIALNO-ANALITYCZNA

Kreowanie form złożonych w architekturze współczesnej

2.1. Cel, zakres i metoda badań	15
2.2. Znaczenie złożoności w architekturze	20
2.3. Metoda rozbicia	28
2.4. Metoda deformacji	36
2.5. Metoda rozproszenia	53
2.6. Wstępne podsumowanie badań	68

ROZDZIAŁ 3. CZĘŚĆ TEORETYCZNO-APLIKACYJNA

Porządek wyższego rzędu w kreacji formy architektonicznej

3.1. Cel, zakres i metoda badań	70
3.2. Teoretyczne symulacje formy – model matematyczny	75
3.3. Teoretyczne symulacje formy – model fraktalny	80
3.4. Teoretyczne symulacje formy – model emergentny	85
3.5. Analiza wybranych przykładów architektonicznych	91

ROZDZIAŁ 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

4.1. Podsumowanie części studialno-analitycznej	102
4.2. Podsumowanie części teoretyczno-aplikacyjnej	116
4.3. Wnioski końcowe	119

Bibliografia	121
Zestawienie ilustracji	127
Zestawienie autorskich aplikacji komputerowych	140

ROZDZIAŁ 1. WPROWADZENIE

1.1. WSTĘP

Współczesna architektura charakteryzuje się dążeniem do stosowania rozwiązań innowacyjnych. Innowacyjność ta polega między innymi na tworzeniu nowych rozwiązań formalnych – nowych przestrzennych odpowiedzi na, w gruncie rzeczy, dobrze znane, elementarne i uniwersalne pytania: o jakość zamieszkiwania, o harmonię otoczenia, o piękno tworzonego świata zbudowanego.

Analiza świata tworzonego przez naturę i próba wkomponowywania nowej kreacji w istniejące środowisko, to jeden z nurtów architektury znany od zawsze i aktualny współcześnie. Jednakże powierzchowność obserwacji natury skutkuje również powierzchownością stosowanych rozwiązań. Abstrakcyjne pojmowanie formy architektonicznej, jako ‘uzupełnienia natury’ w wymiarze nauki Platona, jest współcześnie zastępowane architekturą o dużym stopniu złożoności. Apoteozę złożoności wygłasza Magdalena Kozień słowami: *Może należy odejść od unifikacji, uproszczeń, jednoznaczności oraz skierować się ku uznaniu złożoności jako naturalnego następstwa rozwoju kultury i nauki.*¹ Jeśli jednak traktować architekturę jako sztukę sublimacji formy, a nie jej agregacji, złożoność powinna wynikać z elementarnych zasad tworzących formy świata naturalnego. Teoria chaosu deterministycznego wskazuje na istnienie w naturze takich zależności, których rozpoznanie stwarza nowe możliwości kreacji. Teoria ta stosowana z powodzeniem w innych dziedzinach nauki, może przyczynić się również do rozwoju twórczości architektonicznej.

Niniejsza praca doktorska analizuje obserwowaną współcześnie problematykę złożoności w architekturze. Zjawisko to jest w twórczości architektonicznej dość powszechne, stanowiąc odpowiedź na złożoność życia, wielość potrzeb, pluralizm ideowy i estetyczny. Autor podejmuje się zdefiniowania zjawiska złożoności oraz wprowadzenia jej typologii w architekturze współczesnej na podstawie analizy wybranych realizacji. Wskazuje również na nowatorskie trendy w poszukiwaniach złożoności formy. Celem podejmowanych analiz nie jest jednak krytyka współczesnej architektury. W pracy przedstawiono nowe znaczenie pojęcia chaosu w architekturze w oparciu o teorię matematyczną. Nawiązując do myśli Roberta Venturiego, że “nieład to porządek, którego nie możemy zobaczyć”² autor niniej-

¹ Kozień, M., *Głos za uznaniem złożoności*, w: Czasopismo Techniczne, Z.11-A/2005 rok 102, s. 57.

² Venturi R., *Learning from Las Vegas – The Forgotten Symbolism of Architectural Form*, MIT Press, 1977.

szej dysertacji dowodzi, że teoria chaosu pozwala na lepsze poznanie złożoności przestrzennej środowiska zbudowanego przez człowieka. Według tej teorii chaos rozumiany jest jako porządek wyższego rzędu lub inaczej jako porządek o wyższej złożoności, a nie jako potocznie rozumiana entropia ładu. Wyjaśnia to pozorny paradoks występujący w sformułowaniu tytułu pracy: 'chaos jako porządek'. Geometryczne formy, takie jak fraktale, tworzone w oparciu o wybrane elementy teorii chaosu, prezentują określone uporządkowania trudne do percepcji i ujęcia w kanonach kompozycji i estetyki ze względu na ich zwielokrotnioną złożoność.

Niniejsza praca doktorska dotyczy więc z jednej strony zagadnień analizy architektury współczesnej, z drugiej zaś warsztatu projektowego architekta – twórcy i konstruowania współczesnych narzędzi, dzięki którym możliwa staje się kreacja formy ujmowanej w prostych zapisach matematycznych lub geometrycznych. W tym zakresie forma architektury 'nowej złożoności' zbliża się do występujących w przyrodzie form organicznych poprzez swoją strukturę, a nie fizjonomię. Autor odwołuje się w swej pracy do różnych metod symulacyjnych wynikających z teorii matematycznych. Za pomocą własnych programów komputerowych bada zastosowanie tych metod w dziedzinie architektury.

1.2. TEZY PRACY

Z uwagi na szeroki kontekst problemu badawczego, który został podjęty w niniejszej pracy, zamiast pojedynczej i jednolicie sformułowanej tezy, zmierzając do większej czytelności wywodu, przyjęto następujące cztery tezy cząstkowe:

TEZA 1

W architekturze współczesnej istnieje silna tendencja do stosowania form złożonych, jako wyrazu poszukiwań nowych form ekspresji.

TEZA 2

Istnieje możliwość generowania w architekturze form o dużym stopniu złożoności za pomocą prostych reguł formowania, tworzących 'porządek wyższego rzędu'.

TEZA 3

Nieliczne realizacje współczesnej architektury wykazują możliwość zastosowania 'nowej złożoności' poprzez eksplorację zasad porządku wyższego rzędu w projektowaniu.

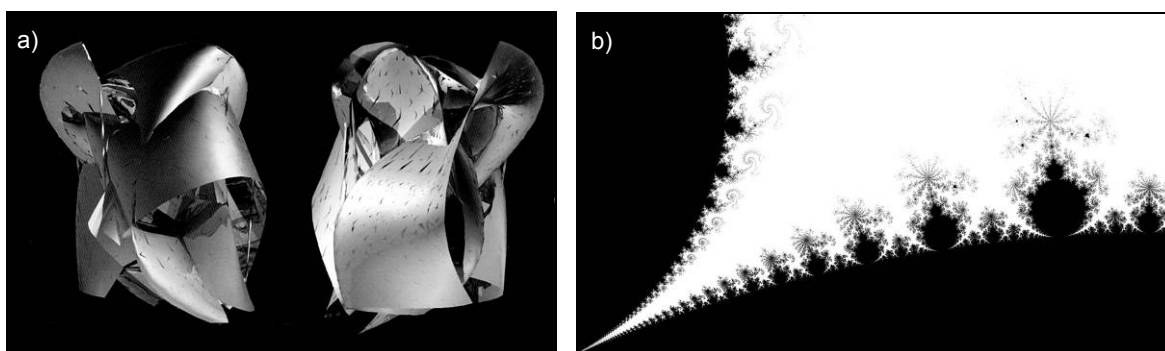
TEZA 4

Zastosowanie zasad formowania 'porządku wyższego rzędu' wraz z intuicją twórczą i inwencją, stwarza nowe, inspirujące możliwości kształtowania form architektonicznych.

1.3. CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU BADAŃ

Podstawowym przedmiotem badań, jaki został podjęty w niniejszym pracy doktorskiej, jest zagadnienie złożoności budowy współczesnej formy architektonicznej. Przeprowadzone badania ogniskują się szczególnie na związkach, jakie zachodzą pomiędzy złożonością w architekturze, a złożonością wynikającą z reguł matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego. W ramach podjętej w pracy tematyki można wyraźnie wyodrębnić podstawowe dwa obszary badawcze:

- Obszar badań w zakresie najnowszych poszukiwań twórczych w architekturze
- Obszar badań w zakresie interpretacji złożoności formalnej w kontekście badań nad matematyczno-fizyczną teorią chaosu deterministycznego



Ryc. 1. Złożoność formalna w architekturze współczesnej a złożoność zaobserwowana w matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego: a) projekt teoretyczny Data-Driven Form, Marcos Novak (1998); b) fraktalna struktura zbioru Mandelbrota. Źródło: *10x10_1*, s. 286; opr. autora (2006)

W pierwszym obszarze badań, obejmującym analizę najnowszych poszukiwań twórczych w architekturze, skoncentrowano uwagę na formie architektonicznej obiektów o wysokiej złożoności kompozycyjnej. Współcześnie zaobserwować można tendencję do odchodzenia od klasycznego, racjonalnego uporządkowania formy w kierunku programowanej przypadkowości i wyższego stopnia złożoności formy (ryc. 1a). Czytelnymi przykładami w tym zakresie są obiekty architektury realizowane w nurcie dekonstrukcji. Dobrą ilustracją jest np. manifest twórczy grupy Coop Himmelb(l)au z początku lat 80., jakim była adaptacja poddasza kamienicy przy ul. Falkestrasse we Wiedniu³. Omawiane zjawisko ma jednak znacznie szerszy zakres. Dotyczy także innych trendów architektury współczesnej (m.in. postmodernizm eklektyczny, metabolizm, *folding*, architektura blobów i inne) oraz autonomicznych poszukiwań twórczych wiodących architektów. Badania nie zmagają się z oceną i wartościowaniem cytowanych projektów i realizacji. Polegają raczej na obiektywnej interpretacji kompozycji oraz na wyodrębnianiu określonych reguł budowy formalnej. Przedmiotem tych badań jest współczesna kreacja architektoniczna.

Drugi obszar badań, dotyczy interpretacji złożoności formalnej w ujęciu matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego i geometrii fraktalnej. Popularyzacja wyników

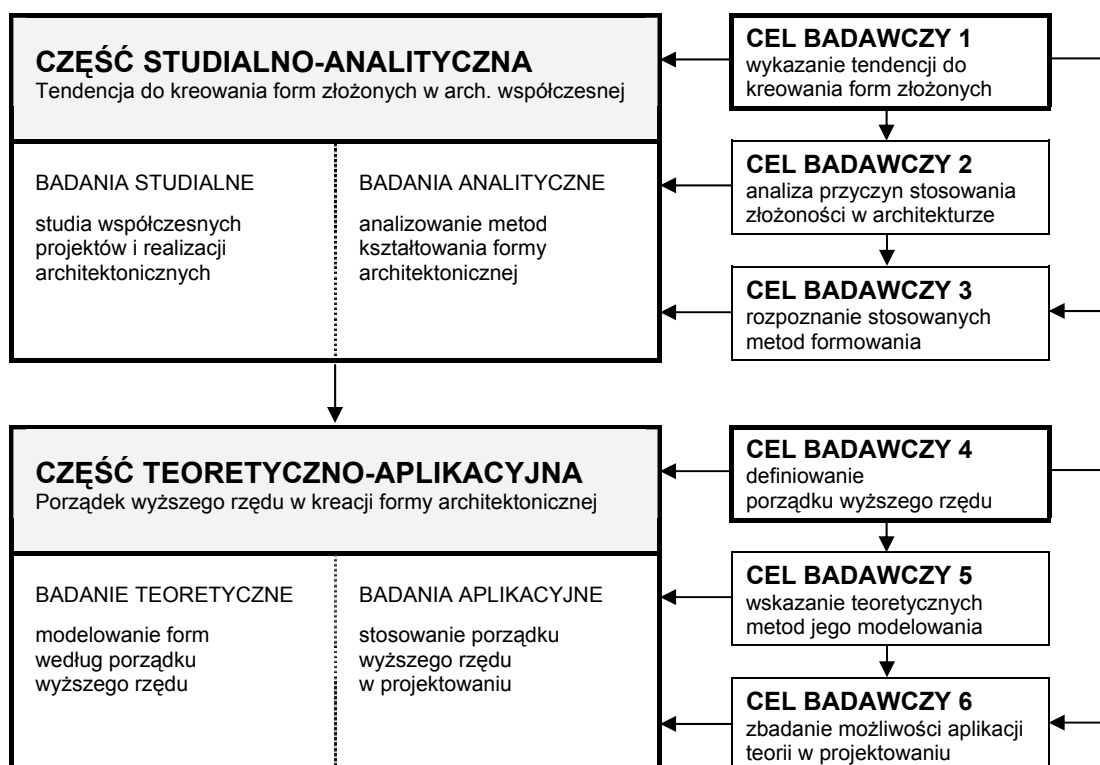
³ Patrz: rozdział 2.2 – ryc. 4.

badań w tym zakresie przypada na początek lat 80. Jednym z impulsów była publikacja Benoita B. Mandelbrota: *The Fractal Geometry of Nature* (ryc. 1b). Obserwacja złożonych zjawisk fizycznych i złożonej geometrii form naturalnych oraz odkrywanie zasad umożliwiających ich teoretyczną symulację za pomocą deterministycznych reguł są wyróżnikiem teorii chaosu. Początek lat 80. to również czas rozwoju nurtu dekonstrukcji w architekturze. Czy więc złożoność artykułowana w twórczości architektonicznej może być zestawiana z tą zaobserwowaną w teorii chaosu? Jeśli tak, to w jakim zakresie? Praca wskazuje możliwości stosowania elementów teorii chaosu w analizie kompozycji oraz znaczenie teorii i 'estetyki chaosu' dla kształtowania nowych rozwiązań przestrzennych – jako źródeł twórczej inspiracji. Autor stosuje wybrane metody symulacyjne wynikające z teorii oraz bada ich zastosowanie w dziedzinie architektury za pomocą własnych programów komputerowych. W części teoretyczno-aplikacyjnej pracy poddano w ten sposób analizie naukowej różne aspekty wykorzystania zasad budowy form wynikających z teorii chaosu deterministycznego dla kreowania i konstruowania złożonych kompozycji architektonicznych – w wyniku prostych, elementarnych procesów przekształceń form podstawowych.

1.4. CELE BADAWCZE I STRUKTURA PRACY

Dwa główne obszary badawcze pracy: analiza złożoności formalnej we współczesnej kreacji architektonicznej oraz interpretacja złożoności formalnej w kontekście teorii chaosu deterministycznego, zostały odpowiednio ujęte w konstrukcji struktury pracy oraz systematyce założonych celów badawczych (patrz: tab.1).

Tab. 1. Struktura pracy w powiązaniu z założonymi celami badawczymi



CHARAKTERYSTYKA CZĘŚCI STUDIALNO-ANALITYCZNEJ

Badania studialne, dotyczą interpretacji wybranych projektów i realizacji architektonicznych na tle rozwojowym współczesnej architektury. Badania zmierzają do wyodrębnienia tendencji do kreowania form złożonych. Choć pojęcie złożoności może dotyczyć także aspektów poza formalnych, jak choćby kształtowania rozwiązań funkcjonalnych, konstrukcyjnych i technicznych, to jednak analiza tych zagadnień nie jest szerzej podejmowana w pracy. Przedmiotem badań jest wyłącznie forma architektoniczna. Analizie problemowej poddawane są realizacje i projekty z ostatnich 30. lat – okres od 1980 do 2010 roku.

Badania analityczne, dotyczą natomiast rozpoznania metod formowania stosowanych we współczesnej architekturze i ukierunkowane są na ich analizę, syntezę i klasyfikację. Koncentrują się na analizie formalnej wybranych przykładów projektów i realizacji. Forma architektoniczna traktowana jest niezależnie od kontekstu jej stworzenia. Przedmiotem badań jest geometryczna interpretacja kształtu oraz rozpoznania zasad budowy formalnej.

Założone cele badawcze:

CEL 1: Wykazanie tendencji do stosowania form złożonych w arch. współczesnej

Wskazanie i wyodrębnienie w architekturze współczesnej tendencji do stosowania złożonych uformowań przestrzennych. Zakłada się przy tym, że tendencja ta dotyczy twórczości większej grupy architektów, obejmuje różne nurty i style – oraz, że jest niewyłączna, tzn. stanowi jedną, lecz nie jedyną z gałęzi rozwoju współczesnej architektury.

CEL 2 : Analiza przyczyn stosowania złożoności w kreacji architektonicznej

Ustalenie przyczyn, dla których niektórzy współcześni architekci decydują się na stosowanie wysokiej złożoności w kształtowanych przez nich obiektach. Co inspiruje ich do takich działań? Dlaczego korzystanie z prostych rozwiązań formalnych okazuje się niewystarczające? Czy dążenie do złożoności jest efektem zamierzonych decyzji projektowych, czy raczej wynika z intuicji twórczej?

CEL 3: Wyodrębnianie metod kształtowania form złożonych w architekturze

Rozpoznanie i przeanalizowanie metod kształtowania złożonych kompozycji przestrzennych w architekturze współczesnej. W jaki sposób są one formowane? Czy istnieją tu pewne prawidłowości? Czy w twórczości różnych architektów można wskazać podobne kierunki poszukiwań formalnych? Jakimi metodami uzyskiwana jest złożoność kompozycyjna we współczesnej architekturze?

CHARAKTERYSTYKA CZĘŚCI TEORETYCZNO-APLIKACYJNEJ

Badania teoretyczne, dotyczą analizy wybranych, teoretycznych metod kształtowania formy opartych o zastosowania porządku wyższego rzędu. Zasada organizacji (budowy) takich form polega na uzyskiwaniu wysokiej złożoności kompozycyjnej, wyłącznie poprzez stosowanie elementarnie prostych procesów formowania – wzorów, reguł, schematów, itp. Niezależnie od sposobu ich definiowania, istotne jest, by zasady formowania mogły być

zapisane przez relatywnie małą ilość informacji. Badania uszeregowano według modeli roboczych: matematycznego, fraktalnego i emergentnego⁴.

Badania aplikacyjne dotyczą wstępnej oceny teoretycznych metod kształtowania formy w projektowaniu. Celem nie było przedstawienie przeglądu przykładów architektonicznych (i cytowanie doświadczeń innych architektów), a raczej symulacja procesu projektowego. Badania zostały zogniskowane tylko na trzech wybranych obiektach (w tym dwóch zrealizowanych)⁵. Zauważony w tych realizacjach wątek kompozycyjny, dotyczący porządku wyższego rzędu – został odpowiednio wyodrębniony i poddany dalszym analizom. Stosując odpowiednie symulacje komputerowe weryfikowano możliwość opisania złożonych form, jako efektu prostych procesów formowania.

Założone cele badawcze

CEL 4: Definiowanie pojęcia porządku wyższego rzędu

Definiowanie porządku wyższego rzędu, a więc wykazanie możliwości tworzenia form złożonych w wyniku prostych, elementarnych reguł formowania. Wstępna weryfikacja założeń teorii chaosu deterministycznego na gruncie teorii budowy formy architektonicznej.

CEL 5: Rozpoznanie odpowiednich, teoretycznych metod formalnych

Wskazanie metod kształtowania złożonych kompozycji dwuwymiarowych i przestrzennych z zastosowaniem reguł porządku wyższego rzędu. W jaki sposób można kształtować takie formy? W jaki sposób należy definiować proces ich formowania?

CEL 6: Przeanalizowanie możliwości zastosowania teorii w projektowaniu

Wstępne rozpoznanie możliwości aplikacji porządku wyższego rzędu w procesie projektowym. W jakim zakresie dążenia do złożoności formalnej we współczesnej kreacji architektonicznej są przejawem stosowania uporządkowań wyższego rzędu?

1.5. METODY BADAWCZE

METODY BADAWCZE W ZNACZENIU FORMALNYM

Badania przedstawione w niniejszej pracy zostały przygotowane z zastosowaniem następujących metod warsztatu naukowego, opartych na:

- analizie materiałów źródłowych, publikacji naukowych dotyczących tła rozwojowego architektury współczesnej ze uwzględnieniem zagadnień złożoności formalnej;
- autorskiej dokumentacji fotograficznej wybranych współczesnych realizacji architektonicznych, opracowanej w ramach wyjazdów studialnych⁶;

⁴ Sposób rozumienia poszczególnych modeli przedstawiono w rozdziale 3.1.

⁵ Patrz: rozdział 3.5.

⁶ Wyjazdy studialne zostały zrealizowane w latach 2005-2008. Dokumentujących wybrane realizacje architektów (wymienionych dalej alfabetycznie): Vito Acconci, Will Alsop, Manuel Brullet, Peter Cook, Mamen Domingo, Peter Eisenman, Ernest Ferré, Norman Foster, Colin Fournier, Frank O. Gehry, Nicholas Grimshaw,

- uwzględnieniu w badaniach własnych poszukiwań twórczych – projektów współautorskich i autorskich⁷ oraz zastosowanych tam metod kształtowania formy architektonicznej (m.in. modelowanie parametryczne);
- symulacjach komputerowych i analizach dotyczących kształtowania formy – z zastosowaniem programów komputerowych (ryc. 2), opracowanych przez autora, opisanych w załączniku oraz wymienionych poniżej (patrz: tab. 2).

Tab. 2. Autorskie programy komputerowe wykorzystane w badaniach

AUTORSKIE PROGRAMY KOMPUTEROWE WYKORZYSTANE W CZĘŚCI STUDIALNO-ANALITYCZNEJ	
Program 8	Modelowanie parametryczne form i powierzchni topologicznych
Program 9	Analiza teoretyczna kompozycji form losowych (metoda rozproszenia)
Program 11	Modelowanie formy budynku zdrojowego w Sopocie
Program 12	Modelowanie formy pawilonu na wystawę Expo2000 w Hanowerze
AUTORSKIE PROGRAMY KOMPUTEROWE WYKORZYSTANE W CZĘŚCI TEORETYCZNO-APLIKACYJNEJ	
Program 1	Wizualizacje zbiorów Madelbrota, Julii oraz diagramu Feigenbauma
Program 2	Generowanie wykresów szeregów czasowych równania logistycznego
Program 3	Trójwymiarowe modelowanie atraktora Lorenza
Program 4	Symulacje jednowymiarowych automatów komórkowych (CA-1D)
Program 5	Symulacja dwuwymiarowych automatów komórkowych (CA-2D)
Program 6	Symulacja trójwymiarowych automatów komórkowych (CA-3D)
Program 7	Generowanie form fraktalnych metodą IFS
Program 10	Studium formy Cardiff Bay Opera House proj. Grega Lynna, 1994



Ryc. 2. Zastosowanie autorskich programów komputerowych do symulacji i analizy procesów kształtowania formy architektonicznej – jako istotny element warsztatu badawczego. Kolejno od lewej: formułowanie założeń określonych badań formalnych w postaci komputerowego kodu; robocze wizualizacje nałożenia kilku powierzchni topologicznych; symulacje formy Domu Zdrojowego w Sopocie. Przegląd programów komputerowych zastosowanych w Projekcie przedstawiony jest w załączniku. Źródło: opr. autora (2006)

Zaha Hadid, Jacques Herzog, Nikolaus Hirsch, Hans Hollein, Friedensreich Hundertwasser, Rüdiger Lainer, Daniel Libeskind, Wolf-gang Lorch, Richard Meier, Pierre de Meuron, Enric Miralles, Rafael Moneo, Jean Nouvel, Laurids Ortner, Dolores Palacios, Ieoh Ming Pei, Dominique Perrault, Renzo Piano, Albert de Pineda, Wolf D. Prix, Richard Rogers, Federico Soriano, Johan Otto von Spreckelsen, Helmut Swiczinsky, Benedetta Tagliabue, Bernard Tschumi, Jean-Paul Viguier, Andrea Wandel.

⁷ Dom Zdrojowy w Sopocie (projekt konkursowy we współpracy autora z APA URBICON Sp. z o.o.), 1996 (patrz: ryc. 23); koncepcja cmentarza na wyspie Grodzkiej w Szczecinie, 1997 (patrz: ryc. 32); Pawilon polski na wystawę Expo2000 w Hanowerze, we współpracy z APA URBICON, 1999 (patrz: ryc. 34-36).

MERYTORYCZNA ORGANIZACJA BADAŃ

W części studialno-analitycznej, metoda badań polega na podporządkowaniu systematyki przytaczanych przykładów określonym wzorcom kształtowania formy architektonicznej. Dobór tych wzorców został przyjęty tak, by jak najpełniej ująć różne aspekty złożoności formalnej w architekturze współczesnej. Wyróżnione zostały trzy metody konstruowania formy: rozbicie, deformacja i rozproszenie⁸. Klasyfikacja cytowanych rozwiązań przestrzennych, wynikająca z ich przynależności do określonych nurtów architektonicznych (wyodrębnianych na gruncie krytyki) była przedstawiana w tle. Nadrzędne znaczenia miała systematyka założonych wzorców budowy formalnej. Zogniskowanie badań w obszarze trzech wzorców kształtowania formy pozwoliło na analizę każdego z nich z zastosowaniem odpowiednich symulacji komputerowych, z użyciem własnego oprogramowania.

W części teoretyczno-aplikacyjnej, podstawowym narzędziem badawczym były odpowiednie programy komputerowe opracowane przez autora. Ich zastosowanie umożliwiło precyzyjne definiowanie reguł konstruowania określonych form dwu- i trójwymiarowych. Zasady budowy formalnej każdorazowo kodowane były w postaci ściśle określonych, prostych algorytmów. W przygotowaniu programów, zastosowano odpowiednie metody matematyczne i geometryczne opisane w literaturze. Metoda badawcza opierała się na dwóch działaniach:

- teoretycznych poszukiwaniach formalnych zmierzających do wykazania porządku wyższego rzędu w budowie formy (rozdziały 3.2 – 3.4)
- krytycznej analizie wybranych przykładów architektonicznych, w których zaobserwowano obecność elementów porządku wyższego rzędu (rozdział 3.5)

1.6. PODSUMOWANE STANU BADAŃ

BADANIA DOTYCZĄCE PORZĄDKU WYŻSZEGO RZĘDU W ARCHITEKTURZE

Problem badawczy podjęty w niniejszej pracy dotyczy przede wszystkim⁹ analizy zastosowań matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego oraz geometrii fraktalnej w architekturze, nowej interpretacji złożoności formy architektonicznej i definiowania 'porządku wyższego rzędu'. Tak określony problem, jest zagadnieniem stosunkowo nowym i słabo jeszcze rozpoznany. Badania w tym zakresie zostały udokumentowane we wciąż jeszcze nielicznych i głównie obcojęzycznych pracach naukowych. Z drugiej strony, można zaobserwować bardzo wyraźny, stały wzrost zainteresowania tą tematyką. Zdecydowana większość cytowanych tu publikacji ukazywała się w latach 1999-2010, czyli podczas prowadzenia przez autora badań, których syntezę stanowi niniejsza praca.

⁸ Nazwy metod zostały przyjęte przez autora. Ich definicje przedstawione są w rozdziale 4.1.

⁹ W takim kierunku zmierza nadrzędny wywód pracy. Analiza szerszej tendencji do złożoności formalnej we współczesnej architekturze prezentowana w rozdziale 2 (część studialno-analityczna), stanowi kontekst dla zaprezentowania nowej, odmiennej kategorii złożonych uformowań opartych o porządek wyższego rzędu, których obecność można dostrzec we wciąż bardzo nielicznych realizacjach (patrz: rozdział 3).

Dodatkowym aspektem jest interdyscyplinarność zagadnienia. Wyniki niektórych badań (dotyczących pośrednio architektury) publikowane są często w specjalistycznych czasopiśmie naukowych traktujących o teorii chaosu¹⁰.

Osadzenie tematu na styku wzajemnie odległych dziedzin utrudnia swobodny przepływ myśli i idei badawczych oraz skutkuje pewną hermetyzacją zagadnień w odrębnych obszarach naukowych. W tym kontekście szczególnie istotne wydają się pewne, z założenia interdyscyplinarne, inicjatywy naukowe, takie jak na przykład konferencje organizowane cyklicznie przez międzynarodowe towarzystwo sztuki, matematyki i architektury (ISAMA)¹¹; czasopismo: *Nexus Network Journal – Architecture and Mathematics*¹², czy interdyscyplinarne konferencje *Generative Art* organizowane przez Uniwersytet w Mediolanie od 12 lat¹³. Te i podobne inicjatywy naukowe stwarzają grunt dla dialogu, który (w niektórych przypadkach) dotyczy wprost podjętego w pracy tematu badawczego. Wybrane artykuły, przytoczone w pracy, są ujęte w bibliografii.

Pierwsze publikacje interpretujące złożoność architektoniczną w ujęciu teorii chaosu deterministycznego ukazywały pod koniec lat 90. minionego wieku. Wśród nich istotne znaczenie, miały badania na gruncie teorii i krytyki architektonicznej prowadzone przez Charlesa Jencksa. W 1997 roku jedno z wydań renomowanego i popularnego czasopisma *Architectural Design* zostało poświęcone tej tematyce¹⁴. W tym samym roku ukazała się książka Jencksa: *The Architecture of the Jumping Universe*¹⁵. W 2002 roku pojawiła się kolejna publikacja: *The New Paradigm in Architecture*¹⁶, szerzej dyskutowana w niniejszej pracy. Jencks sformułował tam dwa paradygmaty definiujące potencjalne kierunki rozwoju twórczości architektonicznej: paradygmat złożoności i paradygmat fraktalności. Wśród badań dotyczących problematyki pracy w szerszym kontekście, należy wskazać czterotomowe dzieło Christofera Alexandra: *The Nature of Order*¹⁷, z 2004 roku oraz liczne publikacje Nikosa A. Salingarosa¹⁸ (również matematyka i architektka). Wśród późniejszych publikacji, o interpretacji złożoności w architekturze traktuje m.in. jedno z wydań *Architectural Design: Versatility and Vicissitude*¹⁹ (2008).

Zupełnie inny charakter mają badania Carla Bovilla, Michaela Batty, Paula Longleya, Juvala Portugali, Rona Eglasha. Autorzy stosują odpowiednie analizy stricte matematyczne lub geometryczne. Bovill w pracy *Fractal Geometry in Architecture and Design*²⁰ na (m.in.) kanwie architektury F.L. Wrighta omawia metodę obliczania wymiaru fraktalnego w kompozycji. Metoda ta była stosunkowo często cytowana w innych opracowaniach nauko-

¹⁰ m.in: *Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, International Journal of Chaos Theory and Applications*.

¹¹ *The International Society of the Arts, Mathematic and Architecture*, <http://www.isama.org/>

¹² Patrz: <http://www.nexusjournal.com/>

¹³ Patrz: <http://www.generativeart.com/>

¹⁴ *New Science = New Architecture?*, AD Profile No 124, ed. Jencks C., John Wiley & Sons, Londyn 1997.

¹⁵ Jencks C., *The Architecture of the Jumping Universe*, Academy Editions, Londyn 1995.

¹⁶ Jencks C., *The New Paradigm in Architecture*. Yale University Press, 2002.

¹⁷ Alexander C., *Nature of Order*, CES Publishing 2001-2004 (Books 1,2,3,4).

¹⁸ Salingaros N., "Connecting the Fractal City", *5th Biennial of towns (...)*, Barcelona 2003.

¹⁹ *Versatility and Vicissitude(...)*, AD Profile No 192, ed. Hensel M., Menges A., Wiley & Sons, Londyn 2008.

²⁰ Bovill C., *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Brikhaeuser, Boston, USA 1996.

wych²¹. Badania Batty, Longleya, Portugali koncentrują się na zastosowaniu elementów teorii chaosu w opisie przestrzeni urbanistycznej. Praca *Fractal Cities*²² prezentuje metody zastosowania geometrii fraktalnej w analizie struktury rozwoju miast. Portugali²³ twierdzi, że miasta są systemami samoorganizującymi się i dowodzi tą śmiałą tezę odwołując się do teorii automatów komórkowych w opisie wzrostu urbanistycznego. Specyficzną tematykę porusza Eglash²⁴ interpretujący architekturę osadnictwa afrykańskiego w aspekcie geometrii fraktalnej. O chaosie i złożoności w architekturze traktuje także książka pod redakcją Nicoletty Sali z 2007 roku²⁵.

Na gruncie nauki polskiej zagadnienie poruszane było stosunkowo rzadko. Przykładem obszerniejszej wypowiedzi jest monografia Jadwigi Żarnowieckiej: *Przestrzeń informatyczna i architektura regionalna*²⁶ (2004 r.), odwołująca się do badań Bovilla i analizująca zastosowanie wymiaru fraktalnego w kompozycji elewacji zabudowy regionalnej. Temat zastosowania form fraktalnych w architekturze (za pomocą metody IFS) podjęty został przez Piotra Furmanka w dysertacji doktorskiej²⁷. Inne opracowania upowszechniane były w ostatnich latach w formie publikacji konferencyjnych lub artykułów naukowych autorstwa m.in.: Jacka Kościuka i Jadwigi Sławińskiej²⁸, Krystyny Pokrzywnickiej²⁹, Aleksandry Satkiewicz-Parczewskiej³⁰, Barbary Widery³¹. O nowej architekturze opartej na geometrii fraktalnej czytamy w artykule Marii Żychowskiej³² (2006 r.) oraz Irmy Koziny³³ (2007 r.). Zastosowaniu elementów teorii chaosu deterministycznego w symulacjach urbanistycznych poświęcone są prace doktorskie Miachała Beima³⁴ (2007 r.) i Tomasza Rozwadowskiego³⁵ (2006 r.).

BADANIA STANOWIĄCE KONTEKST DLA ANALIZ PROWADZONYCH W PRACY

Przedstawiona dotychczas kwerenda źródłowa charakteryzuje udokumentowany stan wiedzy w dziedzinie bezpośrednio dotyczącej podjętego w pracy problemu badawczego, to znaczy (ogólnie) interpretacji znaczenia teorii chaosu deterministycznego dla analizy i kreacji złożonych form architektonicznych. Jednakże przy założeniu rozdzielnego trakto-

²¹ m.in.: Soos A., Lima A. P., "Fractal analysis of architectural objects", *ISAMA 2002*, Freiburg 2002; Lorenz W.E., *Fractals and Fractal Architecture*, Wiedeń 2002.

²² Batty M., Longley P., *Fractal Cities*, Academic Press, Londyn 1994.

²³ Portugali J., *Self-Organizing and the City*, Springer, Berlin 1999.

²⁴ Eglash R., *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*, Rutgers University Press, 1999.

²⁵ Sala N., *Chaos and Complexity in Arts and Architecture*, Nova Science Publisher, Hauppauge 2007.

²⁶ Żarnowiecka J. C., *Przestrzeń informatyczna i architektura regionalna*, Politechnika Białostocka, 2004.

²⁷ Furmanek P., *Struktury fraktalne jako źródło inspiracji w kształtowaniu formy architektonicznej*, PW 2002.

²⁸ Sławińska J., Kościuk J., "Ład, chaos i architektura", *Architectus* 2 (8), Wrocław 2000, s. 55-60.

²⁹ Pokrzywnicka K., "O próbach poszukiwania odniesień ładu do chaosu, czy też chaosu do ładu w rozwoju myśli architektonicznej", Konferencja *Architektura współczesna wobec natury*, Gdańsk 2002.

³⁰ Satkiewicz-Parczewska A., "Chaos a natura architektury aleatorycznej", Konferencja *Architektura współczesna wobec natury*, Gdańsk 2002; Satkiewicz-Parczewska A., *Kompozycja architektoniczna i jej percepcja*, Politechnika Szczecińska 2001, s. 207-210.

³¹ Widera B., „Matematyka chaosu (...)”, Materiały VI symposium *Moda w Architekturze*, Rybna 2001.

³² Żychowska M. J., „Nowa architektura” [w:] *TEKA Komisji AUiSK, AR*, Lublin 2006, s. 73-79.

³³ Kozina I., „Chaos i uporządkowanie oraz ich znaczenie dla interpretacji form architektonicznych”, *Alma Mater*, nr 91 (2007/04), Kraków 2007.

³⁴ Beim M., *Modelowanie procesu suburbanizacji (...)*, UAM, Poznań 2007.

³⁵ Rozwadowski T., *Dynamika przemian przestrzennych miasta*, Politechnika Gdańska WA, 2006.

wania wymienionych obszarów naukowych, każdy z nich posiada swoją odrębną, bardziej rozbudowaną literaturę.

W dziedzinie architektury (architektury współczesnej) wyróżnić można szereg wypowiedzi naukowych traktujących o porządku, przypadkowości i złożoności formalnej. Propozycję interpretacji tych pojęć przedstawia Sylwia Stöbe w pracy *Chaos und Ordnung in der modernen Architektur*³⁶. W interpretacji 'chaosu' autorka nie odwołuje się jednak teorii matematycznych, a dywagacje prowadzone są raczej w płaszczyźnie filozoficznej oceny idei twórczych. Istotną i ciągle aktualną wykładnią interpretacji teorii kompozycji formy architektonicznej jest znana praca Juliusza Żórawskiego³⁷, która stanowi istotny kontekst dla prezentowanych w pracy rozważań o teorii budowy form złożonych. Kluczowe znaczenie mają opracowania charakteryzujące podłoże, założenia i znaczenie współczesnych trendów w architekturze (m.in. dekonstrukcja, fałdowanie, metabolizm, nowa architektura organiczna³⁸), prace poddające krytyce konkretne realizacje lub twórczość określonych architektów. Publikacje zostały przedstawione w tekście niniejszej pracy oraz w zestawieniu bibliografii. Z uwagi na znaczną ilość cytowanych badań, ich zestawienie mija się z celem. Można zwrócić natomiast uwagę na określone serie, np. *IT-Revolution in Architecture* pod redakcją Antonino Saggio, w ramach której ukazało się kilkanaście pozycji analizujących problematykę najnowszej kreacji twórczej w architekturze oraz nowatorskich metod projektowych stosowanych przez współczesnych architektów.

Zagadnienie dotyczące teorii chaosu upowszechnione zostały w szeregu prac naukowych na przestrzeni lat 70., 80. i 90. minionego stulecia. Wśród kluczowych, najczęściej cytowanych, wyróżnić trzeba publikację Benoita B. Mandelbrota: *The Fractal Geometry of Nature*³⁹. Praca jest niewątpliwie fundamentalnym dziełem dla omawianej dyscypliny naukowej. Jednocześnie znacząco odbiega ona od kanonów fachowej literatury matematycznej. Definiując pojęcie fraktali, Mandelbrot wielokrotnie odwołuje się do skojarzeń ze światem przyrody jak również (choć w mniejszym zakresie) – skojarzeń w obszarze sztuki. Wśród licznych publikacji, których tłumaczenia ukazały się drukiem na polskim rynku wydawniczym w latach 90. istotną wykładnią zagadnienie stanowi dwutomowe dzieło Peitgena, Jürgensa i Sapue⁴⁰ oraz praca Covneya i Highfielda⁴¹. W 2002 roku ukazało się natomiast (tylko na języku angielskim) niezwykle dzieło amerykańskiego matematyka Stephena Wolframa: *A New Kind of Science*⁴². Praca ta, o objętości ponad 1200 stron, poświęcona jest analizie złożoności oraz zagadnienia 'porządku wyższego rzędu', w rozumieniu zbliżonym do prezentowanego w niniejszej pracy. Badania cytowane są w rozdziale 3. Odrębną kategorię stanowią publikacje dotyczące zastosowań teorii chaosu deterministycznego w innych obszarach nauki. Choć nie mają bezpośredniego zastosowania w niniejszej pracy, to stanowią przesłankę naukową, co do zasadności prowadzenia zało-

³⁶ Stöbe S., *Chaos und Ordnung in der modernen Architektur*, Strauss Verlag, Podstdam 1999.

³⁷ Żórawski J., *O budowie formy architektonicznej*, Arkady 1973.

³⁸ Pearson D., *New Organic Architecture (...)*, University of California Press, Los Angeles 2001.

³⁹ Mandelbrot, B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York, USA 1983.

⁴⁰ Peitgen H.O., Jürgens H., Saupe D., *Granice chaosu – fraktale*, PWN, Warszawa 1996.

⁴¹ Covney P., Highfield R., *Granice złożoności*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.

⁴² Wolfram S., *A New Kind of Science*, Wofram Media Inc., 2002.

zonych w niej badań. Wśród periodyków wymienić można: *The International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering*⁴³, gdzie (choć bardzo rzadko) pojawiają się artykuły pośrednio dotyczące zagadnień architektonicznych.

WCZEŚNIEJSZE BADANIA WŁASNE AUTORA

W latach 1996-2000 autor prowadził wstępne badania własne, dotyczące problematyki, która kontynuowana jest w niniejszej pracy. Część badań została opublikowana w wydawnictwach konferencji krajowych i zagranicznych oraz w formie artykułów naukowych. Siedem pozycji przytoczonych jest w pracy i wymienionych w zestawieniu bibliograficznym. Najistotniejszy jest artykuł wygłoszony na konferencji ICGG w Johannesburgu w 2000 roku: *Chaos and Geometric Order in Architecture and Design*, który został następnie przedrukowany w czasopiśmie naukowym: *Journal for Geometry and Graphics*⁴⁴. Pozycja ta była cytowana w innych pracach badawczych m.in. w artykułach Bradleya Brauna (2007)⁴⁵ oraz w najnowszej książce prof. Carlosa Reynoso z Uniwersytetu w Buenos Aires (2010)⁴⁶. Wcześniej publikacje były cytowane przez Krystynę Pokrzywnicą (2002)⁴⁷ oraz Aleksandrę Satkiewicz-Parczewską (2001)⁴⁸. Po 2000 roku, autor kontynuował prace badawcze nad tym tematem, lecz nie publikował ich wyników. Synteza badań prowadzonych w latach 2001 – 2010 została przedstawiona w niniejszej pracy.

⁴³ Patrz: <http://www.worldscinet.com/ijbc/>

⁴⁴ Rubinowicz P., "Chaos and Geometric Order in Architecture and Design", *Journal for Geometry and Graphics*, Volume 4, Number 2, Heldermann Verlag, Lemgo 2000, s. 197-207; *Proceedings of 9th ICGG, Johannesburg, South Africa 2000*, s. 127-128.

⁴⁵ Braun B., "The Dance of Disorder: Can an Understanding of Chaos and Fragmentation Lead to a Design Approach for a Socially Inclusive Public Realm?", *EAD07: Dancing With Disorder: Design, Discourse & Disaster*, Izmir (Turcja) 2007; Braun B., "Architecture as Social Practice: the Negotiation of Space", *FICYUrb – ISCTE/CIES*, Lisboa 2007.

⁴⁶ Reynoso C., *Análisis y diseño de la ciudad compleja (...)*, Editorial Sb, Buenos Aires 2010.

⁴⁷ Pokrzywnicka 2002, op. cit.

⁴⁸ Satkiewicz-Parczewska 2001, op. cit.

ROZDZIAŁ 2. CZĘŚĆ STUDIALNO-ANALITYCZNA

Kreowanie form złożonych w architekturze współczesnej

2.1. CELE, ZAKRES I METODA BADAŃ

CELE BADAŃ

1. Wykazanie tendencji do kreowania form złożonych w architekturze współczesnej

Badania omówione w tej części pracy zmierzają do wyodrębnienia w architekturze współczesnej tendencji do kształtowania złożonych uformowań przestrzennych i dalszego jej przeanalizowania. Zakłada się przy tym, że tendencja ta jest: a) ogólna – czyli dotyczy twórczości większej grupy architektów oraz obejmuje różne nurty i style, b) niewyłączna – czyli stanowi jedną, lecz nie jedyną z gałęzi rozwoju współczesnej architektury.

2. Analiza przyczyn stosowania złożoności w kreacji architektonicznej

Realizacja tego celu badawczego polega na ustaleniu przyczyn, dla których niektórzy współcześni architekci decydują się na stosowanie wysokiej złożoności w kształtowanych przez nich obiektach. Co inspiruje ich do takich działań? Dlaczego korzystanie z prostych rozwiązań formalnych okazuje się niewystarczające? Czy dążenie do złożoności jest efektem zamierzonych decyzji projektowych, czy raczej wynika z intuicji twórczej?

3. Wyodrębnienie metod kształtowania form złożonych w architekturze

Ten obszar badań ukierunkowany jest z kolei na rozpoznanie i przeanalizowanie metod kształtowania złożonych kompozycji przestrzennych w architekturze współczesnej. W jaki sposób są one formowane? Czy istnieją tu pewne prawidłowości? Czy w twórczości różnych architektów można wskazać podobne kierunki poszukiwań formalnych? Jakimi metodami uzyskiwana jest złożoność kompozycyjna we współczesnej architekturze?

ZAKRES BADAŃ

Badania omówione w tej części pracy dotyczą zagadnienia złożoności w budowie współczesnej formy architektonicznej. Są one więc ukierunkowane na taki obszar najnowszych poszukiwań twórczych, w którym obserwujemy wyraźne dążenia autorów do uzyskiwania wysokiej złożoności kształtowanych obiektów. Badania nie zmierzają przy tym do oceny i wartościowania cytowanych projektów i realizacji. Polegają raczej na obiektywnej interpretacji kompozycji oraz na wyodrębnianiu określonych reguł budowy formalnej. Dobór

przykładów architektonicznych oraz zakres prowadzonych analiz podporządkowany jest realizacji ustalonych celów badawczych (scharakteryzowanych wcześniej).

Pojęcie złożoności w architekturze może być interpretowane również w szerszym kontekście. Może ono dotyczyć także aspektów poza formalnych, jak choćby kształtowania rozwiązań funkcjonalnych, konstrukcyjnych i technicznych⁴⁹. Analiza tych i podobnych⁵⁰ zagadnień wykracza jednak poza przyjęty zakres badań. Ich przedmiotem jest wyłącznie forma architektoniczna⁵¹ oraz geometrycznie opisywalne metody jej tworzenia. Problematyka funkcji i konstrukcji podejmowana jest jedynie jako niezbędny kontekst dla rozpoznania zasad budowy formalnej omawianych przykładów.

Zakres badań ograniczony jest też w przedziale czasowym i odnosi się do określonego okresu rozwoju architektury. Generalnie, badania dotyczą architektury współczesnej, co nie jest jednak jednoznaczne i wymaga ściślejszego sprecyzowania. Analizie problemowej poddawane są realizacje i projekty z ostatnich 30 lat, a więc w okresie od 1980 do 2010 roku⁵². Przy czym większość z przewidzianych do omówienia obiektów powstała w obecnym wieku, a więc po roku 2000⁵³. Od ustalonej tu zasady przyjęte są dwa wyjątki. Pierwszy, dotyczy rozdziału 2.2. – analizującego w sposób ogólny i ponadczasowy znaczenie złożoności w architekturze. Drugi, dotyczy rozdziału 2.5 – charakteryzującego metodę rozproszenia, gdzie (w niezbędnym zakresie) przytaczane są także wybrane realizacje z lat 60. i 70⁵⁴. Odpowiednie nurty i style architektoniczne zostały wyodrębnione w charakterystyce badań (omówionych w kolejnych rozdziałach).

Poza przyjętą cezurą czasową nie założono dalszych ograniczeń w doborze omawianych projektów i realizacji. Prezentowane obserwacje mają charakter uniwersalny i ponad lokalny. Dotyczą architektury światowej. Wyznaczone wcześniej cele nie wymagają dodatkowego zawężania zakresu badań. Jego ograniczenie np. tylko do architektury wybranych krajów byłoby nieuzasadnione. Niemniej, przeważającą część cytowanych przykładów stanowią realizacje na terenie Europy. Wynika to z faktu, że zostały one udokumentowane i lepiej rozpoznane przez autora podczas wyjazdów studialnych⁵⁵.

⁴⁹ Można tu przytoczyć choćby wyabstrahowany obiekt o niezwykle prostej formie i bardzo złożonej (rozproszonej, wieloskładnikowej) funkcji. Będzie on też przykładem stosowania złożoności w architekturze – możliwej do naukowego analizowania, jednak wykraczającej poza zakres niniejszej pracy.

⁵⁰ Inne przykłady złożoności poza formalnej przytoczone są w rozdziale 4.1.

⁵¹ Forma architektoniczna, a więc materialnie istniejący (lub przewidziany do zbudowania) kształt obiektu architektonicznego z uwzględnieniem zastosowanych materiałów i kolorystyki.

⁵² Przedstawiony zakres czasowy został ustalony w taki sposób, by objął on rozwój myśli architektonicznej począwszy do pierwszych realizacji architektury dekonstrukcji, aż po czas obecny.

⁵³ Nieliczne – są nadal w trakcie budowy.

⁵⁴ M.in. odwołania do twórczości metabolitów japońskich.

⁵⁵ Zrealizowanych w latach 2005-2008 i dokumentujących wybrane realizacje architektów (wymienionych dalej alfabetycznie): Vito Acconci, Will Alsop, Manuel Brullet, Peter Cook, Mamen Domingo, Peter Eisenman, Ernest Ferré, Norman Foster, Colin Fournier, Frank O. Gehry, Nicholas Grimshaw, Zaha Hadid, Jacques Herzog, Nikolaus Hirsch, Hans Hollein, Friedensreich Hundertwasser, Rüdiger Lainer, Daniel Libeskind, Wolfgang Lorich, Richard Meier, Pierre de Meuron, Enric Miralles, Rafael Moneo, Jean Nouvel, Laurids Ortner, Dolores Palacios, Ieoh Ming Pei, Dominique Perrault, Renzo Piano, Albert de Pineda, Wolf D. Prix, Richard Rogers, Federico Soriano, Johan Otto von Spreckelsen, Helmut Swiczinsky, Benedetta Tagliabue, Bernard Tschumi, Jean-Paul Viguier, Andrea Wandel.

METODA BADAŃ

Założona metoda badań polega na podporządkowaniu systematyki przytaczanych przykładów określonym wzorcom kształtowania formy architektonicznej⁵⁶. Dobór tych wzorców został przyjęty przez autora tak, by jak najpełniej ująć różne aspekty złożoności formalnej w architekturze współczesnej. Wyróżnione zostały trzy konkretne metody konstruowania formy: rozbicie, deformacja i rozproszenie⁵⁷. Klasyfikacja cytowanych rozwiązań przestrzennych, wynikająca ich przynależności do określonych nurtów architektonicznych (wyodrębnianych na gruncie krytyki⁵⁸) przedstawiana jest tu w tle. Nadrzędna jest ich systematyka według ustalonych w pracy wzorców budowy formalnej.

Kolejne metody formowania (rozbicie, deformacja i rozproszenie) opisane zostały w rozdziałach: 2.3, 2.4, 2.5. Każdy z nich zawiera następujące elementy⁵⁹: a) ogólne omówienie danej metody, przedstawione na odpowiednim schemacie; b) analizę jej relacji do założeń określonych nurtów architektonicznych; c) przykłady projektów i realizacji, w których dana metoda została zastosowana (przez różnych autorów). Szkielet ten uzupełniany jest o inne analizy i symulacje komputerowe, co dodatkowo poszerza charakterystykę omawianych metod (wzorców kształtowania współczesnej formy architektonicznej). Inną strukturę i metodę badań⁶⁰ zastosowano w rozdziale 2.2. Pełni on funkcję wprowadzenia. Zmierza do rozpoznania ogólnego znaczenia złożoności w architekturze.

CHARAKTERYSTYKA BADAŃ

Rozdział 2.2. Znaczenie złożoności w architekturze

Stanowi on wprowadzenie do zagadnień podejmowanych w części studialno-analitycznej. Badania pozbawione są określonej cezurury czasowej. Przytaczane są zarówno przykłady realizacji historycznych jak też współczesnych. Wywód zmierza przede wszystkim do wykazania wartości estetycznych, prezentowanych przez złożone uformowania przestrzenne. Celem jest też naświetlenie możliwie szerokiego pola interpretacji pojęcia złożoności w architekturze. Podejmowane są kolejno następujące zagadnienie dotyczące: a) koegzystencji porządku i złożoności w przestrzeni zbudowanej; b) złożoności jako głównej cechy krajobrazu naturalnego; c) percepcji form złożonych (m.in. w kontekście pojęcia *złożoności optymalnej*⁶¹); d) sposobów kompozycyjnego definiowania złożoności⁶²; e) znaczenia

⁵⁶ Wzorzec – a więc określony schemat lub metoda tworzenia formy.

⁵⁷ Nazwy metod zostały przyjęte przez autora. Ich definicje przedstawione są w rozdziale 4.1.

⁵⁸ Klasyfikacja nurtów architektonicznych w okresie od 1980-2010 nie zawsze jest jednoznaczna. Wynika to przede wszystkim z braku odpowiedniego dystansu czasowego dla oceny obserwowanych tam zjawisk. Zagadnienie różnie jest interpretowane na gruncie teorii i krytyki architektonicznej. Między innymi z tego względu przyjęto założenie podporządkowania obszaru badawczego niezależnej systematyce wzorców.

⁵⁹ W poszczególnych rozdziałach, kolejność wyszczególnionych dalej elementów nie zawsze jest zachowywana. W niektórych przypadkach omówienie kontekstu architektonicznego poprzedza prezentację metody. Wynika to z dążenia autora do uzyskania większej czytelności wyводу.

⁶⁰ Metoda badań jest w tym przypadku bardziej ogólna. Polega na syntezie materiałów źródłowych, porównywaniu wybranych przykładów architektonicznych oraz na analizie różnych spostrzeżeń autora.

⁶¹ Pojęcia omawiane było w badaniach K. Lenartowicza. Patrz: rozdział 2.2.

⁶² M.in. w nawiązaniu do klasyfikacji złożoności wg N. Reschera. Patrz: rozdział 2.2.

tego pojęcia dla współczesnej myśli architektonicznej. Rozdział zamyka skrótowa systematyka interpretacji złożoności na tle rozwojowym architektury w 20. wieku i w czasach najnowszych (modernizm, postmodernizm eklektyczny, neomodernizm, minimalizm, dekonstruktywizm, *folding* architektoniczny i architektura blobów).

Rozdział 2.3. Metoda rozbicia

Celem badań jest rozpoznanie zastosowań metody rozbicia dla kształtowania złożonych rozwiązań przestrzennych w architekturze. Metoda ta traktowana jest jako jeden z trzech wzorców formalnych (obok deformacji i rozproszenia), które wprowadzone są celem lepszego usystematyzowania cytowanych przykładów. Metoda rozbicia jest silnie związana z architekturą dekonstrukcji. Jej zasada jest głównie wynikiem próby syntezy różnych działań formalnych zaobserwowanych w tym nurcie przez autora. W rozdziale podejmowane są kolejno następujące zagadnienie dotyczące: a) genezy dekonstruktywizmu architektonicznego; b) geometrycznej definicji metody rozbicia; c) określenia relacji tej metody do założeń nurtu dekonstrukcji; d) analizy różnorodnych aspektów jej zastosowania w architekturze. Zakres analiz obejmuje projekty oraz realizacje z lat 80. i 90. minionego wieku. Cytowana jest twórczość architektów: Bernarda Tschumiego, Petera Eisenmana, grupy Coop Himmelb(l)au, Daniela Libeskinda oraz Zahy Hadid.

Rozdział 2.4. Metoda deformacji

Badania ukierunkowane są na analizę zastosowań metody deformacji do kształtowania złożonych rozwiązań przestrzennych w architekturze. Podejmowane są kolejno następujące zagadnienie dotyczące: a) ogólnej tendencji do stosowania w architekturze form o płynnych kształtach; b) geometrycznej definicji metody deformacji w kontekście topologii matematycznej; c) dalszej analizy tej metody z zastosowaniem symulacji komputerowych autora; d) genezy nurtu fałdowania w architekturze oraz określenia jego relacji do założeń dekonstruktywizmu; e) analizy przykładów zastosowań deformacji w kreacji architektonicznej⁶³; f) tendencji do jednoczenia różnorodnych i naturalnie rozłącznych elementów formy architektonicznej⁶⁴; g) wpływu cyfrowych technologii budowlanych (CNC) oraz nowych technik modelowania komputerowego (NURBS, modelowanie parametryczne) na poszerzenie zakresu poszukiwań formalnych w architekturze; h) genezy nurtu architektury blobów – na tle nowych metod modelowania komputerowego. Cytowane są wybrane przykłady twórczości 32 architektów – z ostatnich 20 lat (począwszy od lat 90.)⁶⁵.

Rozdział 2.5. Metoda rozproszenia

Celem badań jest rozpoznanie znaczenia oraz możliwych zastosowań metody rozproszenia dla kształtowania złożonych rozwiązań przestrzennych w architekturze. Podejmowane są kolejno następujące zagadnienie dotyczące: a) geometrycznej definicji metody rozproszenia; b) zastosowania czynnika losowego w kształtowaniu kompozycji architektonicznej;

⁶³ Wyróżniona jest w tym twórczość architektów, którzy związani byli wcześniej z nurtem dekonstrukcji.

⁶⁴ Dotyczy to przykładowo dążeń do płynnego łączenia wnętrza i zewnątrz obiektu architektonicznego. Działania takie widoczne są u wielu architektów. Wynikają często z inspiracji ideą fałdowania (*foldingu*) prezentowaną na gruncie filozofii przez Gilles'a Deleuze'a.

⁶⁵ Lista architektów, do których twórczości odwoływano się badaniach, zamieszczona jest w rozdziale 4.1.

c) wykazania możliwości ścisłego projektowania form rozproszonych⁶⁶; d) genezy stosowania tych form w architekturze; e) ich dalszej klasyfikacji (na formy rozproszone dynamiczne i statyczne); f) analizy przykładów zastosowań metody rozproszenia w kształtowaniu współczesnych rozwiązań elewacyjnych (z rozróżnieniem uformowań statycznych i dynamicznych); g) wskazania przykładów użycia metody w kreowaniu rozwiązań przestrzennych (a więc dotyczących całej struktury przestrzennej obiektu, a nie tylko jego powierzchni); h) metod projektowania form rozproszonych⁶⁷. Cytowane będą wybrane przykłady twórczości 20 architektów – z okresu 1960-2010⁶⁸, przy czym większość omawianych realizacji powstała w latach 90. i w obecnym wieku.

⁶⁶ Konstrukcja form rozproszonych zakłada obecność czynnika losowego. Losowość taktowana jest jednak jako dodatkowy komponent procesu formowania, który może być użyty w określony sposób i w ustalonym zakresie. Oznacza to możliwość precyzyjnego stosowania metody rozproszenia w projektowaniu.

⁶⁷ Intuicyjne projektowanie form rozproszonych konfrontowane jest z metodami opartymi o zastosowanie odpowiednich algorytmów komputerowych. Omawiane są wybrane techniki modelowania komputerowego opracowane wcześniej przez autora i zastosowane w praktyce projektowej.

⁶⁸ Lista architektów, do których twórczości odwoływano się w badaniach, zamieszczona jest w rozdziale 4.1.

2.2. ZNACZENIE ZŁOŻONOŚCI W ARCHITEKTURZE

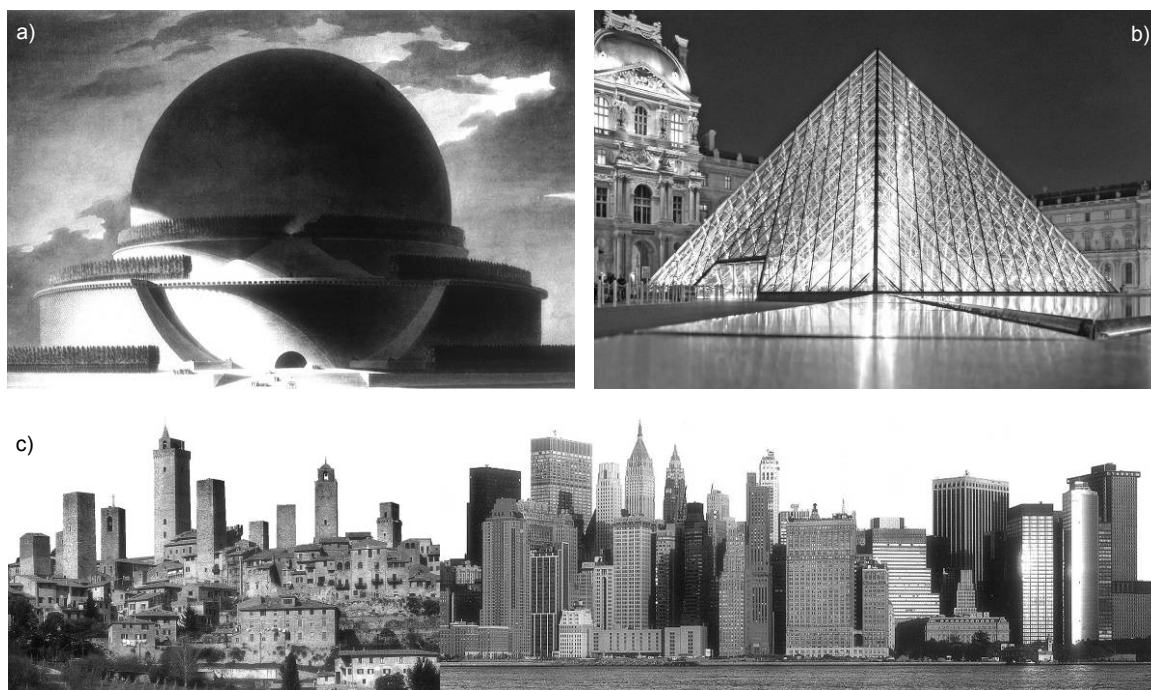
W prawie całym przebiegu historii porządek geometryczny był kluczowym narzędziem kształtowania obiektów architektury. Podkreślał on znaczenie kreowanych budowli, nadawał im wyższą rangę, monumentalność lub nawet wymiar sakralny. Stosowanie prostych form i czytelnych relacji przestrzennych wyróżniało dzieło człowieka na tle bardziej złożonych form kreowanych przez naturę. W ujęciu Platona źródłem piękna była właśnie geometria, a więc to co proste, wytworzone przez cyrkle, sznurki ciesielskie i miary kątowe⁶⁹. Osią jego filozofii jest więc supremacja form idealnych nad złożonymi – lub ujmując to inaczej – form podporządkowanych określonym regułom kompozycji nad tymi, które ukształtowane zostały w sposób swobodny i nieregularny. Podobna doktryna widoczna jest w rozwoju myśli architektonicznej na przestrzeni dziejów. Piramidy w Gizie, świątynie doryckie, czy też gotyckie katedry zbudowane są wedle czytelnych zasad porządku geometrycznego. Stopień złożoności przytoczonych przykładów jest oczywiście różny, jednak w każdym przypadku obserwujemy symetrię, rytmy oraz odpowiednio ustalone proporcje. Cechy ascetycznego piękna, wynikającego z prostoty formy, zauważyć można w klasycystycznym projekcie teoretycznym mauzoleum Izaaka Newtona autorstwa francuskiego architekta Étienne’a-Louisa Boulléego (ryc. 3a). Podobnie cechy dostrzegamy w wielu współczesnych realizacjach. Przykładem tego może być szklana piramida na dziedzińcu Luwru, odwzorowująca geometryczne proporcje egipskiego archetypu⁷⁰ (ryc. 3b).

Z drugiej strony, dążenie do czytelnej kompozycji nie jest jedynym wyznacznikiem organizacji środowiska zbudowanego przez człowieka. W całej historii, obok *idealnych* budowli powstawały obiekty, w których realizacja zasad pełnego porządku była kompromisem z możliwościami finansowymi i wymaganiami funkcjonalnymi. Często też niska ranga obiektu nie predestynowała do traktowania jego formy w sposób szczególny. Ponadto, kształtowanie przestrzeni architektonicznej nie jest zwykle zdarzeniem jednorazowym lecz nieustannym procesem, na który składają się częste modernizacje, wyburzenia i adaptacje istniejących obiektów, nawiązujące do zmieniających się potrzeb. W skali miast, nawarstwianie wspomnianych działań powoduje zróżnicowania, które nie są już wyłącznie wynikiem świadomego planowania, lecz również – przejawem swobodnych przekształceń, pod wpływem których przestrzeń architektoniczna nabiera cech większej złożoności. Z punktu widzenia architektury, zajmującej się organizacją tej przestrzeni, może to stanowić wyraz dewaluacji wprowadzanego porządku. Co za tym idzie, może być traktowane jako zjawisko niepożądane, niszczące ustalony ład. Mając jednak na uwadze szereg znanych

⁶⁹ Platon, *Fileb*, wyd. ANTYK Marek Derewiecki, 2002.

⁷⁰ Szklana piramida na dziedzińcu Luwru, usytuowana nad wejściem do kompleksu muzealnego, ukształtowana jest zgodnie z proporcjami Wielkiej Piramidy w Gizie. Paryska realizacja arch. Ieoh Minga Pei budzi często kontrowersje z uwagi na śmiałą ingerencję w historycznie złożenie pałacu królewskiego.

miejsc, jak przykładowo średniowieczną Sienę (ryc. 4a), San Gimignano (ryc. 3c), centrum historyczne Barcelony⁷¹, czy wreszcie panoramę Nowego Jorku (ryc. 3c), trudno jest oprzeć się wrażeniu, że pewien „bałagan przestrzenny”, powodowany przez przypadkowe zagęszczenie i przemieszanie formy, może kryć swoiste piękno – znacznie odbiegające jednak od przedstawionej wcześniej interpretacji proponowanej przez Platona. Odnaleźć je można zatem również w *złożoności* form i przestrzeni.



Ryc. 3. Geometryczny porządek manifestujący prostotę formy i kształtowana spontanicznie złożoność – jako różne bieguny estetyki w architekturze: a) mauzoleum Izaaka Newtona, proj. Étienne-Louis Boullée, 1784; b) szklana piramida na dziedzińcu Luwru w Paryżu, proj. Ieoh Ming Pei, 1989; c) fotomontaż – panorama włoskiego miasta San Gimignano (po lewej) i fragment panoramy dolnego Manhattanu, Nowy Jork (po prawej). Źródło: a) Goessel, Leuthaeuser, 1990, s. 12; b-c) fot. autora (1998-2006)

Kształtowanie złożonych uformowań w architekturze nie ogranicza się do wspomnianych wcześniej procesów swobodnego wzrostu i przypadkowego nawarstwiania substancji urbanistycznej miast. Na wielu przykładach można wykazać również, że dążenie do uzyskania większej złożoności budowli bywa działaniem świadomym i zamierzonym. Tendencje takie są silnie widoczne w architekturze współczesnej, a szczególnie w ramach nurtów stojących w kontrze do modernistycznych ideałów prostoty i czystości formy. Dowodzi tego między innymi awangardowa realizacja grupy Coop Himmelb(l)au⁷². Nadbudowa poddasza kamienicy przy ulicy Falkestrasse we Wiedniu z lat 80. (ryc. 4e-f) przysporzyła jej autorom światowego rozgłosu, ale wzbudziła też liczne kontrowersje⁷³. Ciekawym zabiegiem może być zestawienie tej złożonej formy z obrazami średniowiecznej

⁷¹ Por. Rubinowicz P., "Chaos and Geometric Order in Architecture and Design", *Journal for Geometry and Graphics*, Volume 4, Number 2, Heldermann Verlag, Lemgo 2000, s. 201 (Proceedings of 9th ICGG, Johannesburg, South Africa 2000, s. 127-128).

⁷² Architekci: Helmut Swiczinski i Wolf D. Prix.

⁷³ Paszkowski Z., *Tradycja i innowacja w twórczości architektonicznej*, Szczecin 1997, s. 93.

Siemy (ryc. 4b-c). Wprawdzie porównanie jest dość nietypowe, to jednak ograniczając się do analizy kompozycji, zauważamy pewne analogie. W obu przykładach obserwujemy mianowicie całkowitą swobodę budowy formy, a w ślad za tym, brak czytelnych zasad organizacji elementów składowych. Jednak krajobraz urbanistyczny Siemy wydaje się być znacznie łatwiejszy do zaakceptowania przez przeciętnego odbiorcę niż dekonstruktywistyczna wizja wiedeńskich architektów. Zatem, o wartościach estetycznych złożonych uformowań przestrzennych decyduje nie tylko sama ich kompozycja, ale także kontekst znaczeniowy – tworzący określony kod jej interpretacji.



Ryc. 4. Złożoność przypadkowych nawarstwień substancji urbanistycznej miasta historycznego oraz dążenie do złożoności jako zamierzone działanie projektowe w architekturze współczesnej: a) spiętrzenie elewacji kamienic średniowiecznej Siemy; b-c) złożona geometria dachów tego miasta w widokach z Torre del Mangia w Palazzo Publico; d) dekonstruktywistyczna wizja The Peak Club w Hongkongu, proj. Zahy Hadid, 1982-1993 (nagroda na konkursie Alfreda Siu)⁷⁴; e, f) nadbudowa budynku nad ulicą Falkestrasse we Wiedniu, proj. grupy architektów Coop Himmelb(l)au, 1983-1988. Źródło: d) Betsky, 1998, s. 24; a-c, e, f) fot. autora (2006)

Złożoność jest typową cechą krajobrazu naturalnego. Żórawski przedstawia argumentację, której fragment warto w tym miejscu przytoczyć: *Naturalny strumień wije się linią krzywą, nieokreśloną. Sfałdowania terenu, góry, nie wykazują żadnych tendencji do regularności i kształty ich robią wrażenie czegoś przypadkowego, fantazyjnego, nie podlegającego prawom geometrycznym*⁷⁵. Autor wspomina jeszcze o chmurach, gwiazdach, układzie drzew w lesie itp. Jednak objawiająca się w naturze złożoność nie przytłacza, a raczej intryguje. Chętniej wypoczywamy w miejscach, gdzie krajobraz jest bardziej urozmaicony

⁷⁴ Jong C. de, Mattie E., *Architectural Competitions 1950-Today*, Taschen Verlag, Kolonia 1994, s. 194-202.

⁷⁵ Żórawski J., *O budowie formy architektonicznej*, Arkady, Warszawa 1973, s. 118.

niż monotony. Jadąc pociągiem częściej wyglądamy przez okno przemierzając górskie przełęcze, niż gdy poruszamy się po płaskich rolniczych równinach⁷⁶. W podobny sposób można analizować przestrzeń zbudowaną przez człowieka. Zbyt regularność oraz powtarzalność działa niekorzystnie na jej odbiorcę i użytkownika. Ciekawszym obszarem miasta jest z reguły centrum, w którym zabudowa jest bardziej intensywna i generuje szereg interakcji, niż przedmieścia – gdzie ulega ona rozrzedzeniu, a wzajemne relacje między obiektami krajobrazu są słabiej zarysowane.

Szerszą analizę złożoności miasta przedstawia Lenartowicz⁷⁷. Operuje on między innymi pojęciem tzw. złożoności optymalnej⁷⁸. Zbyt prosta organizacja przestrzeni może powodować u odbiorcy wrażenie nudy. Nadmierna złożoność prowadzi do braku zrozumienia. Zasada ta dotyczy zarówno percepcji przestrzeni miejskiej, jak również oddziaływania obiektów architektury. Optimum osadzone jest między dwoma biegunami: *zbyt proste* i *zbyt złożone*. Definicja tego *optimum złożoności* zależy od indywidualnej wrażliwości odbiorcy. Wydaje się też, że granica ta zmienia się w czasie. Stopień akceptacji kompozycji złożonych jest współcześnie większy niż przez lata. Malarstwo impresjonistyczne, które niegdyś wzbudzało liczne kontrowersje, nikogo dziś już nie szokuje. W podobny sposób czas oswaja awangardowe realizacje architektury, a wraz z tym obecną w wielu z nich złożoność. Z drugiej strony dostrzegamy ją we wcześniejszych stylach. Przywołać tu można choćby bogatą ornamentykę baroku, zgeometryzowane wzornictwo islamu, czy też niezwykle rozrzeźbione świątynie indyjskie. Złożoność jest również istotną wartością architektury wernakularnej, gdzie charakterystyczne motywy zdobnicze nadają obiektom cech regionalnych. Podobną dbałość o obecność i właściwą jakość detalu zauważamy w twórczości Franka Lloyd Wrighta (ryc. 5b). Wreszcie, o złożoności obiektu architektonicznego decyduje sam dobór materiałów. Drewno jest ciepłe w wyrazie, organiczne i pełne znaków naturalnych takich jak sęki i słoje⁷⁹. Deskowanie odcisnięte w betonowej powierzchni wzbogaca jej fakturę. Niezbyt dokładnie wykonana ściana z cegły zaciągnięta białą farbą, tworzy ciekawszą kompozycję jej powierzchni niż gładki tynk (ryc. 5a).

Współczesne osiągnięcia innych dyscyplin naukowych (matematyczna teoria informacji, nauki systemów i psychologii) pozwalają na lepsze rozpoznanie złożoności w architekturze oraz na jej bardziej precyzyjny pomiar⁸⁰. Amerykański filozof Nicholas Rescher prezentuje wieloaspektową klasyfikację tego pojęcia⁸¹ i wyróżnia aż 9 rodzajów złożoności uszeregowanych w odpowiednie kategorie⁸². W praktyce projektowej operujemy jednak najczęściej rozpoznaniem intuicyjnym. Z łatwością zauważymy obecność regularnej, upo-

⁷⁶ Por. ibidem, s. 119.

⁷⁷ Lenartowicz J. K., "W poszukiwaniu złożoności miasta", *Materiały międzynarodowej konferencji z okazji jubileuszu prof. S. Latoura: Historia Miasta i Współczesność*, Szczecin 2001, s. 78-85.

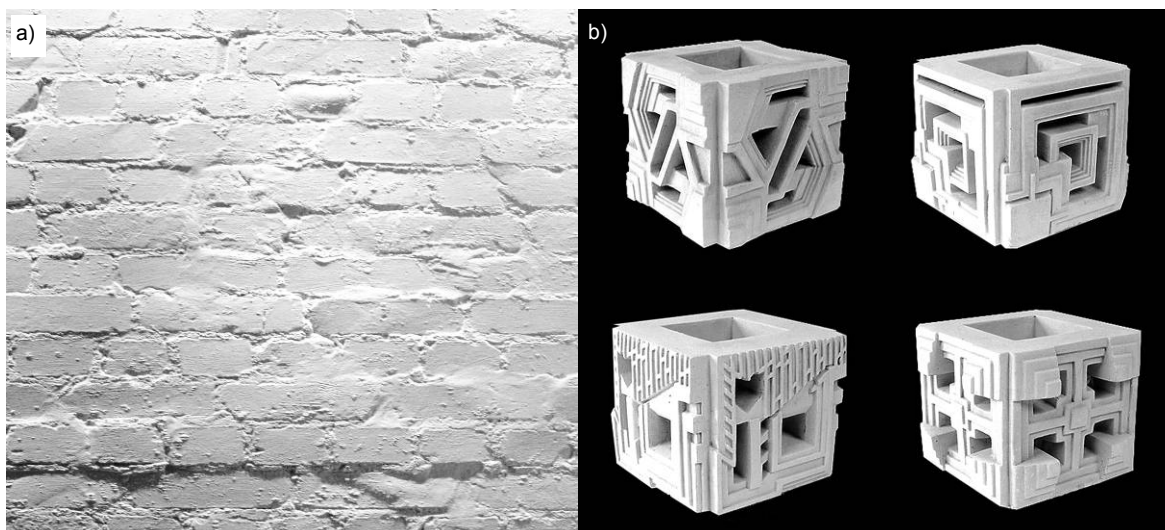
⁷⁸ Patrz też: Lenartowicz J. K., *Słownik psychologii architektury*, Kraków 2005, s. 115.

⁷⁹ Por. Jencks C., *Architektura Postmodernistyczna*, Arkady 1987 (wyd. org. Academy Ed. 1984), s. 72, 76.

⁸⁰ Lenartowicz 2001, op. cit. 78.

⁸¹ Rescher N., *Complexity – A Philosophical Overview*, Transaction Publishers, USA 1998, s.9. Patrz też: Herr C. M., "Generative Architectural Design and Complexity Theory", *Generative Art 2002*, Mediolan 2002.

⁸² Formulaic Complexity (Descriptive –, Generative –, Computational Complexity), Compositional Complexity (Constitutional –, Taxonomical Complexity); Structural Complexity (Organisational –, Hierarchical Complexity); Functional Complexity (Operational –, Nomic Complexity).



Ryc. 5. Złożoność w detalu architektonicznym: a) wrażenie większej złożoności uzyskane poprzez zastosowanie materiału – ściana z cegły malowana białą farbą nadaje jej charakterystyczną frakturę; b) prefabrykowane bloki betonowe zaprojektowane przez F.L. Wrighta i zastosowane w kilku realizacjach kalifornijskich rezydencji z lat 20. (kolejno od góry i od lewej: Barnsdall House, Ennis House, Freeman House, Storer House). Źródło: a) fot. autora, b) Frank Lloyd Wright Foundation

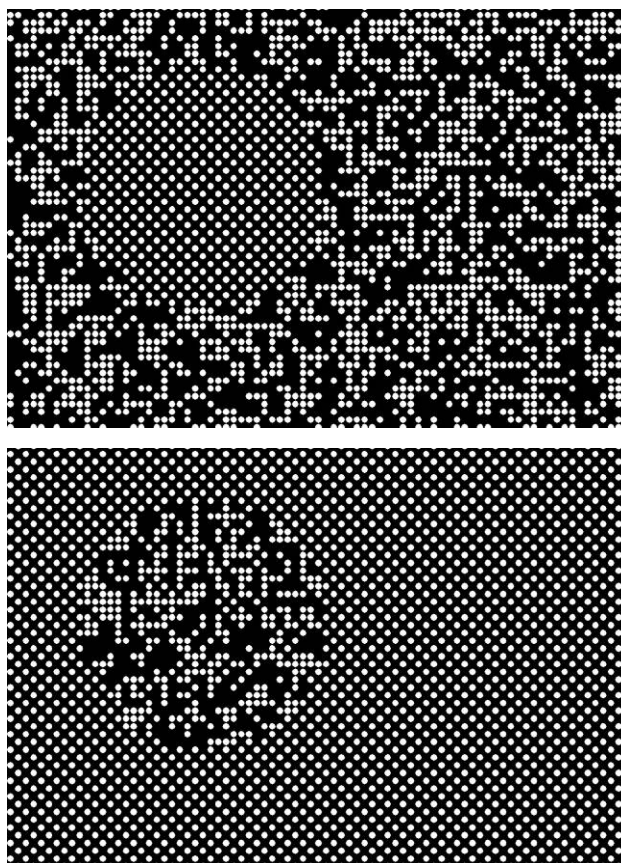
rządkowanej kompozycji na tle bardziej złożonej – i odwrotnie (ryc. 6). Bez wątplenia uznamy też, że dom własny zaprojektowany przez Franka O' Gehry'ego w Santa Monica jest formą bardziej złożoną niż Villa Savoye, Le Corbusiera. Co zatem decyduje o takich, wrażeniowych ocenach? Można prześledzić to na prostych przykładach. Dziesięć rozrzuconych losowo kostek będzie tworzyło mniej złożony układ od analogicznej kompozycji 100 takich elementów. Stopień złożoności zwiększy się dodatkowo, gdy zastosujemy różne typy elementów (np. użyjemy kosek w kilku barwach). Odrębnym aspektem jest ich organizacja, a więc zasada uporządkowania. Jeśli omawiany układ 100 elementów rozplanujemy na regularnej siatce ortogonalnej, to uzyskamy znacząco prostszą kompozycję. Dodanie kolejnych 100, 200, 1000 elementów nie spowoduje silnej zmiany. Podobnie, stopień złożoności wzoru na kartce w kratkę jest niezależny od jej formatu. Z łatwością dostrzegamy obowiązującą zasadę takiej kompozycji, nawet na małym fragmencie kartki.

W oparciu o podobne eksperymenty formalne można zauważyć, że złożoność zależy od ilości i różnorodności elementów składowych formy, oraz że nadrzędną rolę odgrywa tu zasada ich organizacji. Odpowiada to definicjom Reschera: tzw. *złożoności kompozycyjnej i strukturalnej*⁸³. Należy jednak zaznaczyć, że reguła organizacji nie zawsze musi być czytelna. Treść poprzedniego zdania zamieniona na strumień bitów i zapisana w systemie heksadecymalnym sprawia wrażenie losowej sekwencji znaków⁸⁴. Znacznie łatwiej zrozumieć i zapamiętać to zdanie znając język polski. Podobnie też, analiza dowolnej formy wymaga znajomości odpowiedniego języka. Najczęściej jest nim geometria. Interpretujemy zatem formę przez pryzmat znanych kształtów, doszukując się w niej porządku i ukła-

⁸³ Rescher 1998, op. cit., s. 9 (Compositional Complexity, Structural Complexity).

⁸⁴ 4E 61 6C 65 BF 79 28 6A 65 64 6E 61 6B 20 7A 61 7A 6E 61 63 7A 79 E6 2C 20 BF 65 20 72 65 67 75 B3 61 20 6F 72 67 61 6E 69 7A 61 63 6A 69 20 6E 69 65 20 7A 61 77 73 7A 65 28 6D 75 73 69 20 62 79 E6 20 63 7A 79 74 65 6C 6E 61.

dów, które potrafimy odtworzyć. Budujemy jej obraz we własnej świadomości. Może być on również wyrażony w postaci odpowiedniego algorytmu, który określa kolejne etapy rekonstrukcji danej formy (analogicznie jak w zadaniu z geometrii wykreślnej). Przykładowa sekwencja może wyglądać następująco: *narysuj okrąg, wpisz kwadrat, narysuj przekątne*. Według podobnej zasady można zdefiniować każdą kompozycję. W odrębnych przypadkach długość takiego zapisu będzie oczywiście różna. Stanowi ona tym samym dodatkowy parametr, który pozwala na bardziej miarodajne określanie złożoności kompozycji. Im taki opis formy jest dłuższy, tym jest ona bardziej złożona. W podobnym znaczeniu Rescher wprowadza pojęcie tzw. *złożoności opisowej*⁸⁵. Ujmując to inaczej, forma złożona to taka, która powstaje w wyniku skomplikowanego procesu formowania, a jej narysowanie lub skonstruowanie wymaga znacznej ilości różnorodnych operacji. W dalszej części pracy⁸⁶ wykazane zostanie, że definicja ta nie zawsze jest prawidłowa. Jednak, z uwagi na jej intuicyjny charakter, zostanie ona wykorzystana dla potrzeb dalszych analiz dotyczących złożoności w formie architektonicznej⁸⁷.



Ryc. 6. Percepcja form prostych i złożonych na zasadzie wzajemnego kontrastu: kompozycja regularnie uporządkowana na swobodnie ukształtowanym tle (po lewej); kompozycja złożona na tle – regularnej (po prawej). Kontrast między obszarami o zróżnicowanej złożoności wyróżnia się na tyle mocno, że ich kontury wydają się być ostro zarysowane – choć w rzeczywistości nie są. Obie grafiki złożone są z ponad 2000 elementów. Na całej powierzchni obu kompozycji zachowana została średnia gęstość elementów. Źródło: opr. autora (2000)

⁸⁵ Rescher 1998, op. cit., s. 9 (Descriptive Complexity).

⁸⁶ Patrz: część teoretyczno-aplikacyjna.

⁸⁷ Mowa tu o rozdziałach 2.3, 2.4., 2.5.

W architekturze współczesnej rozważania dotyczące znaczenia złożoności są w pełni aktualne. Mogą stanowić istotny kontekst dla analizy myśli twórczej w 20. wieku i czasów najnowszych. Punktem wyjścia jest tu modernizm, odcinający się nie tylko od stylów historycznych, ale również od wszelkiej stylizacji i zmierzający w kierunku programowej abstrakcji. Doktryna *less is more* jednoznacznie odrzuca złożoność, dopuszczając ją tylko wyjątkowo do celów wyrazowych⁸⁸. Le Corbusier wskazywał sześcian, stożek, kulę, walec i ostrosłup jako wzory piękna – nawiązując do idei pięciu brył Platona⁸⁹. Czytelne jest więc dążenie do prostoty formy, która w myśl znanej maksymy Sullivana miała wynikać z funkcji, stanowiąc jedynie jej niezbędną logiczną obudowę⁹⁰. Realizacje kojarzone były często z ascetyczną estetyką obiektów przemysłowych⁹¹. Zdecydowaną krytykę kierunku podejmuje Jencks⁹² wieszcząc śmierć modernizmu wraz ze zburzeniem zespołu mieszkaniowego Pruitt-Igoe w St. Louis (1972), proj. Minoru Yamasakiego. Mimo upadku lansowanych w epoce idei społeczno-politycznych i dewaluacji utopijnych wizji urbanistycznych, purystyczna estetyka modernizmu kontynuowana jest w czasach najnowszych, choć w mniejszej skali lecz z większą dbałością o wyraz formalny (neomodernizm, minimalizm).

W opozycji do ideałów modernistycznych znajdują się poglądy Roberta Venturiego (laureata nagrody Pritzкера z 1991 roku). W manifestie twórczym z połowy lat 60. zwraca on uwagę na pozytywne znaczenie złożoności i sprzeczności w postrzeganiu i kształtowaniu przestrzeni architektonicznej⁹³. Postmodernistyczna myśl akceptuje pluralizm i wszelkie wieloznaczności. Wyzbywa się też modernistycznych idei przebudowy świata i zamiast tego stara się czerpać naukę z tego jakim on jest⁹⁴. Nie oznacza to jednak całkowitej redefinicji estetyki formalnej a raczej poszerzenie spektrum znaczeń, nawiązanie dialogu z architekturą historyczną oraz budowanie nowych narracji i symboliki (dopuszczających nawet stosowanie kiczu). Znacznie silniejszy przełom, powodujący radykalną zmianę wyglądu kreowanych obiektów wprowadza natomiast nurt dekonstrukcji. Uwidacznia się to w awangardowych realizacjach ostatnich dwóch dekad 20. wieku. Do głosu dochodzi nowe pokolenie architektów, wśród nich między innymi Zaha Hadid, czy też wspomniana wcześniej grupa Coop Himmelb(l)au. Kolejnym zwrotem w najnowszej historii jest *folding*⁹⁵ (fałdowanie) wylansowany przez Petera Eisenmana na początku lat 90. i stosowany obecnie przez wielu architektów. Kontynuacją tego trendu jest też *architektura blobu*, której prekursorem jest Greg Lynn. Odrębnym zjawiskiem ostatnich lat jest idea wprowadzania losowości i przypadku w kreacji formy, co dostrzegamy m.in. w barcelońskim biu-

⁸⁸ Lenartowicz 2001, op. cit. 81.

⁸⁹ Por. Żychowska M. J., „Nowa architektura”, *TEKA Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych*, t.2, red. Gliński J., Wyd. Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin 2006, s. 74.

⁹⁰ *Form ever follows function* (= forma zawsze podąża za funkcją).

⁹¹ Jencks 1987, op. cit., s. 15-19 (Kampus Illinois Institute of Technology, proj. Mies van der Rohe).

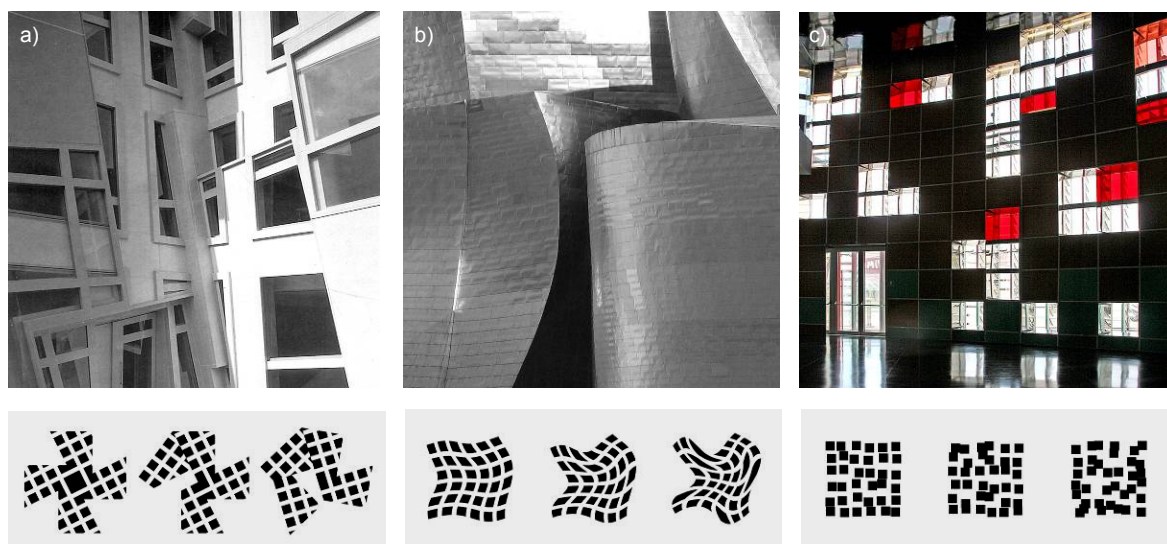
⁹² Ibidem, s. 9-38.

⁹³ Venturi R., *Complexity and Contradiction in Architecture*, MoMA, Nowy Jork 2002 (1966), s. 16.

⁹⁴ Por. Venturi R., Izenour S., Brown D. S., *Learning from Las Vegas – Revised Edition: The Forgotten Symbolism of Architectural Form*, The MIT Press, 1977, wyd. 3, 1999.

⁹⁵ Sztandarową realizacją Eisenmana nawiązującą do *foldingu* jest wizja urbanistyczna osiedla Rebstockpark we Frankfurcie nad Menem z 1990 (realizacja rozpoczęła się w 2002 r.). Patrz: Eisenman P., Rajchman J., *Unfolding Frankfurt*, Ernst & Sohn, Berlin 1991.

rowcu Torre Agbar⁹⁶, autorstwa Jeana Nouvela (2006). Prezentowane trendy mają silną podbudowę filozoficzną⁹⁷, która tworzy dodatkową warstwę dla ich interpretacji. Jednak najistotniejsze wydaje się to, że każdy z przytoczonych twórców artykułuje złożoność formy, oraz że czyni to odmienny sposób. Wyodrębnić można trzy działania: rozbicie, deformację i rozproszenie formy (ryc. 7), które są omówione szerzej w dalszej części pracy⁹⁸.



⁹⁶ Projekt omówiony w rozdziale 2.5, ryc. 29.

⁹⁷ Jacques Derrida (dekonstrukcja) i Gilles Deleuze (folding).

⁹⁸ W kolejnych rozdziałach 2.3, 2.4, 2.5.

2.3. METODA ROZBICIA

W okresie współczesnego rozwoju architektury, omawiana tendencja do form złożonych po raz pierwszy silnie uwidoczniła się w architekturze dekonstrukcji. Prezentowana tu metoda rozbicia stanowi próbę syntezy różnych sposobów kształtowania formy, zaobserwowanych w tym nurcie. W dalszej części rozdziału omawiane są wybrane przykłady realizacji. Wywód ukierunkowany jest na odczytanie zasad, według których prezentowane obiekty zostały uformowane. Natomiast definicja i szersza analiza metody rozbicia przedstawione są w rozdziale 4.1. (w kontekście porównawczym z metodami deformacji i rozproszenia). Choć, jak wspomiano, odejście od purystycznej estetyki modernizmu było czytelne już w okresie postmodernizmu lat 70., to jednak dekonstruktywizm stanowi znacznie silniejszy przełom w rozwoju architektury. Prezentuje on nowatorskie i kontrowersyjne wizje kształtowania formy architektonicznej (por. ryc. 4d-f).

Ruch dekonstruktywistyczny został zainicjowany na początku lat 80. W pełni wykrystalizował się natomiast w roku 1988, kiedy to w Muzeum Sztuki Współczesnej w Nowym Jorku (MoMA) z inicjatywy architektów Philipa Johnsona i Marka Wigleya zorganizowana została wystawa "Deconstructivist Architecture". Prezentowane tam były prace wówczas mało znanych architektów: Bernarda Tschumiego, Rema Koolhaasa, Petera Eisenmana, Daniela Libeskinda, Zahy Hadid, Franka O. Gehry'ego, Helmuta Swiczynskiego i Wolfa D. Prixa. Choć w owym czasie byli oni autorami jeszcze stosunkowo nielicznych realizacji⁹⁹, to jednak kuratorzy wystawy odkryli wspólny pierwiastek ich twórczości. Zdaniem Wigleya, projekty zaproszonych do udziału w wystawie architektów prezentowały zupełnie nową wrażliwość estetyczną, w której: *sen o czystości formy został całkowicie zburzony*¹⁰⁰.

Jednoznaczne zdefiniowanie cech formalnych architektury dekonstrukcji jest stosunkowo trudne. Wynika to zarówno z ewidentnych różnic dzielących poszczególnych przedstawicieli, jak również z pewnej podatności na wielorakość interpretacji ich dzieł¹⁰¹. Wątpliwości budzi też samo traktowanie dekonstrukcji jako stylu, gdyż jest to generalnie sprzeczne z intencjami twórców¹⁰². Charakterystyka stylu wymaga bowiem wyodrębnienia i określenia zasad, wedle których forma architektoniczna jest kształtowana. Istotą dekonstrukcji jest natomiast łamanie wszelkich zasad kompozycyjnych, które mogłyby ograniczać swobodę kreacji twórczej. Niemniej, na wstępnym etapie analiz, można wskazać niektóre cechy języka formalnego architektury dekonstrukcji, takie jak: dążenie do heterogeniczności budowy formy (tworzenie jej z wielu niezależnych i niedopasowanych części), stosowanie

⁹⁹ Por. Tschumi B., *Six Concepts [w:] Architecture and Disjunction*, MIT Press, 1996, s. 235.

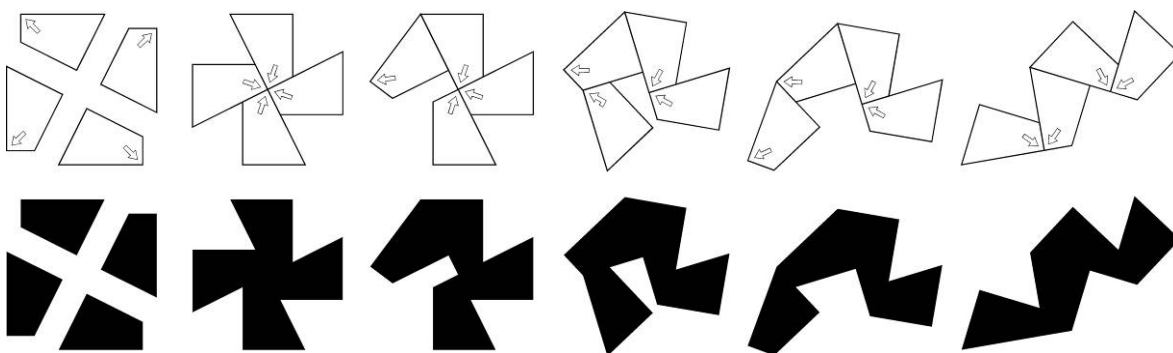
¹⁰⁰ Johnson P., Wigley M., *Deconstructivist Architecture*, wyd. MoMA, Nowy Jork 1988, s. 10.

¹⁰¹ Por. Tschumi, *Six Concepts*, op. cit., s. 251.

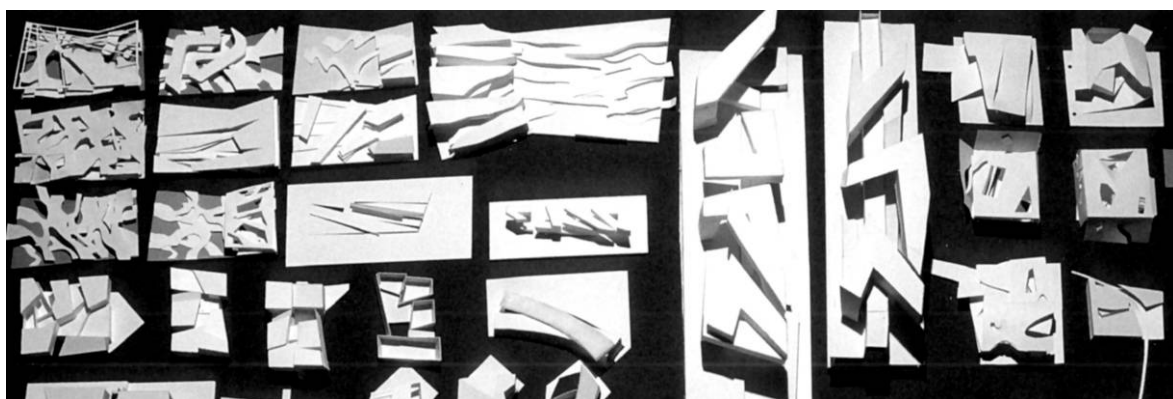
¹⁰² Por. ibidem.

podziałów nie wynikających ze struktury, zderzenie i przenikanie elementów. Między innymi, wymienione tu cechy składają się na metodę rozbicia.

Ogólna zasada działań formalnych, właściwych dla metody rozbicia, została zilustrowana na załączonym schemacie (ryc. 8). Rysunek przedstawia przykładowy proces dekonstrukcji kwadratu. Forma wyjściowa została podzielona (rozbita) na cztery identyczne części, które następnie były odpowiednio scalane. Uzyskane w ten sposób kompozycje znacząco odbiegają od stanu wyjściowego. Powstają bardziej złożone, swobodne kształty nie przypominające już kwadratu. Zmienia się również znaczenie elementów składowych, które tracą swoją odrębność na rzecz budowania nowych całości. Podobne działania (przedstawione tu schematycznie i w uproszczeniu) stosowane są w architekturze dekonstrukcji. Zmierzają one do uzyskiwania większej złożoności kreowanych tak kompozycji¹⁰³. Ślady takich działań formalnych odnaleźć można chociażby w twórczości architektonicznej Zahy Hadid, analizując modele robocze wybranych projektów autorki z lat 90. (ryc. 9).



Ryc. 8. Schemat ilustrujący ogólną zasadę kształtowania formy w metodzie rozbicia: zasada konstrukcji (powyżej), formy wynikowe (poniżej). Sekwencja dekonstrukcji kwadratu została uzyskana poprzez podział formy wyjściowej na części i ponowne ich scalenie – w innych układach. W kolejnych etapach procesu (z wyjątkiem pierwszego) modyfikowane było położenie tylko jednego elementu. W wyniku tych działań powstały nowe, wyraźnie odmienne i bardziej złożone kompozycje. Źródło: opr. autora (2006)



Ryc. 9. Kształtowanie formy w architekturze dekonstrukcji zmierzające do uzyskiwania większej jej złożoności, na przykładzie twórczości arch. Zahy Hadid z lat 90. Zdjęcie przedstawia zestawienie modeli roboczych, obejmujące różne etapy poszukiwań formalnych w projektach: Lycée Français Charles de Gaulle (Londyn 1995), Spittelauer Lände (Wiedeń 1994), Pancras Lane (Londyn 1996). Źródło: Betsky, 1998, s. 15

¹⁰³ Zbliżone interpretacje prezentowane są też w innych opracowaniach – patrz: Ullman J. M., „Dekonstrukcjonizm komputerowy przyczynek historyczny”, *CAD Space*, Białystok 1995, s. 166; Sietnicka O., *Znaczenie pojęć w teorii architektury współczesnej* – dysertacja, Politechnika Śląska WA, 2003, s. 51.

Poszukiwania twórcze architektów-dekonstruktywistów nie ograniczają się wyłącznie do prowadzenia wyrafinowanej gry formalnej. Idea rozbicia sięga znacznie dalej i dotyczy również zrywania utartych zależności takich jak podążanie formy za funkcją, czy spójność formy i konstrukcji¹⁰⁴. Dekonstrukcji ulega więc nie tylko płaszczyzna wizualna kreowanych obiektów, ale także sposób ich funkcjonowania. Zmierza to często do budowania niekonwencjonalnych interakcji na styku formy i funkcji (por. *architektura wydarzenia*¹⁰⁵). Należy również zauważyć, że pojęcie dekonstrukcji funkcjonuje na gruncie nauki w szerszym kontekście. Jako narzędzie interpretacji tekstu i kultury, obecne bowiem jest w filozofii, antropologii, socjologii i literaturoznawstwie. Bezpośredni wpływ na ukształtowanie założeń dekonstruktywizmu architektonicznego miały prace francuskiego filozofa Jacques'a Derridy. Oddziaływanie jego teorii widoczne jest szczególnie silnie w twórczości Petera Eisenmana i Bernarda Tschumiego¹⁰⁶.

Omawiana idea rozbicia formy w różny sposób podejmowana jest w twórczości dekonstruktywistów. Zawsze jednak jej zastosowanie przekłada się na większą złożoność kształtowanych tak obiektów architektury. Ważną manifestacją tego nurtu jest Parc de la Villette w Paryżu. Jego znaczenie wynika zarówno ze skali, jaki i prestiżowego charakteru założenia¹⁰⁷. Jest to zarazem jeden z pierwszych projektów tego nurtu, który został zrealizowany. Rozwiązanie wyłoniono w drodze międzynarodowego konkursu. Zwycięska koncepcja Bernarda Tschumiego odbiega od klasycznego kształtowania architektury krajobrazu. Celem autora było wykazanie możliwości zaprojektowania złożonego kompleksu parkowego bez odwoływania się do tradycyjnych zasad kompozycji, hierarchii i porządku¹⁰⁸. Rozbicie formy uwidacznia się tu w dwóch, przedstawionych dalej działaniach.

Pierwsze działanie dotyczy sposobu rozplanowania parku. Elementy programu funkcjonalnego zostały zakomponowane niezależnie. Ciągi komunikacji są poprowadzone po liniach prostych lub po okręgu. Parki tematyczne i tereny rekreacyjne wypełniają meandryczne obszary o swobodnie określonych granicach. Pawilony parkowe są natomiast rozstawione na sztywnej ortogonalnej siatce o module 120 x 120 m. Powstają w ten sposób trzy niezależne warstwy kompozycyjne: linii, płaszczyzn i punktów¹⁰⁹. Każda z nich tworzy autonomiczny i oddzielnie zaprojektowany system. Mimo wyraźnych różnic i wzajemnej sprzeczności tych systemów, zostały one na siebie nałożone lub – jak definiuje to autor – poddane superpozycji. W wyniku tego, odrębne porządki uległy rozbiciu i wzajemnemu zakłóceniu. Spowodowało to szereg niespodziewanych zderzeń i interakcji¹¹⁰ oraz

¹⁰⁴ Por. Tschumi, *Six Concepts*, op. cit., s. 251.

¹⁰⁵ Por. ibidem, s. 253-259; patrz też: Sietnicki M., *Pozaestetyczne znaczenie architektury lat 90-tych* – dysertacja, Politechnika Śląska WA, 2002, s. 2-3,74; Rewers E., *Zdarzenie w przestrzeni miejskiej [w:] Formy estetyzacji przestrzeni publicznej*, Warszawa 1998 → <http://bylecoq.w.interia.pl/text/zdarzenie.htm>.

¹⁰⁶ Jacques Derrida współpracował z architektami m.in. przy projekcie Parc de la Villette. Wynikiem tej współpracy była również wspólna publikacja Eisenmana i Derridy: *Chora L Works*, wyd. Monacelli, 1997.

¹⁰⁷ Przebudowa Parc de la Villette przy była jedną z kluczowych inwestycji w Paryżu finansowanych przez rząd francuski w latach 80. z inicjatywy prezydenta François Mitterranda.

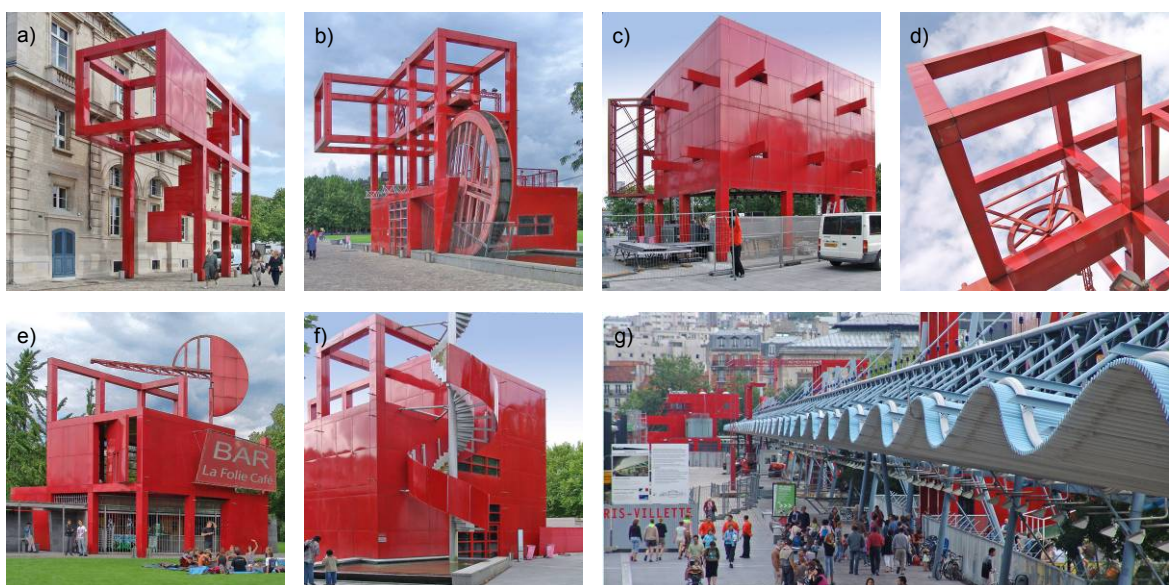
¹⁰⁸ Tschumi B., *Abstract Mediation and Strategy [w:] Architecture and Disjunction*, MIT Press, 1996, s. 199.

¹⁰⁹ Por. Jong, Mattie 1994, op. cit., s. 114,117,120.

¹¹⁰ Charakterystycznym przykładem takich zderzeń jest przenikanie się niektórych pawilonów (*Folie Janvier*, *Folie Music*) z zabudową historyczną na terenie parku. Zderzenie to wynikało z konsekwentnego zachowania ustalonej zasady lokalizacji pawilonów, nawet jeśli doprowadzało to do kolizji z innymi obiektami.

wygenerowało podstawową warstwę złożoności parku (widoczną zarówno w jej wymiarze formalnym jak i funkcjonalnym).

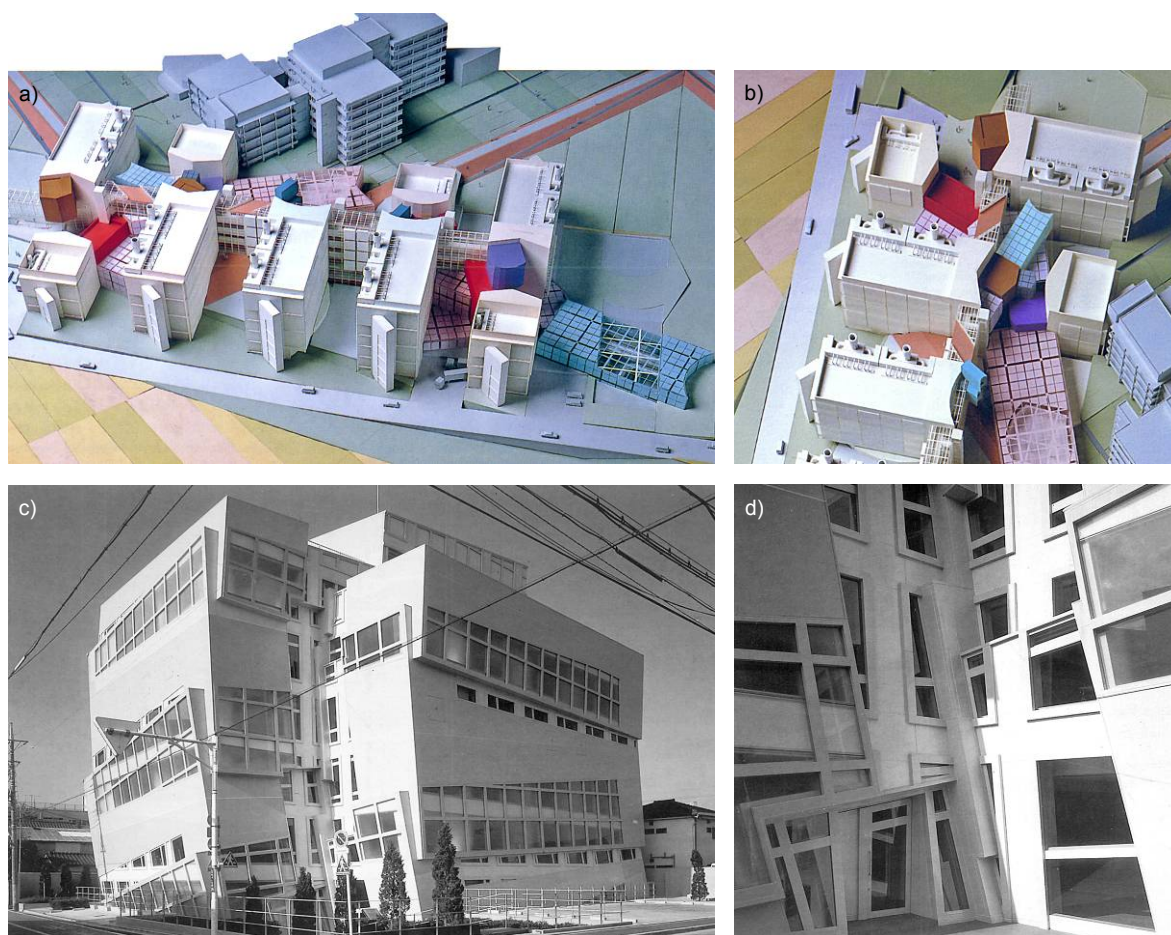
Drugie działanie, związane ze stosowaniem rozbicia formy w Parc de la Villette, dotyczy zasady kształtowania 26 pawilonów parkowych (ryc. 10). Budowę formalną każdego z nich można scharakteryzować jako dekonstrukcję sześciianu (10x10x10 metrów). Bryła ta dzielona jest w każdym kierunku na trzy moduły, odpowiednio scalana i uzupełniona o dodatkowe elementy (kręte schody, koło wodne itp.). W efekcie powstaje sekwencja różnych, choć wyraźnie pokrewnych obiektów. Każdy pawilon stanowi indywidualną konfigurację podobnego zestawu elementów (porównaj ryc. 8). Nawiązując do teorii Derridy, omawianą metodę przyrównać można do przebudowy zdania. Zmiana szyku, pominięcie obecnych lub dodanie nowych wyrazów prowadzi do się tworzenia nowych treści i różnych znaczeń. Część pawilonów pełni określone funkcje, uzupełniające program parku. Część jest pozbawiona natomiast jakiegokolwiek znaczenia użytkowego. Jedność stylistyczną wzmacnia zastosowany materiał (stal pokryta czerwona emalia).



Ryc. 10. Pawilony Parc de la Villette (*folies*) jako wczesny przykład dekonstrukcji w architekturze, oparty (w tym przypadku) o zasadę rozbicia formy sześciianu – projekt architekta Bernarda Tschumiego, Paryż, 1982-1998: a) folie 4: *Janvier* – zderzenie pawilonu z zabudową historyczną; b,d) folie 7: *Antenne de Secours*; c) folie 19: *Kiosque à Musique*; e) folie 8: *Café*; f) folie 11: *Folie du Charolais* – kręte schody pozbawione funkcji użytkowej; g) pawilony parkowe na osi zadaszonego pasażu *Galerie de la Villette*. Źródło: fot.autora (2006)

W projekcie pawilonów Parc de la Villette rozbicie formy stosowane jest przez Tschumiego w specyficzny sposób. Zachowane zostały bowiem ogólne reguły, które w pewnym zakresie porządkują kompozycję. Elementy łączą się tu przeważnie pod kątem prostym. Wyraźne są też równomierne podziały modularne. W wielu innych pracach dekonstruktywistów oraz w późniejszych realizacjach tego nurtu, widać dążenie do znacznie większej złożoności formalnej wznoszonych obiektów. Jako ilustrację tej tezy przywołać można choćby cytowane w poprzednim rozdziale projekty grupy Coop Himmelb(l)au i Zahy Hadid (ryc. 4d,e,f). Podobne tendencje do śmiałego operowania formą ujawniają się w twórczości amerykańskiego architekta Petera Eisenmana. W jednej z tokijskich realizacji tego

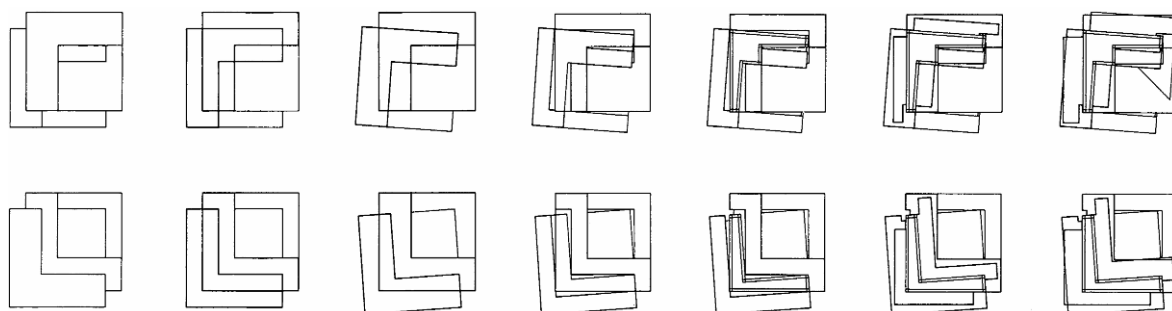
autora – siedzibie korporacji Nunotani¹¹¹ – zasada rozbicia formy wykorzystana jest inaczej niż pawilonach parkowych Tschumiego. W ogólnym oglądzie obiektu, przebija się stylistyka modernistycznego budynku biurowego, tyle że jest ona poddana gruntowej przebudowie (ryc. 11c). Zasadę uzyskiwania tej skomplikowanej bryły precyzuje diagram (ryc. 12). Punktem wyjścia konstrukcji jest często stosowana przez Eisenmana tzw. L-forma¹¹². Kształt ten jest powielany i następnie poddawany licznym transformacjom: niewielkim przesunięciom i obrotom o kąty niemiernowe. Kolejne sekwencje procesu są odpowiednio nakładane, tworząc formę wynikową. Jej złożoność widoczna jest w całym obiekcie, jednak koncentruje się szczególnie w partii wejściowej (ryc. 11d). Względem przedstawionego wcześniej schematu rozbicia formy (ryc. 8), elementy składowe bryły budynku Nunotani scalane są z zachowaniem większej ich koncentracji i wzajemnego przenikania. Podobne działania można dostrzec również w szeregu innych projektów Eisenmana. Znanymi przykładami są dwie rozbudowy kompleksów uniwersyteckich: w Cincinnati (Aronoff Center) oraz we Frankfurcie nad Menem (Biozentrum, ryc. 11a-b).



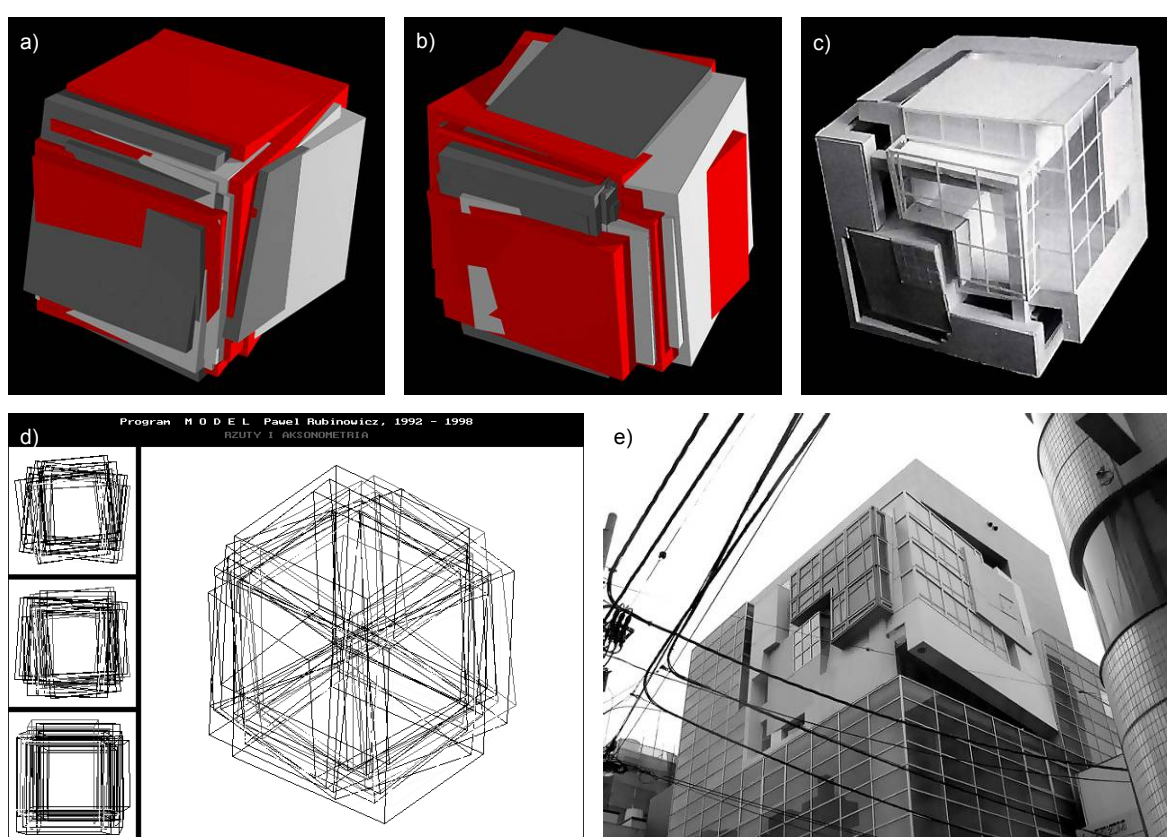
Ryc. 11. Dążenie do wysokiej złożoności formy w twórczości amerykańskiego architekta Petera Eisenmana na przełomie lat 80. i 90.: a, b) model niezrealizowanego projektu rozbudowy oddziału Biozentrum uniwersytetu we Frankfurcie nad Menem, 1987; c) budynek biurowy korporacji Nunotani w Tokio, 1990-1992; d) wejście do biurowca Nunotani. Źródło: a) Norris, Benjamin, 1993, s. 28; b-d) Ciorra, 1995, s. 113,174,175

¹¹¹ Patrz: Ciorra P., *Peter Eisenman. Bauten und Projekte*, D. Verlags-Anstalt, Stuttgart 1995, s. 170-177.

¹¹² Forma (płaska lub przestrzenna) przypominająca w kształcie literę „L” – otwarta, pozbawiona wyraźnego środka oraz symbolizująca zdaniem Eisenmana pewną niestabilność. Por. Ostwald, M. J., "Fractal Architecture": Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry", *Nexus Network Journal*, vol. 3, no. 1, Birkhäuser, Bazylea 2001, s. 74.



Ryc. 12. Studium formy biurowca korporacji Nunotani w Tokio (patrz: ryc. 11c,d). Przedstawiony tutaj autorski diagram Petera Eisenmana ilustruje zasadę uzyskiwania złożonej bryły obiektu – w rzucie poziomym (powyżej) oraz w elewacji (poniżej). Metoda oparta jest o zasadę rozbicia i ponownego scalania formy (por. ryc. 8), gdzie formy cząstkowe wzajemnie się przenikają. Źródło: opr. autora na podstawie Ciorra 1995, s. 28



Ryc. 13. Zastosowanie metody rozbicia w komponowaniu bryły biurowca firmy Koizumi Sangyo w Tokio, proj. Peter Eisenman, 1988-1990: a-b) autorska analiza budowy formalnej narożnika obiektu¹¹³, c) studium narożnika w modelu Petera Eisenmana; d) widok roboczy symulacji (a-b) w programie *MODEL* (opis w tekście i przypisie); e) widok biurowca z poziomu ulicy. Źródło: a-b, d) opr. autora z zastosowaniem programu *MODEL*; c) Arquique.com; e) [pushpullbar]² architecture + design forum

Zbliżoną zasadę formowania, jak w budynku Nunotani, zastosował Eisenman także podczas projektowania innego biurowca w Tokio – siedziby firmy Koizumi Sangyo¹¹⁴ (ryc. 13). Obiekt został zrealizowany dwa lata wcześniej (niż Nunotani). Metoda rozbicia jest tam użyta w mniejszym zakresie, dotyczy bowiem tylko części, a nie całości bryły. Jednak właśnie ten jej fragment (narożnik obiektu) jest punktem kulminacyjnym formy, który nadaje

¹¹³ Symulacje prezentowane były na konferencji *8-th ICECCDG* w Austin, USA w 1998 roku.

¹¹⁴ Patrz: Ciorra 1995, op. cit., s. 124-131.

jej określony wyraz i awangardowy charakter. Wiodącym działaniem jest pewne zagęszczenie bryły – uzyskane przez skalowanie, obracanie i przenikanie jej fragmentów. Na załączonej ilustracji przedstawione jest również studium narożnika budynku – w modelu Petera Eisenmana (ryc. 13c) oraz komputerowe symulacje podobnych działań formalnych (ryc. 13a-b). Zostały one opracowane w 1998 roku z zastosowaniem autorskiego programu komputerowego *MODEL*¹¹⁵. W dalszej części pracy narzędzie to zostało wykorzystane również do przygotowania innych analiz formalnych. Przedstawione będą także przykłady projektów architektonicznych wykonane z jego użyciem.

W wielu realizacjach architektury dekonstrukcji mechanizm rozbicia formy nie jest tak ściśle definiowany jak w przytoczonych pracach Eisenmana i Tschumiego. Jej kształtowanie odbywa się często z większym udziałem intuicji twórczej architektów i przypomina budowanie abstrakcyjnej rzeźby. Jest tak między innymi w przypadku Multikina UFA Palast¹¹⁶ w Dreźnie projektu grupy Coop Himmelb(l)au (ryc. 14a-c). Podobna stylistyka, wykorzystana wcześniej przez autorów w nadbudowie wiedeńskiej kamienicy¹¹⁷, została tutaj zastosowana w znacznie większej skali. Choć trudno jest rozpoznać użytą w tym projekcie, konkretną zasadę rozbicia formy, to jednak zderzanie i wzajemne przenikanie poszczególnych jej komponentów jest bardzo wyraźne. Szczególną wymowę symboliczną odnajdujemy natomiast w znanym i docenionym przez krytyków projekcie Muzeum Żydowskiego autorstwa arch. Daniela Libeskinda (ryc. 14f-h). W sensie funkcjonalno-przestrzennym obiekt stanowi rozbudowę późnobarokowego gmachu Muzeum Berlińskiego i jest z nim silnie skonstrastowany. W rozmaitych opracowaniach złożona bryła interpretowana jest jako rozbicie gwiazdy Dawida¹¹⁸. Nie definiuje to jednak w pełni zastosowanych rozwiązań przestrzennych. Projekt ten jest raczej bardzo indywidualną wypowiedzią twórczą architekta, której kluczowym elementem jest oddziaływanie na nastrój odbiorcy i budowanie napięć¹¹⁹. Uzyskiwane jest to środkami czysto architektonicznymi – poprzez odpowiednie kształtowanie wnętrza, zderzanie w bryle różnych kierunków kompozycyjnych, wyrafinowa-

¹¹⁵ **MODEL** – autorski program komputerowy, 1992-1999. Został on zaprezentowany po raz pierwszy w 1995 roku na międzynarodowej konferencji *CAD Space* w Białymstoku. Omawiany był w kilku publikacjach (wg bibliografii, m.in.: Rubinowicz 1996, s. 208-209; Paszkowski-Rubinowicz 1996, s. 33-36; Rubinowicz 1998, s. 81-85). Program umożliwia: a) stosowanie tzw. *geometrii żółwia* (por. Abelson-diSessa 1992), b) hierarchiczne konstruowanie modeli powierzchniowych, c) interaktywne wizualizacje tworzonych kompozycji, d) eksportowanie danych geometrycznych do innych programów w kilku podstawowych formatach m.in. DXF. Jego wyróżnikiem jest tzw. *modelowanie parametryczne* (patrz: m.in. Rubinowicz 1996). Zastosowanie tej techniki pozwala na projektowanie form według opisanych w pracy metod (rozbicia, deformacji, rozproszenia), także – na konstruowanie form fraktalnych i emergentnych. Program stosowany był przez autora w praktyce projektowej (niektóre projekty zostały przedstawione w pracy) oraz – do prowadzenia różnorodnych, teoretycznych analiz kompozycyjnych. W ścisłym ujęciu, program jest *aplikacją bazową*. Oznacza to, że jego użycie wymaga każdorazowo napisania odrębnego podprogramu (w języku C++), odwołującego się do konkretnych struktur programu głównego. Zatem, projektowane formy definiowane są (lub kodowane) zawsze w postaci określonego algorytmu komputerowego. W ostatnich latach, na podobnej zasadzie skonstruowany został program *Processing* (operujący własnym językiem komputerowym wzorowanym na C++). Narzędzie to przeznaczone jest do zastosowań artystycznych w sztukach wizualnych (patrz: Reas C., Fry B., *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*, MIT Press, 2007).

¹¹⁶ Patrz: Jencks Ch., *Ecstatic Architecture*, Academy Editions, Londyn 1999, s. 99-107.

¹¹⁷ Patrz: ryc. 4e-f.

¹¹⁸ Por. Grzybowski A., *Daniela Libeskinda Muzeum Żydowskie w Berlinie w fotografii*, Muzeum Architektury we Wrocławiu, Wrocław 2005, s. 14-15.

¹¹⁹ Grzybowski porównuje zwiedzanie muzeum do poruszania się po labiryncie pełnym zwrotów, zawróceń i ślepych zaułków, co z kolei wprowadza widza w stan dezorientacji i wyobcowania – ibidem, s. 15-17.

ne operowanie *pustymi* przestrzeniami. W początkowym okresie funkcjonowania obiektu, muzeum pozbawione było jakiegokolwiek ekspozycji. Forma budynku sama w sobie miała więc wyrażać określone treści, wprowadzając widza w dramat holokaustu. Podobna do użytej w berlińskim muzeum stylistyka formalna, pojawia się w wiedeńskiej realizacji Zaha Hadid – zespole mieszkalnym Spittelauer Lände¹²⁰ (ryc. 14d-e). Ukształtowana w formie przerywanego zygzaka bryła, łącząca w sobie trzy budynki, sprawia wrażenie unoszenia się nad historycznym wiaduktem kolejowym projektu Otto Wagnera. Zastosowanie takich awangardowych rozwiązań formalnych w budynku typowo mieszkalnym wydaje się jednak dyskusyjne i często jest przedmiotem krytyki¹²¹.



Ryc. 14. Różnorodne interpretacje twórcze idei rozbicia formy w architekturze dekonstrukcji: a, b) multikino UFA Palast w Dreźnie, proj. grupy Coop Himmelb(l)au (Wolf D. Prix, Helmut Swiczinsky), 1993-1998; c) UFA Palast – widok wnętrza głównego hallu; d) zespół mieszkalny Spittelauer Lände we Wiedniu, proj. Zaha Hadid, 1994-2005; e) Spittelauer Lände – widok wzdłuż historycznego wiaduktu; f, g) Muzeum Żydowskie w Berlinie, proj. Daniel Libeskind, 1988-1999, h) Muzeum Żydowskie – widok wnętrza obiektu wzdłuż głównej osi komunikacyjnej, tzw. Schodów Nieskończoności. Źródło: fot. autora (2005-2006)

¹²⁰ Patrz: Betsky A., *Zaha Hadid. The Complete Buildings and Project*, Rizzoli, Nowy Jork 1998, s. 96-101.

¹²¹ Patrz: Nowatorska K., „Kłopoty z marką?”, *A&B*, 2006/5, s. 50-57.

2.4. METODA DEFORMACJI

Metoda rozbicia, przedstawiona w poprzednim rozdziale, jest jednym ze sposobów uzyskiwania wysokiej złożoności formy architektonicznej. Działanie to było charakterystyczne dla twórczości dekonstruktywistów w latach 80. i 90. Tymczasem od połowy lat 90. oraz w pierwszej dekadzie 21. wieku, omawiana tendencja do złożoności artykułuje się też w inny sposób. Nawet pobieżna analiza wydawnictw popularyzujących architekturę współczesną (takich jak *Architecture Now!*¹²², czy seria *10x10*¹²³ publikowana przez Phaidon Press) wskazuje, że w architekturze współczesnej poszukiwania twórcze koncentrują się często na płynnych, elastycznych i opływowych formach. Zamiast linii prostych stosowane są różnorodne krzywizny. Płaszczyzny zastępowane są przez skomplikowane powierzchnie. Na rozwój tych tendencji w architekturze, poza przesłankami ideowymi, istotny wpływ mają nowoczesne techniki komputerowe. Umożliwiają one obecnie nie tylko modelowanie takich¹²⁴ złożonych obiektów, ale też wspomaganie procesu realizacyjnego, zmierzające m.in. do obniżenia kosztów budowy¹²⁵.

Płynne formy o złożonych kształtach, które obserwujemy w najnowszej architekturze, uzyskiwane są poprzez stosowanie różnych sposobów deformacji. Ogólna zasada takiego działania została tu zilustrowana na załączonym schemacie (ryc. 15). Rysunek przedstawia sekwencję form, które powstały w wyniku powtarzania określonego przekształcenia geometrycznego (zgniecenie i skręcenie). Kompozycja wyjściowa zbudowana jest z 36 identycznych kwadratów. Tymczasem, w kolejnych etapach symulacji elementy te uległy wzajemnemu zróżnicowaniu, powodując tym samym zwiększenie złożoności uzyskanych form. Prezentowany w poprzednim rozdziale mechanizm rozbicia formy polegał (ogólnie), na jej dzieleniu, wyodrębnianiu nowych elementów i ich zderzaniu. Natomiast wyznacznikiem omawianej tu metody deformacji, jest zachowanie powiązań pomiędzy elementami i operowanie całym ich układem. Charakterystyka ta prowadzi wprost w stronę metod matematycznej topologii¹²⁶ i badań angielskiego biologa D'Arcy Thompsona (ryc. 16), na które powołują się często współcześni architekci (m.in. Greg Lynn¹²⁷).

¹²² *Architecture Now!*, opr. Philipa Jodidio, wyd. Taschen. W latach 2001-2009 ukazało się 6 tomów (cyt. dalej: *Architecture Now 1*, ... *Architecture Now 6* – pełne dane w bibliografii: Jodidio P. 2001-2009).

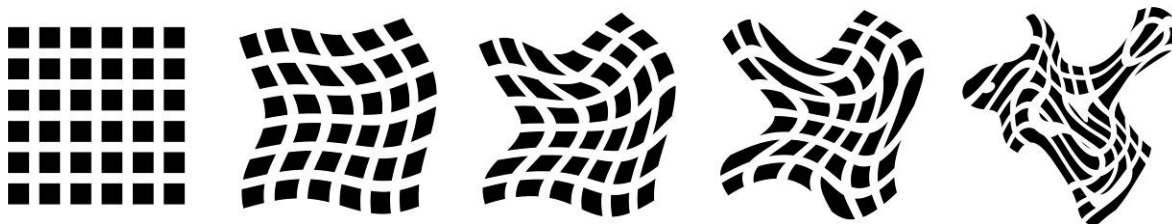
¹²³ *10x10:100 Architects, 010 Critics*, red. Editors of Phaidon Press. W latach 2000-2009 ukazały się 3 tomy (cyt. dalej *10x10_1*, *10x10_2*, *10x10_3* – pełne dane pozycji w bibliografii).

¹²⁴ Tzn. form o płynnych kształtach wynikających ze stosowania deformacji.

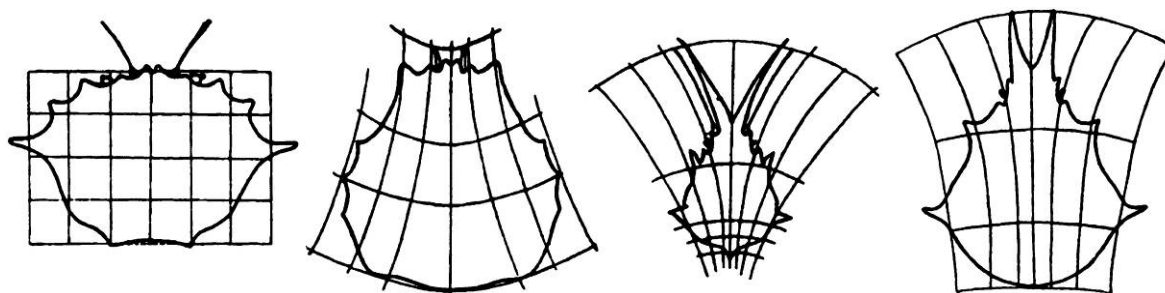
¹²⁵ Zagadnienie jest szerzej omówione w dalszej części rozdziału (Muzeum G. w Bilbao, kolejka w Innsbrucku).

¹²⁶ O zastosowaniu topologii w architekturze czytamy m.in. w: a) Di Cristina G., *The Topological Tendency in Architecture* [w:] *Architecture and Science* 2001, s. 7-13; b) Emmer M., *Mathland*, Birkhäuser 2004, s. 66-87; c) Emmer M., "Mathland – From Topology to Virtual Architecture", *Generative Art 2004*; d) Kantor J.-M., "A Tale of Bridges: Topology and Architecture", *Nexus Network Journal*, vol. 7, no 2., Birkhäuser 2005, s. 13-21; e) Pęczek G., *Podejście topologiczne w architekturze...* – dysertacja, Politechnika Gdańska, 2007.

¹²⁷ Lynn G., *Animate Form*, Princeton Architectural Press, NY 1999, s. 26-27.



Ryc. 15. Schemat ilustrujący zasadę kształtowania formy poprzez zastosowanie deformacji. Kolejne kompozycje powstają jedna z drugiej, w wyniku powielania określonego przekształcenia geometrycznego. W toku symulacji wzrasta złożoność uzyskiwanych form. Identyczne elementy składowe formy wyjściowej (36 kwadratów) ulegają zróżnicowaniu. W ostatnim etapie symulacji zaciiera się również ortogonalna struktura ich układu. Wyznacznikiem przedstawionej metody jest operowanie całością formy – z zachowaniem struktury jej składników (tutaj: ilości oraz relacji wzajemnych jej elementów składowych). Źródło: opr. autora (2007)



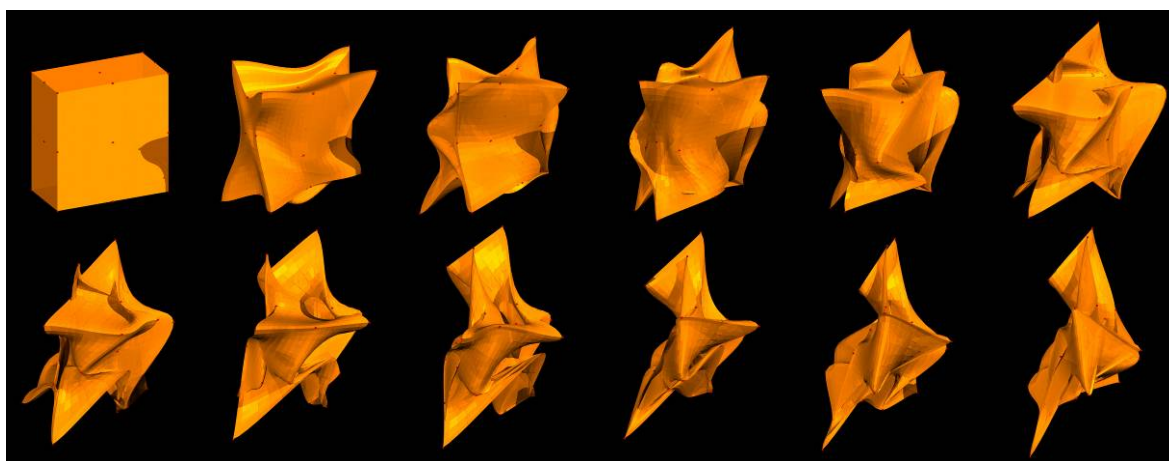
Ryc. 16. Rysunki opracowane przez D'Arcy Thompsona i opublikowane w 1917 roku, w jego kluczowej książce: *On Growth and Form* (o wzroście i o formie, tłum. autora). Angielski biolog i matematyk wykazywał wzajemne pokrewieństwo, różnych form organicznych poprzez (topologiczną) deformację opisanych na nich siatek modularnych. Przedstawiona tu analiza dotyczy skorupiaków (*crustacea*). Istotnym aspektem jest obserwacja odwrotna, tzn. że stosowanie deformacji topologicznej może prowadzić do uzyskiwania znacząco odmiennych form. Źródło: opr. na podstawie przedruku ilustracji w: Lynn 1999, s. 27

Stosowanie deformacji, jako metody kształtowania formy, prowadzi do wysokiej złożoności kreowanych kompozycji. Jest to szczególnie silnie widoczne, w odniesieniu do form przestrzennych. Za ilustrację posłużyć może eksperyment przedstawiający przykładową sekwencję deformacji pojedynczej prostej i elementarnej w architekturze bryły – prostopadłościanu (ryc. 17). Symulacja została opracowana z zastosowaniem odpowiednich (autorskich) programów komputerowych¹²⁸. Podstawy budowy geometrycznej przedstawionych form opisane zostały w odrębnych publikacjach¹²⁹. Pełna analiza prezentowanej konstrukcji wykracza poza zakres prowadzonych tu rozważań. Uogólniając można przyjąć, że każda z przedstawionych na ilustracji form złożona jest z sześciu wzajemnie sprzężonych powierzchni (odpowiadających sześciu ścianom prostopadłościanu). Jednoznaczne zdefiniowanie geometrii każdej z kompozycji wymaga określenia lokalizacji 27 punktów w przestrzeni. Układ punktów formy wyjściowej został ustalony w sposób szczególny, tak by każda z sześciu powierzchni zawierała się w odrębnej płaszczyźnie. Na kolejnych etapach symulacji punkty przemieszczały się stopniowo w różnych kierunkach, powodując deformację oraz coraz większą złożoność opisanych przez nie form przestrzennych.

¹²⁸ *MODEL* (autorski program komputerowy), op. cit.; *OBIEKT 1.4* (w publikacjach anglojęzycznych określany jako: *OBJECT 1.4*), opr. Rubinowicz 1997-1998.

¹²⁹ m.in: a) Rubinowicz P., "The Computer Program OBJECT 1.4 in Teaching of DG for Architects", *Proceedings of SDG*, Drezno 2000, s. 128-132; b) Rubinowicz P., "Parametryczne modelowanie powierzchni w programie OBIEKT 1.4", *Biuletyn Polskiego Towarzystwa Geometrii i Grafiki Inżynierskiej*, Gliwice 1999, s. 47-54. W opisanej w tekście symulacji zastosowano *powierzchnie parametryczne typu C*.

Omówiona symulacja dowodzi, że w wyniku stosowania metody deformacji możemy uzyskiwać formy o wysokiej złożoności. Zgodnie z zasadami topologii stosowanej w matematyce, wszystkie formy powstające w kolejnych etapach symulacji, są wzajemnie homeomorficzne¹³⁰. Oznacza to, że każdą z nich można przekształcić w drugą w sposób ciągły, bez rozrywania zależności przestrzennych jej komponentów. Ujmując to inaczej, przy zachowaniu stałej, niezmiennej struktury topologicznej uzyskujemy formy o wyraźnie zróżnicowanej złożoności (faktycznie odczuwalnej przez odbiorcę). Proces nie polega więc na dzieleniu i zderzaniu form, tak jak to miało miejsce w dekonstruktywizmie (por. ryc. 8). Opiera się natomiast wyłącznie na stosowaniu płynnych deformacji. Podobne działania, zmierzające do kształtowania obiektów architektonicznych, można zaobserwować m.in. w pracach holenderskiego architekta, prof. Larsa Spuybroeka¹³¹, czy też wspomnianego wcześniej amerykańskiego teoretyka i konceptualisty Grega Lynna¹³².



Ryc. 17. Trójwymiarowa deformacja prostopadłościanu (z zastosowaniem programów komputerowych opracowanych przez autora, opis w tekście). Symulacja przypomina tę przedstawioną wcześniej na schemacie (ryc. 15), jednak użycie metody w przestrzeni prowadzi do uzyskiwania jeszcze większej złożoności. Pod względem topologicznym wszystkie formy na ilustracji są homeomorficzne (można je wzajemnie przekształcać w sposób ciągły bez rozbijania ich struktury). Analogicznie do prostopadłościanu, każda z nich ma: 8 wierzchołków, 12 krzywiznowych krawędzi i 6 ścian w kształcie odrębnych powierzchni. Źródło: opr. autora (2006)

Przedstawione rozważania na styku topologii i architektury mogą stanowić pewien kontekst dla interpretacji współczesnego nurtu architektonicznego, w którym dominują właśnie formy oparte na deformacji. Mowa tu o *foldingu* (ang.) czyli fałdowaniu¹³³. Oczywiście w architekturze 20. wieku można wskazać szereg wcześniejszych realizacji o plastycznych, płynnych i krzywiznowych kształtach. Przytoczyć można choćby powszechnie znaną twórczość Antonio Gaudiego, Hansa Scharouna, Piera Luigi Nervi, Jorna Utzona, Eero Saarinen, Otta Frei i innych. Jednak *folding* nie jest próbą kontynuacji tych osiągnięć.

¹³⁰ Jedno z fundamentalnych pojęć stosowanych w topologii, będące ogólnikiem m.in. znanych architektom (z geometrii wykreślnej) przekształceń afinicznych. (Obrazowo), za homeomorficzne uznajemy formy, które można wzajemnie przekształcać bez ich rozrywania i sklejanie: np. torus i kubek, por. Barr S., *Experiments in Topology*, Dover Publications, Inc., New York, 1989, s. 4.

¹³¹ Media-tower w Doetinchem, 1999; patrz: *10x10_1*, op. cit., s. 288-290.

¹³² Citron House na Long Island (NY), 1995; patrz: Lynn 1999, *Animate Form*, op. cit., s. 159-163.

¹³³ W pracy, dla określenia tego omawianego nurtu, poj. fałdowanie i (ang.) folding używane są zamiennie.

Może być natomiast interpretowany jako reakcja na dekonstruktywizm lat 80. i 90¹³⁴. Przy zachowaniu opozycji wobec założeń modernizmu, *folding* bazuje na odmiennych podstawach ideowych. Inspiracje płynące z prac Jacques'a Derridy zostały zastąpione filozofią Gilles'a Deleuze'a. W 1992 roku, a więc cztery lata po opublikowaniu pracy *Le pli. Leibniz et le baroque* (wyd. ang. *The Fold: Leibniz and the Baroque*¹³⁵), na łamach pisma *Domus* ukazał się pierwszy artykuł, w którym architekt Peter Eisenman wyraźnie nawiązał do twórczości francuskiego myśliciela¹³⁶. Rok później pod reakcją Grega Lynna wydany został specjalny numer pisma *Architectural Design* pt. *Folding in architecture*¹³⁷. Można przyjąć, że ta szeroko cytowana później publikacja, zainicjowała nowy nurt w architekturze współczesnej – fałdowanie.

We wspomnianej publikacji (*Folding in architecture*) odnajdujemy tekst Deleuze'a omawiający filozoficzne założenia fałdowania, jak też wypowiedzi i przykłady projektów wiodących architektów: Petera Eisenmana, Franka O' Gehry'ego, Grega Lynna, Stephena Perrelli, Bahrama Shirdla i innych. O dokonującym się wówczas zwrocie świadczy artykuł Lynna, którego jeden z rozdziałów został zatytułowany: *Curving away from Deconstructivism*¹³⁸ (czyli, w wolnym tłumaczeniu: *odkręcając od dekonstruktywizmu*). Na gruncie nauki polskiej, szerszą charakterystykę nurtu fałdowania przedstawia Barbara Stec¹³⁹ (2000). Interpretację filozofii Deleuze'a w kontekście jej znaczenia dla kształtowania form architektonicznych prezentuje ogólnie Irma Kozina¹⁴⁰ (2007). O aktualności omawianego zjawiska świadczy natomiast (m.in.) wystawa *Architectures Non Standard*, eksponowana w paryskim Centrum Pompidou na przełomie 2003 i 2004 roku¹⁴¹. Już sama jej aranżacja, opracowana przez francuskiego arch. Philipa Morela, wyraźnie nawiązuje do założeń *foldingu*. Podobnie też, w prezentowanych tam projektach nowego pokolenia architektów (Kas Oosterhuis, Lars Spuybroek, Ben van Berkel, Mark Goulthorpe, Hani Raschid, Tom Kovac, Sulan Kolatan, William MacDonald, Bernard Cache i inni) czytelna jest tendencja do stosowania deformacji jako narzędzia kształtowania formy.

Dyskurs między estetyką dekonstruktywizmu i tą utrzymaną w nurcie fałdowania tworzy kluczowy kontekst dla interpretacji wielu dzieł współczesnej architektury. Znamienne jest, że architekci wcześniej silnie związani z ideą dekonstrukcji, w późniejszym okresie twórczości wyraźnie kierują się ku deformacji. Czytelnym przykładem mogą być najnowsze prace Zahy Hadid. W 2006 roku, na londyńskiej wystawie *Forest of Towers*¹⁴² eksponowane były modele jej wybranych projektów – przewidzianych do realizacji w najbliższym cza-

¹³⁴ Por. Stec B., „O fałdowaniu w architekturze”, *Kwartalnik Archivolta*, Nr 1(5)/2000, s. 14.

¹³⁵ Deleuze G., *The Fold: Leibniz and the Baroque*, (tłum. Tom Conley), University of Minnesota Press, 1993.

¹³⁶ Eisenman P., "Visions' unfolding: architecture in the age of electronic media", *Domus*, No 734, 1992, s. 20-24 (przedruk m.in. w: Galofaro 1999, s. 84-89).

¹³⁷ *Folding in Architecture*, ed. G.Lynn, John Wiley & Sons, Londyn 2004 (oryginalne wydanie w: *Architectural Design* 8/1993, Academy Editions, Londyn 1993).

¹³⁸ Lynn G., *Architectural Curvilinearity: The Folded, the Pliant and the Supple* [w:] *Folding in Architecture* (2004) op. cit., s. 25-26.

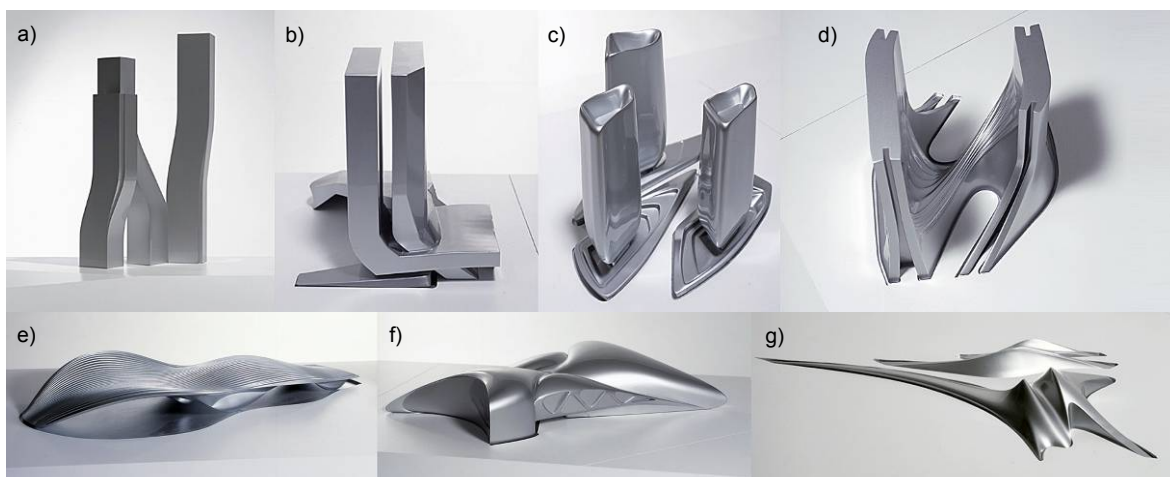
¹³⁹ Stec 2000, op cit.

¹⁴⁰ Kozina I., „Chaos i uporządkowanie oraz ich znaczenie dla interpretacji form architektonicznych”, *Alma Mater*, nr 91 (2007/04), Kraków 2007, s. 50.

¹⁴¹ Wystawa ANS: 2003/12-2004/03; →<http://www.centrepompidou.fr/expositions/archinonstandard>.

¹⁴² Wystawa prac arch. Z. Hadid pt. *Forest of Towers* – 2006/10-2006/11, Rove, 55 Holmes Road, London.

się, w różnych rejonach świata (Chiny, Emiraty Arabskie, Wielka Brytania, Francja, Włochy). Operowanie płynnością formy i stosowanie deformacji jest ewidentną cechą wspólną wszystkich wystawionych tam koncepcji. W porównaniu z wcześniejszymi pracami autorki widoczna jest tu zdecydowana zmiana obszaru poszukiwań twórczych (ryc. 9). Dotyczy to zarówno uzyskiwanych form jak też technik warsztatowych. Modele zostały wykonane bowiem z użyciem techniki stereolitograficznej¹⁴³, a więc przeniesione bezpośrednio z przestrzeni komputerowej w postaci trójwymiarowego wydruku (ryc. 18). Podobnie obserwacje można poczynić analizując prace innych architektów, m.in. omawianych wcześniej austriackich prekursorów dekonstrukcji – grupy Coop Himmelb(l)au. Operowanie deformacją jest silnie widoczne w prestiżowych projektach z ostatnich lat: BMW Welt w Monachium¹⁴⁴ (ukończonym w 2007 roku) oraz Musee des Confluences w Lyonie¹⁴⁵ u zbiegu rzek Rodan i Saona (w trakcie budowy, realizacja – 2013 rok).



Ryc. 18. Zwrót od dekonstrukcji ku deformacji w twórczości arch. Zahy Hadid (por. ryc. 9) – wybrane modele projektów autorki spośród prezentowanych na wystawie *Forest of Towers* w Londynie, w 2006 roku: a) Dancing Towers, Dubai (proj. 2006); b) Hotel Tower w Hamburgu; c) wioska olimpijska w Nowym Jorku (proj. 2004, niezrealizowany); d) Soho China Tower w Pekinie (proj. 2004); e) olimpijskie centrum sportów wodnych w Londynie (proj. 2005, w trakcie realizacji); f) mediateka w Peuu we Francji (proj. 2004, niezrealizowany); g) Dubai Opera House (proj. 2006). Źródło: zestawienie autora na podst. materiałów Kenny Schachter / Rove

Podobnie jak idea rozbicia formy w dekonstruktywizmie, tak też deformacja w różny sposób podejmowana jest przez architektów związanych z nutem fałdowania (folding). Pionierskie przykłady stosowania deformacji odnajdujemy w pracach Petera Eisenmana już na początku lat 90. Można się tu odwołać do w dwóch szeroko cytowanych projektów autora: planu urbanistycznego osiedla Rebstockpark we Frankfurcie nad Menem (1990)¹⁴⁶ oraz niezrealizowanej koncepcji hotelu Max-Reinhardt-Haus w Berlinie (1992)¹⁴⁷. W obu przykładach odnajdujemy zupełnie inny rezultat niż we wspomnianych pracach Zahy Ha-

¹⁴³ Jedną z technik *rapid prototyping*. Model wykonywany jest automatycznie z odpowiednich polimerów utwardzanych warstwowo za pomocą lasera (na zasadzie składania kolejnych przekrojów poziomych w bryłę).

¹⁴⁴ BMW Welt, 2001-2007, patrz: →<http://www.coop-himmelblau.at/>; *Architecture Now* 6, op. cit., s. 124-133.

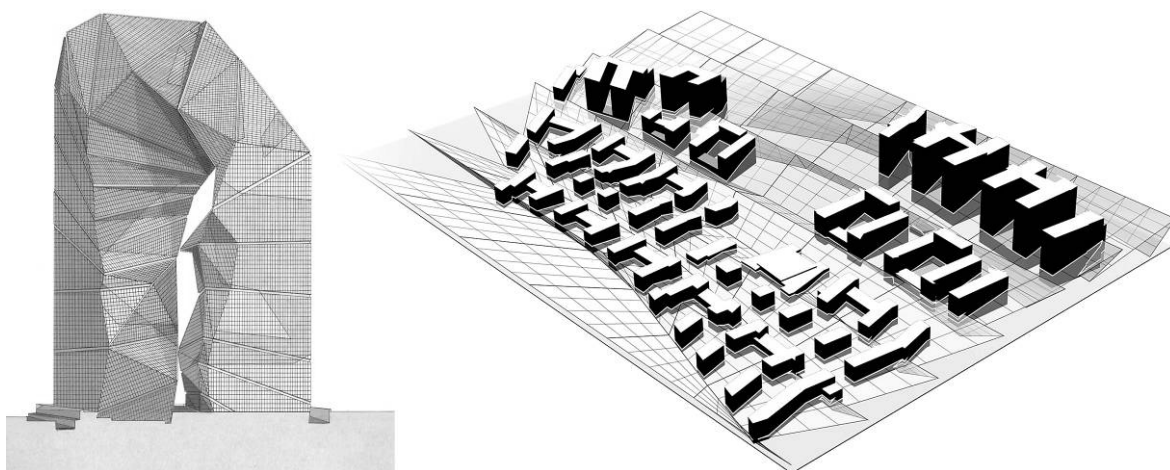
¹⁴⁵ Musee des Confluences, 2000-2013, patrz: m.in. →ibidem, *Architecture Now* 2, op. cit., s. 76-79.

¹⁴⁶ Patrz: Ciorra 1995, op. cit., s. 200-205; Kozina 2007, op. cit., s. 49-51.

¹⁴⁷ Patrz: Ciorra, ibidem, s. 184-191.

did. Mimo iż formy nie są tak płynne i opływowe, to jednak logika ich budowy zdecydowanie odbiega od idei rozbicia w kierunku deformacji i topologii.

Odmienność projektu osiedla Rebstockpark względem realizacji architektury dekonstrukcji jest bardzo wyraźna. Dla porównania, osią koncepcji Parc de la Villette (autorstwa Bernarda Tschumiego) było zderzenie odrębnych systemów kompozycyjnych: linii, płaszczyzn i punktów¹⁴⁸. Natomiast konstrukcja formalna zastosowana przez Eisenmana w Rebstockpark bazuje na topologicznym przekształceniu dwóch siatek modularnych: rzeczywistej i abstrakcyjnej. Pierwsza została wyznaczona przez geometrię obszaru zabudowy. Druga (abstrakcyjna), ma kształt prostokąta opisanego na tym obszarze i ustawionego zgodnie z kierunkami stron świata. Obie siatki zostały podzielone na 6 modułów i odpowiednio połączone – tworząc 7 przestrzennych fałd¹⁴⁹. Uzyskana w ten sposób powierzchnia przenika planowaną zabudowę, określając sposób kształtowania poszczególnych budynków (mieszkalnych i biurowych). Efekt zastosowanej konstrukcji przedstawia ilustracja (ryc. 19, po prawej). Projekt wyłoniono w drodze konkursu. Dopiero dwanaście lat po jego rozstrzygnięciu rozpoczęto realizację wizji Eisenmana¹⁵⁰.



Ryc. 19. Pionierskie przykłady stosowania deformacji w wybranych projektach Petera Eisenmana na początku lat 90.: projekt Max-Reinhardt-Haus w Berlinie przy Friedrichstrasse nad Sprewą, 1992 – hotel z szeregiem funkcji towarzyszących (po lewej); plan osiedla Rebstockpark we Frankfurcie nad Menem, z 1990 roku realizowany od 2002 roku (po prawej). Obie prace powstały m.in. na bazie inspiracji filozofią Gilles’a Deleuze’a i miały istotny wpływ dla kształtowania nurtu fałdowania w architekturze. Szerszy opis zastosowanych tam metod geometrycznych – w tekście. Źródło: Ciorra, 1995, s. 202; Rebstock Projektgesellschaft mbH

Znamienne dla *foldingu* (inspirowanego filozofią Deleuz’a) jest łączenie i jednoczenie różnych elementów kompozycji. Frankfurckie osiedle powstało właśnie poprzez połączenie odmiennych siatek kompozycyjnych (rzeczywistej i abstrakcyjnej), a nie w wyniku ich wzajemnego nakładania (superpozycji) i konfrontacji. Forma Parc de la Villette wynika ze zderzeń, natomiast forma Rebstockpark – z połączeń. Ten właśnie aspekt stanowi kluczowy wyróżnik fałdowania w architekturze. Podobnie też, bryła hotelu Max-Reinhardt-Haus

¹⁴⁸ Szerszy opis projektu – w poprzednim podrozdziale.

¹⁴⁹ Por. Rebstock Projektgesellschaft mbH →http://www.rebstockpark-ffm.de/rebstockpark_eisenman.htm.

¹⁵⁰ Konkurs rozstrzygnięto w 1990 roku, realizacja projektu rozpoczęła się w 2002 roku. Patrz →ibidem.

w Berlinie miała być efektem skompensowania w jednej formie złożonej dynamiki obrotu sześcianu prowadzonego po eliptycznym torze wstęgi Möbiusa (ryc. 19, po lewej). Konstrukcja tej futurystycznej bryły została wyjaśniona w towarzyszących projektowi diagramach¹⁵¹. Obiekt nasuwa pewne skojarzenia z późniejszą realizacją (innego architekta) Rema Koolhaasa, ukończoną w 2008 roku – nową siedzibą telewizji CCTV w Pekinie.

Wstęga Möbiusa jest na różne sposoby interpretowana i cytowana przez wielu architektów związanych z nurtem fałdowania¹⁵². Wymienić tu można choćby znaną realizację domu jednorodzinnego autorstwa holenderskiego architekta Bena van Berkla (Möbius House w Het Gooi¹⁵³), czy też konceptualne poszukiwania Stephena Perrella pod tym samym tytułem¹⁵⁴. Zainteresowanie architektów wstęgą wynika z możliwości łączenia odmiennych przestrzeni (ściślej powierzchni). Pojedynczy pasek papieru ma zawsze dwie strony, podobnie jak kartka, na której znajduje się ten tekst. Jeśli zwiniemy pasek i skleimy jego końce, to uzyskamy kształt pierścienia, który w dalszym ciągu będzie miał dwie strony: zewnętrzną i wewnętrzną. Natomiast, jeśli w trakcie zwijania obrócimy jeden koniec o 180 stopni, to powstanie zupełnie inna, pod względem geometrycznym, forma. Nie będzie można w niej wyodrębnić strony zewnętrznej i wewnętrznej – obie będą płynnie połączone tworząc tylko jedną, niepodzielną powierzchnię. Ten eksperyment opisany przez niemieckiego matematyka¹⁵⁵ znany jest od ponad 150 lat. Dla współczesnej architektury jak też dla filozofii Deleuz'a ma on jednak dodatkowe znaczenia. Jest symbolem możliwości łączenia i zacierania granic pomiędzy pojęciami uznawanymi za opozycyjne, takimi jak: wewnątrz / zewnątrz, materialne / wirtualne, prywatne / publiczne, itp.¹⁵⁶ Narzędziem tego łączenia jest deformacja (podobnie jak zwijanie kartki papieru). Jednocześnie uzyskiwanie nowych połączeń prowadzi często do zwiększania złożoności kształtowanych tak form.

Dla lepszego zilustrowania tych myśli można się odwołać do zbudowanych przykładów architektonicznych, w których dominują właśnie działania zmierzające do zacierania różnorodnych granic formalnych. Pierwszy z nich, to Muzeum Ordrupgaard pod Kopenhagą¹⁵⁷, autorstwa Zahi Hadid – stosunkowo niewielki, jednokondygnacyjny obiekt (1150m²) zlokalizowany na peryferiach miasta (ryc. 20a-c). Stanowi on formę rozbudowy historycznej części muzeum malarstwa impresjonistycznego. W porównaniu z innymi pracami autorki, jest wyjątkowo neutralny i niepozorny. W wyraźny sposób forma nie zmierza do konfrontacji ze starszą częścią muzeum (zawartą w neoklasycystycznym budynku z 1917 r.).

¹⁵¹ Patrz: Gorczyca A., "Motion as modern way of expressing architecture", *Internet-Journal: CG&G*, vol. 7, no 3, s. 22-40, MEPhI, Moskwa 2005, →<http://www.cg-journal.com/2005-3/04.htm>, Fig. 5.

¹⁵² Thulaseedas J., Krawczyk R., "Mobius Concepts in Architecture", *ISAMA / Bridges 2003 – Conference, Mathematical Connections in Art, Music, and Science*, Granada University, 2003.

¹⁵³ Möbius House w Het Gooi (Holandia), proj. UN Studio (arch. Ben van Berkel, Caroline Bos), 1993-1998. Patrz: Winskowski P., *Modernizm przebudowany...*, Universitas, Kraków 2000, s. 127-128; patrz też: Thompson J. C., *40 Architects under 40*, Taschen, Kolonia 2000, s. 522-527.

¹⁵⁴ *The Möbius House Study*, proj. Stephen Perrella, Rebecca Carpenter, 1997-1998. Patrz: Emmer 2004, *Mathland*, op. cit., s. 76-77; Achramowicz R., "Podłoże kulturowe przemian", *Architektura współczesna wobec natury*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2002, s. 65.

¹⁵⁵ August Ferdinand Möbius (1790-1868).

¹⁵⁶ Por: Petresin V., Robert L. P., "The Double Möbius Strip Studies", *Nexus Network Journal*, vol. 4 no. 2, Birkhäuser, Bazylea 2002, s. 57.

¹⁵⁷ Patrz: Skude F., "Blind Folding: The Ordrupgaard Extension by Zaha Hadid", Cykl: *Current Architecture*, →<http://www.rockwool.dk/inspiration/current+architecture/blind+folding>.

Obiekt usuwa się w tło podejmując raczej pewien dialog z otaczającą go przestrzenią parkową. Jego bryła jest częściowo ukryta pod sztucznym wzniesieniem. We wnętrzu trudno jest wyróżnić poszczególne pomieszczenia. Przenikają się one wzajemnie w płynny sposób. Wydzielone jest tylko to co niezbędne: toalety, zaplecza techniczne itp. Poza tymi strefami, w budynku nie ma drzwi. Integruje się on też wyraźnie z parkiem przez przeszklone ściany zewnętrzne, które miejscami zawijają się do wnętrza obiektu. Forma kulminuje się w części z kawiarnią, gdzie sufit łączy się z podłogą tworząc charakterystyczną fałdę. Przykładem scalania przestrzeni jest również realizacja amerykańskiego architekta Vito Acconciego zlokalizowana w austriackim mieście Graz¹⁵⁸. Obiekt tworzy sztuczną wyspę na środku rzeki Mur. Główne funkcje: kładka piesza, mały amfiteatr, kawiarnia przenikają się wzajemnie w niezwyklej, spiralnej formie (ryc. 20d-f). Idea łączenia wyraża



Ryc. 20. Łączenie przestrzeni i zacieranie granic formalnych w wybranych współczesnych realizacjach architektonicznych: a) Rozbudowa Muzeum Ordrupgaard w Kopenhadze, proj. Zaha Hadid, 2001-2005 – charakterystyczny widok bryły; b) – zawinięcie przestrzeni zewnętrznej do wnętrza obiektu; c) – widok tej fałdy od zewnątrz; d) *Wyspa na rzece Mur (Murinsel)* w Grazu (Austria), proj. Vito Acconci, 2003 – widok ogólny założenia; e) – widok z centralnej części obiektu, przy małym amfiteatrze; f) – spiralne zawinięcie formy w widoku panoramicznym z kładki pieszej. Źródło: fot. autora (2006:Graz, 2008:Kopenhaga)

¹⁵⁸ Patrz: (m.in.) *Architecture Now 3*, op. cit., s. 56-65.

się w twórczości wielu innych architektów. Obiekty w większej skali to m.in. terminal portowy w Jokohamie autorstwa londyńskich architektów Farshid Moussavi i Alejandro Zaera Polo (budynek opisany na strumieniu ruchu pasażerów)¹⁵⁹ oraz najnowsza realizacja francuskiej pary: Dominique Jakob, Brendan MacFarlane – przebudowa doków paryskich (adaptacja obiektu przemysłowego z 1907 roku, polegająca na dodaniu doń amorficznej formy scalającej starą strukturę i tworzącej w niej nowe połączenia formalne)¹⁶⁰.

Zupełnie inne sposoby stosowania deformacji jako narzędzia projektowania obserwujemy w pracach Franka Owena Gehry'ego. Jego warsztat twórczy wyraźnie różni się od tego, którym operuje Eisenman i wielu innych architektów. Gehry kształtuje swoje budowle w sposób intuicyjny. Nie szuka sztywnych reguł geometrycznych, które opisywałyby zasadę ich konstrukcji. Nie odwołuje się do matematyki i filozofii. Nie głosi i nie publikuje teorii architektonicznych. Dochodzi do określonych rozwiązań głównie poprzez niezliczone szkice i modele wykonywane w różnych skalach i z różnych materiałów. Jencks określa go mianem rzeźbiarza przestrzeni oraz przedstawiciela generacji formalnej, a nie – tej filozoficznej¹⁶¹. Niemniej operowanie deformacją jest charakterystyczne dla całego okresu jego twórczości, począwszy od połowy lat 80. Zdecydowaną jej kulminacją jest budynek Muzeum Guggenheima w Bilbao, ukończony w 1997 roku (ryc. 21). Jest to zarazem jedna z najbardziej rozpoznawalnych awangardowych realizacji architektury współczesnej minionego wieku. Po wieloma względami przewyższa ona zarówno wcześniejsze, jak też późniejsze budowle autora¹⁶².

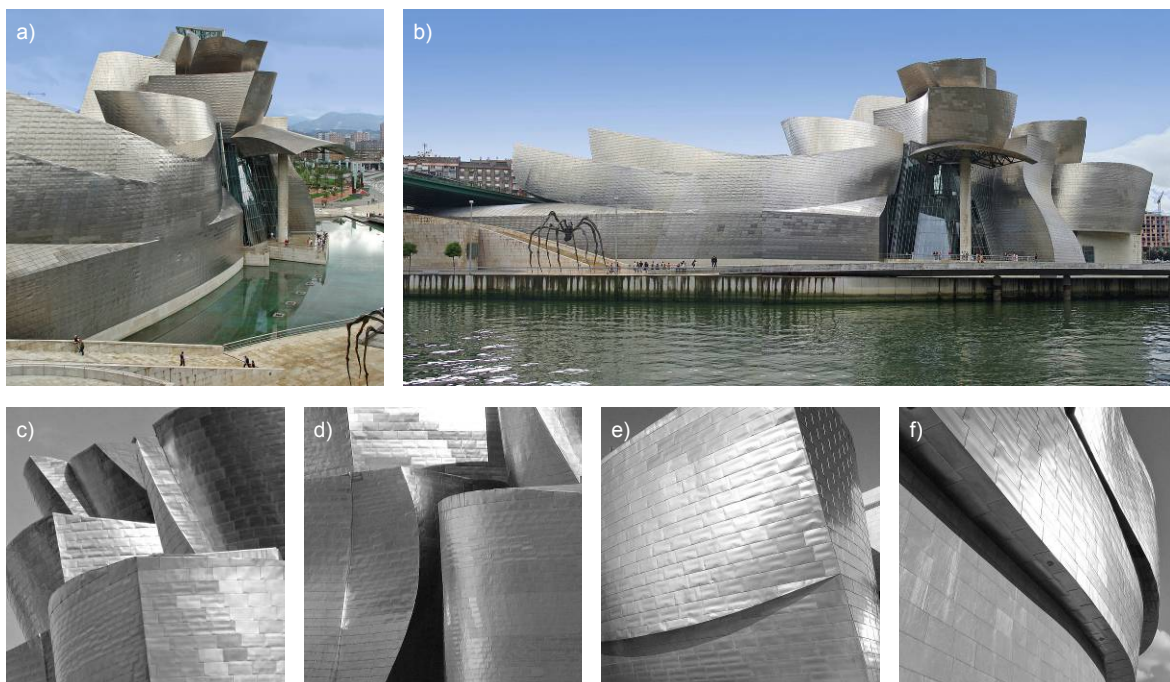
W koncepcji formalnej muzeum odnajdujemy zarówno metodę zderzeń (charakterystyczna dla dekonstrukcji) jak też bardzo wyraźną deformację (właściwą dla nurtu fałdowania). W odróżnieniu od opisanego wcześniej osiedla we Frankfurcie (Eisenmana), forma muzeum nie jest wynikiem pojedynczego procesu deformacji. Jest raczej kompozycją wielu takich działań – stosowanych niezależnie dla różnych fragmentów bryły. Poszczególne deformacje składowe przypominają przedstawioną wcześniej symulację (pierwsze etapy ryc. 17). Ostatecznie, kształt budynku wyznaczony jest przez 26 różnorodnych *płatów* powierzchni, pokrytych blachą tytanową. Rozciągają się one w różnych kierunkach i zbiegają w punkcie podkreślającym oś wertykalną. Łączą się, wyznaczając kolejne moduły formy lub też przenikają się, zwiększając złożoność bryły. Wokół muzeum stale krąży tłum zwiedzających, zainteresowanych przede wszystkim architekturą muzeum, a nie ekspozycją i treścią. Forma bez wątplenia jest intrygująca. Postrzegana z różnych kierunków prezentuje się inaczej. Mimo oczywistej złożoności nie wydaje się być przesycona ilością elementów składowych i krzywizn. W wyrwanych kadrach obserwujemy za to wysublimowaną grę powierzchni (ryc. 21c-f).

¹⁵⁹ Yokohama International Port Terminal, proj. Foreign Office Architects, 2000-2002. Patrz: (m.in.) Jencks Ch., *The New Paradigm in Architecture. The Language of Post-Modernism*, Yale University Press, 2002, s. 235-237; *Architecture Now 3*, op. cit., s. 152-163.

¹⁶⁰ Docks De Paris, proj. Jakob + MacFarlane, 2004-2007. Patrz: "Docks de Paris, cité de la Mode et du Design", *Travaux* no 852, s. 55-63; *Architecture Now 6*, op. cit., s. 276-279. Architekci znani byli wcześniej z projektu restauracji "Georges" w paryskim Centrum Pompidou (1998-2000).

¹⁶¹ Jencks 2002, op. cit., s. 249 (podobnie jak Libeskind).

¹⁶² Por. ibidem, s. 256.



Ryc. 21. Kumulacja wielu odrębnych deformacji w jednym obiekcie, charakterystyczna dla twórczości arch. Franka O. Gehry'ego, na przykładzie Muzeum Fundacji Guggenheima w Bilbao, 1991-1997: a) widok z mostu nad rzeką Nervion; b) charakterystyczne ujęcie obiektu z drugiego brzegu rzeki; c,d,e,f) wybrane kadry ukazujące wysublimowaną grę powierzchni wyznaczających bryłę obiektu. Źródło: fot. autora (2006)

Po ukończeniu Bilbao, Gehry skoncentrował się m.in. na projekcie kolejnego muzeum fundacji Guggenheima, które miało powstać w Nowym Jorku¹⁶³ – nad rzeką East River, w sąsiedztwie Mostu Brooklyńskiego. Koncepcja była rozwinięciem idei formalnych zawartych w hiszpańskim pierwowzorze, jednak na znacznie większą skalę. Rozmiar wynikał z dostosowania obiektu do kontekstu – ściany wieżowców na wschodnim brzegu dolnego Manhattanu. Z uwagi na gigantyczny budżet (przekraczający miliard dolarów) oraz recesję po atakach terrorystycznych z 2001 roku projekt został zarzucony. Gdyby obiekt zbudowano, to być może byłby to kolejny przełom. Do tego jednak nie doszło. Natomiast, żadna z kilkunastu późniejszych prestiżowych realizacji autora nie powtórzyła już sukcesu Muzeum w Bilbao (choć wszystkie operowały deformacją)¹⁶⁴. Z czego wynikał ów sukces? Wymienić można różne aspekty. Nowatorstwo (zastosowanie określonych działań formalnych po raz pierwszy), umiejętne wpisanie obiektu w tkankę urbanistyczną miasta. Najistotniejsze wydaje się jednak to, co Eisenman określa mianem *efektu Bilbao*¹⁶⁵. Jak nigdy wcześniej, realizacja awangardowego obiektu architektonicznego wpłynęła na promocję miasta, w którym powstał. Odważna decyzja lokalnych władz okazała się sukcesem finansowym. Inwestycja za około 100 milionów dolarów zwróciła się w ciągu niespełna trzech lat. W wymiarze globalnym, wpłynęło to na zwiększenie akceptacji społecznej dla śmia-

¹⁶³ Mowa tu o drugim muzeum Guggenheima w Nowym Jorku (autorem pierwszego jest F.L. Wright). Gehry rozpoczął prace na projektem w 1998 r. Pierwsza prezentacja koncepcji odbyła się w 2000 r. Patrz: ibidem, s. 259-262; Emmer 2004, "Mathland – From Topology...", op. cit., Fig. 2.

¹⁶⁴ Zollhof w Düsseldorfie (1999), Experience Music Project w Seattle (2000), Walt Disney Concert Hall w LA (2003), Stata Center, MIT Cambridge USA (2003) i kilkanaście innych realizacji. Patrz też: *GA Document 68: Frank O. Gehry. 13 Projects after Bilbao*, ed. Futagawa Y., EDITA, Tokyo 2002.

¹⁶⁵ Jencks 2002, op. cit., s. 217.

łych realizacji architektonicznych oraz form topologicznych¹⁶⁶ jako takich. Przyczyniło się to też do rozwoju omawianej tu szerzej tendencji do stosowania form złożonych. Dowiodło, że inwestowanie w awangardową architekturę może być opłacalne.

Muzeum w Bilbao jest też pierwszym znaczącym przykładem wykorzystania współczesnych technik komputerowych do racjonalizacji kosztów budowy. Deformacja wpływa bez wątpienia na zwiększenie złożoności formy, a w ślad za tym – na koszt realizacji obiektu, w którym została ona użyta. Odwołać się tu można choćby do schematu, przedstawionego na wstępie rozdziału, opisującego mechanizm tej metody formalnej (ryc. 15). Już w pierwszych krokach przedstawionej tam transformacji geometrycznej układ powtarzalnych elementów został przekształcony na taki, w którym każdy element był inny. Wydaje się, że zbudowanie obiektu z całkowicie niepowtarzalnych elementów składowych powinno przekreślać szanse jego realizacji. Jednak współczesne techniki komputerowe umożliwiają urzeczywistnianie takich wizji przy zachowaniu racjonalnych podstaw ekonomicznych. W projekcie muzeum w Bilbao wykorzystano program CATIA, używany wcześniej w przemyśle lotniczym (m.in. do projektowania myśliwców Mirage). Makieta prezentująca finalną wizję bryły została odpowiednio zeskanowana i komputerowo przetworzona. Użytkano tak dokumentację techniczną obiektu. Przy budowie złożonych krzywizn wykorzystywano pozycjonowanie laserowe. Szerszy komentarz tych działań przedstawiony jest m.in. w jednej z książek wydawanych pod redakcją Antonino Saggio z serii *IT-Revolution*, autorstwa Bruce'a Lindseya¹⁶⁷. Omówienie użytych metod prezentuje też Adam Gorczyca¹⁶⁸. Reasumując, zastosowanie nowoczesnej techniki stworzyło podstawy ekonomiczne dla realizacji muzeum w Bilbao. Pozwoliło na radykalne obniżenie kosztów budowy. Jak podaje Jencks¹⁶⁹, był on większy jedynie o 10-15% niż koszt realizacji obiektu o podobnej kubaturze i prostej formie (pozbawionej wszelkich krzywizn i złożoności).

W ciągu ostatnich kilkunastu lat, pionierskie techniki komputerowe użyte przy realizacji Muzeum w Bilbao, znacząco się upowszechniły. Architektura zyskuje nowe możliwości realizacji złożonych form przestrzennych z zachowaniem racjonalnych kosztów budowy. Sterowane cyfrowo wycinarki i obrabiarki (CNC¹⁷⁰) pozwalają m.in. na kształtowanie powierzchni membranowych o indywidualnych kształtach (i z różnych materiałów) oraz na tworzenie form negatywowych do odlewów z betonu. Stosowanie elementów powtarzalnych przestaje być wymogiem. Dla zobrazowania tego można się odwołać do porównania z drukarką komputerową. Wydruk stu kopii tej samej strony kosztuje tyle samo co druk stustronicowej książki (gdy na każdej stronie zawarty jest inny tekst i inne ilustracje). Wydaje się, że podobnym kierunkowi zmierza też rozwój technik budowlanych. Jeszcze 20 lat temu, skonstruowanie obiektu z całkowicie niepowtarzalnych elementów byłoby ekonomicznie irracjonalne. Tymczasem współcześnie staje się to możliwe. Tym samym również

¹⁶⁶ Konstruowanych w oparciu opisywaną tu metodę deformacji.

¹⁶⁷ Lindsey B., *Digital Gehry – Material Resistance Digital Construction*, IT Revolution in Architecture, ed. Antonino Saggio, Birkhäuser, 2001.

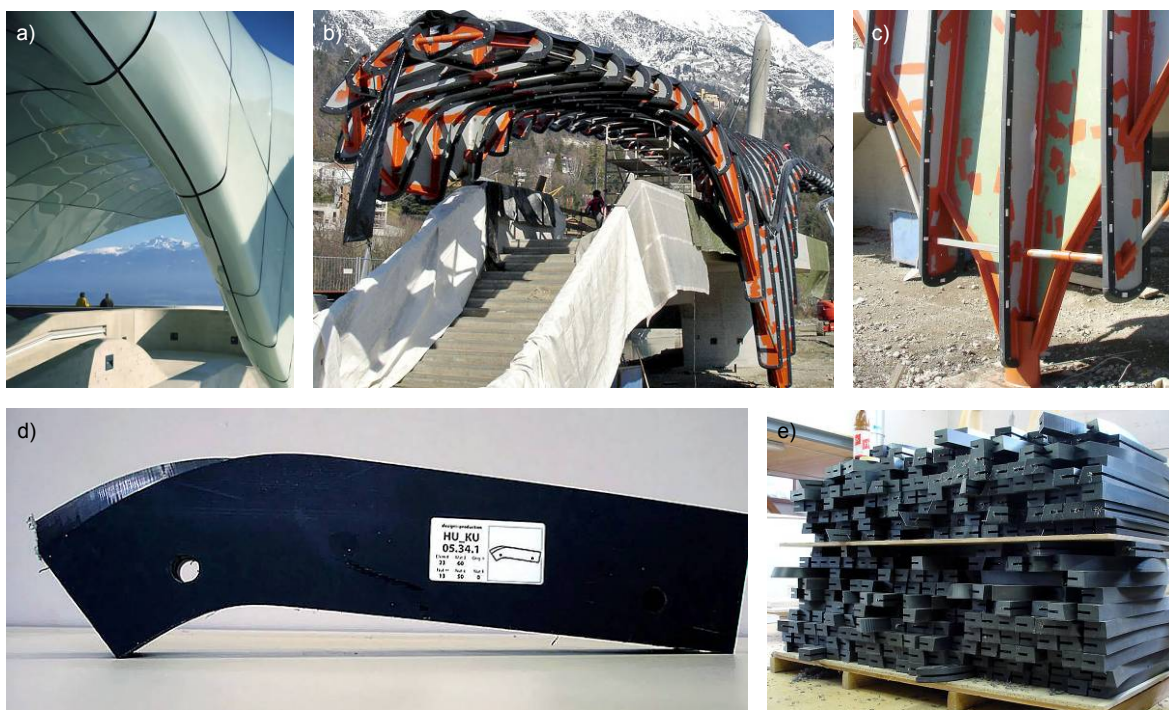
¹⁶⁸ Gorczyca A., *Interakcja technik komputerowych nowej generacji z metodami projektowania (...)* – dysertacja, Politechnika Warszawska WA, 2003, s. 168-180.

¹⁶⁹ Jencks 2002, op. cit., s. 251.

¹⁷⁰ CNC = Computerized Numerical Control.

cyfrowe technologie budowlane wspierają (prezentowaną tu) tendencję do stosowania form złożonych w architekturze.

Za ilustrację przedstawionych w poprzednim paragrafie rozważań posłużyć może przykład jednej z najnowszych realizacji autorstwa Zaha Hadid. W projekcie stacji kolejki linowej w austriackim Innsbrucku¹⁷¹ odnajdujemy wyraźne ślady stosowania deformacji (ryc. 22). Każda ze stacji jest indywidualnie zaprojektowana. Kluczowym elementem są zadaszenia o charakterystycznych dla autorki płynnych kształtach (por. ryc. 18). Ich interpretacja jako topologicznych przekształceń prostszych form wyjściowych wydaje się być w pełni uzasadniona (por. ryc. 17). Optywowe kształty (przypominające topniejące bryły lodowe) mogą być też kojarzone z architekturą blobu (co będzie szerzej omówione w dalszej części rozdziału). Skomplikowana forma przekłada się na niepowtarzalność modułów konstrukcji stalowej oraz geometrii poszczególnych tafli szkła. O rzeczywistej złożoności projektu świadczy też pozornie prosty problem techniczny, dotyczący wykonania polietylenowych profili łączących szkło ze stalą. Okazało się, że każdy z tysięcy tych elementów powinien mieć indywidualny kształt¹⁷². Rozwiązanie opracowane zostało przez małą szwajcarsko-niemiecką firmę Design-to-Production¹⁷³ założoną i kierowaną przez Fabiana Scheurera



Ryc. 22. Całkowita niepowtarzalność kształtów elementów budowlanych jako konsekwencja stosowania deformacji w projektowaniu formy oraz przełamywanie wynikających z tego barier technologicznych (z użyciem technik CNC) – na przykładzie realizacji 4 stacji kolejki linowej w Innsbrucku (Nordpark), proj. Zaha Hadid, 2004-2007, współpraca przy wykonaniu Design-to-Production (arch. Fabian Scheurer): a) charakterystyczne szklane zadaszenia; b,c) konstrukcja zadaszeń (stacja Löwenhaus w trakcie budowy); d) jeden z ok. 2500 polietylenowych profili do mocowania tafli szkła (każdy o innym kształcie) – na etykiecie zamieszczony jest odpowiedni kod określający miejsce montażu oraz widok aksonometryczny konkretnego elementu; e) paleta zawierająca ok. 320 profili (1/8 wszystkich profili użytych w 4 stacjach). Źródło: Design-to-Production

¹⁷¹ Haduch B., "bez Zaha-mowań", *Architektura & Biznes* 2008/02, s. 60-65.

¹⁷² Różnorodność kształtów profili wynikała złożonej, topologicznej formy zadaszeń.

¹⁷³ Patrz: →<http://www.designtoproduction.com>.

(młodego architekta i informatyka w jednej osobie). Ich zadanie polegało na zaprojektowaniu procesu produkcji polietylenowych elementów – wyodrębnieniu odpowiednich danych z komputerowego modelu obiektów (CAD) i zamianie ich na sekwencje instrukcji (CAM) rozpoznawane przez cyfrowo sterowane wycinarki (CNC)¹⁷⁴. Ostatecznie, na placu budowy pojawiły palety z gotowymi profilami (ryc. 22d), z których każdy był opatrzony odpowiednią etykietą określającą miejsce montażu (ryc. 22e).

Oprócz nowych możliwości, jakie wynikają z zastosowań produkcji cyfrowej w budownictwie, współczesna technika komputerowa wspomaga przede wszystkim proces modelowania form kształtowanych z użyciem metody deformacji. O ile w dekonstruktywizmie zastosowanie komputera nie miało istotnego znaczenia dla rozwoju kierunku, o tyle *fold-ing* architektoniczny wyraźnie wspiera się tą technologią¹⁷⁵. Przedstawiona wcześniej, analiza deformacji prostopadłościanu (ryc. 17) jest trudna do symulacji, bez użycia odpowiedniego oprogramowania. Niełatwo jest też modelować podobne efekty operując wyłącznie technikami manualnymi. Metoda rozbicia formalnego (związana z dekonstrukcją) może być w prosty sposób aplikowana w większości programów używanych w biurach architektonicznych. Już od kilkunastu lat umożliwiają one stosowanie tzw. funkcji boolowskich na obiektach bryłowych (łączenie, odejmowanie oraz wyznaczanie części wspólnych). Natomiast operowanie metodą deformacji w projektowaniu wymaga z reguły bardziej zaawansowanych technik komputerowych i matematycznych – takich jak powierzchnie NURBS¹⁷⁶. U schyłku lat 90. narzędzie to było dostępne jedynie w nielicznych i niezwykle drogich specjalistycznych aplikacjach komputerowych, jak m.in. we wspomnianym wcześniej programie CATIA. Natomiast z początkiem obecnego wieku oprogramowanie wyposażone w modelowanie NURBS (m.in. Rhino¹⁷⁷), stało się osiągalne za znacznie niższą cenę, mieszczącą się budżecie nawet małych biur architektonicznych i (w wersjach edukacyjnych) studentów. Upowszechnienie takich narzędzi komputerowych ma bez wątpienia istotny wpływ na poszukiwania twórcze współczesnych architektów.

Odrębną techniką komputerową, wspomagającą projektowanie deformacji jest modelowanie parametryczne. Zakres zastosowań tej metody jest znacznie szerszy. Jednak właśnie w dziedzinie kształtowania form topologicznych jest ona bardzo skutecznym narzędziem. W większości popularnych programów CAD poszczególne elementy modelu traktowane są niezależnie, a ich usytuowanie w przestrzeni określane jest względem uniwersalnego układu współrzędnych. Wyznacznikiem modelowania parametrycznego jest natomiast tworzenie hierarchicznej sieci zależności geometrycznych i jakościowych między poszczególnymi elementami formy. Wzajemne relacje definiowane są w postaci parametrów, które mogą określać (m.in.) proporcje projektowanego obiektu, wymiary powtarzalnych elementów składowych lub też rozmaite współczynniki deformacji. Zmiana wartości

¹⁷⁴ Opis zastosowanych metod w: *From Control to Design: Parametric/Algorithmic Architecture*, ed. Sakamoto T., Ferec A., Actar 2008, s. 180-185; parz też: →<http://www.designtoproduction.ch/content/view/9/33/>.

¹⁷⁵ Por: Pongratz C., Perbellini M.R., *Natural Born CAADesigners: Young American Architects*, IT Revolution in Architecture, ed. Antonino Saggio, Birkhäuser, 2000.

¹⁷⁶ NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline), patrz: Szalapaj P., *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*, Architectural Press, 2005, s. 250-253.

¹⁷⁷ Popularna nazwa programu Rhinoceros, informacje o programie: → <http://www.rhino3d.pl/>.

parametrów skutkuje szybkim przekształceniem całej bryły obiektu. Znanym przykładem architektonicznym, w którym metoda została zastosowana, jest londyński biurowiec Swiss Re projektu Normana Fostera¹⁷⁸. Wcześniej użył jej angielski architekt Nicholas Grimshaw przy projektowaniu przebudowy terminalu Waterloo¹⁷⁹ (również w Londynie).

Niektórzy współcześni krytycy przypisują wspomnianej metodzie istotne znaczenie dla rozwoju przyszłej architektury. Wymienić tu można choćby Patrika Schumachera (bliskiego współpracownika Zahy Hadid i autora licznych publikacji). W 2008 roku, na Weneckim Biennale wygłosił on referat, w którym zawarł *manifest parametryczny* (dosłowny cytat z tytułu wystąpienia)¹⁸⁰. Prognozuje on tam nadejście nowego stylu w architekturze, następującego po modernizmie i opartego właśnie na stosowaniu systemów parametrycznych. Również Ferda Kolatan z uniwersytetu w Pensylwanii nadaje istotne znaczenie projektowaniu parametrycznemu¹⁸¹. Kilkanaście lat wcześniej, przemyślenia dotyczące możliwości aplikacji tej metody w architekturze opisywane były również przez autora niniejszej pracy¹⁸². Wczesnym przykładem jej zastosowania jest m.in. współautorski¹⁸³ niezrealizowany projekt domu zdrojowego w centrum Sopotu, opracowany w 1996 roku (ryc. 23a). Złożona i topologicznie zdeformowana bryła została (w całości) zdefiniowana i zakodowana w postaci algorytmu komputerowego¹⁸⁴. Odpowiedni system parametrów pozwalał na wieloaspektową modulację jej kształtów i dobór optymalnego rozwiązania. Szerszy opis projektu przedstawiony jest w odrębnych publikacjach¹⁸⁵. Stosowanie modelowania parametrycznego jako narzędzia deformacji architektonicznej odnajdujemy też aktualnie w pracach holenderskiego architekta Kasa Oosterhuisa. Dotyczy to m.in. jego najnowszych realizacji związanych z barierą akustyczną przy autostradzie pod Utrechtem¹⁸⁶ (ryc. 23b-c).

Techniki modelowania komputerowego wpłynęły też na ukształtowanie nowego obszaru stosowania deformacji, określanego w literaturze mianem architektury blobów. Prekursorem i zadeklarowanym protagonistą kierunku jest Greg Lynn. W całym okresie jego twórczości był on w zdecydowanej opozycji do założeń dekonstruktywizmu i postrzegania świata w kategoriach zgodnych z filozofią Derridy. Na początku lat 90. to właśnie z jego inicjatywy i pod jego reakcją została wydana (wspomniana wcześniej) publikacja AD inicjująca nurt fałdowania w architekturze¹⁸⁷. Idea blobu nie jest sprzeczna z założeniami foldingu. Stanowi raczej pewien podzbiór rozwiązań formalnych możliwych do uzyskania przez stosowanie deformacji. Kluczowe znaczenie dla propagacji idei miał projekt teore-

¹⁷⁸ Stacey M., *Digital Fabricators*, University of Waterloo School of Arch. Press, 2004, s. 16-21.

¹⁷⁹ Gorczyca 2003, op. cit., s. 174-176.

¹⁸⁰ Schumacher P., *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto* [na:] *Dark Side Club*, 11th Architecture Biennale, Venice 2008 (tekst wystąpienia: →<http://www.patrikschumacher.com/>).

¹⁸¹ Kolatan F., "Responsive Architecture through Parametric Design", *NKS2006 (Wolfram Science Conference)* → <http://www.wolframscience.com/conference/2006/presentations/kolatan.html>.

¹⁸² Paszkowski Z., Rubinowicz P., "Toward the Parametric Modeling in Architecture and Design", *Proceedings of 7th ICECGDG*, Kraków 1996, s. 33-36; Rubinowicz P., "Computer Parametric Modeling as a New Design Strategy", *CAD Creativeness*, Białystok 1996, s. 207-214.

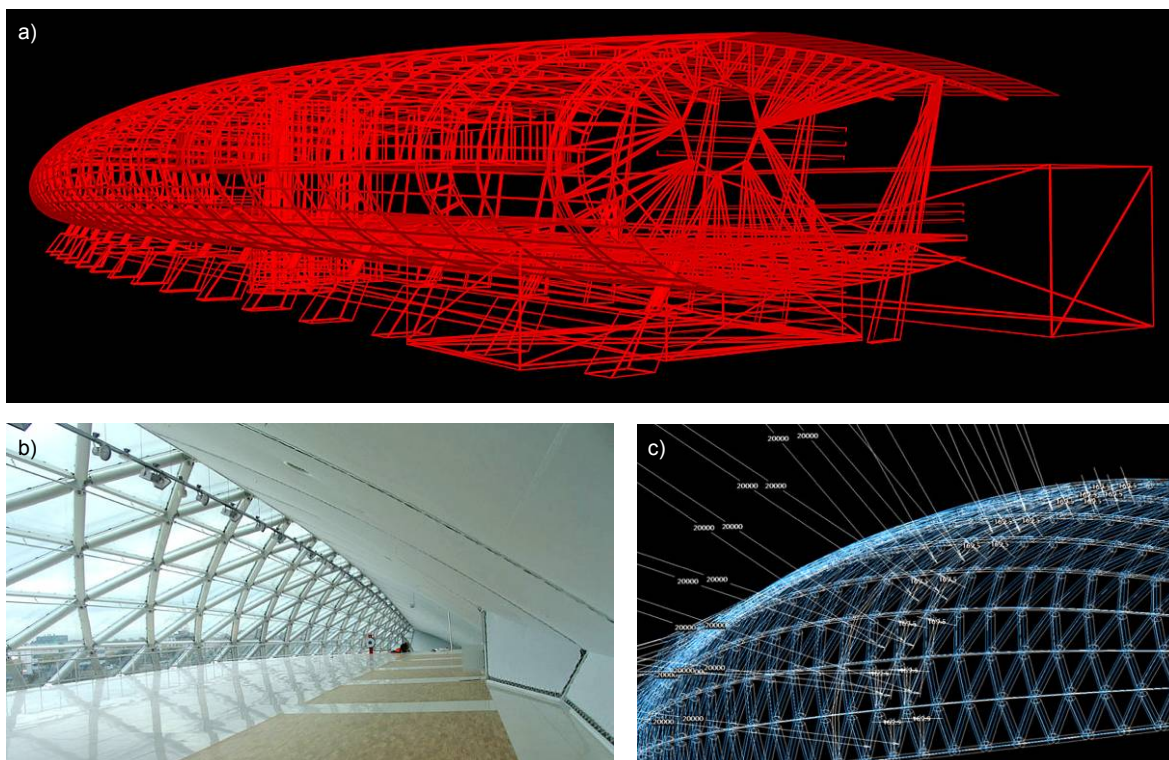
¹⁸³ Projekt konkursowy opracowany we współpracy autora z zespołem Autorskiej Pracowni Architektury URBICON Sp. z o.o. w Szczecinie, pod kierunkiem prof. Zbigniewa Paszkowskiego.

¹⁸⁴ Z użyciem autorskiego oprogramowania, patrz: *MODEL*, op. cit.

¹⁸⁵ Paszkowski, Rubinowicz 1996, op. cit.

¹⁸⁶ Hessing Cockpit (2005), Acoustic Barrier (2006), Ekris Headlights (2007) →<http://www.oosterhuis.nl/>.

¹⁸⁷ *Folding in Architecture*, op. cit.



Ryc. 23. Projektowanie deformacji z zastosowaniem komputerowej metody modelowania parametrycznego (wybrane przykłady): a) Dom Zdrojowy w Sopocie (niezrealizowany), proj. opracowany we współpracy autora z zespołem APA URBICON Sp. z o.o., 1996; b) salon samochodowy firmy Hessing przy autostradzie pod Utrechtem zintegrowany z barierą akustyczną, proj. holenderskiej firmy ONL (arch. Kas Oosterhuis, Ilona Lenard), 2004-2006 – widok wnętrza obiektu; c) – parametryczne modelowanie złożonej formy obiektu. Źródło: a) opr. autora z użyciem programu MODEL¹⁸⁸ (1996), b-c) ONL Architecture

tyczny Lynna z 1998 roku zatytułowany *Embryological House* (ryc. 24a). Przy jego modelowaniu zastosowane zostały techniki komputerowe przeznaczone dla przemysłu filmowego i używane wcześniej w Hollywood do efektów specjalnych i animacji. Główne narzędzia softwarowe pozwalające na konstruowanie blobów¹⁸⁹ to *meta-clay* i *meta-ball*. Dostępne są m.in. w programach oferowanych przez firmę Autodesk: Softimage i Maya. Czym zatem jest blob? Nie jest on zbudowany z krzywych i powierzchni. Jest to raczej wynik interakcji form przypominających krople wody lub też kuli rtęci. Mogą one na siebie wzajemnie oddziaływać i łączyć się tworząc bardziej złożone organizacje. Obce dla blobów są krawędzie wynikające ze styku różnych powierzchni jak też wszelkie fragmenty płaskie. Jest to najczęściej zwarta forma kompensująca w sobie i wygładzająca różne kształty. Konstrukcja może przypominać interpolację wykresu lub też zamianę polilinii na splajn¹⁹⁰ w AutoCADzie – tyle, że w przypadku blobów działania te są trójwymiarowe¹⁹¹.

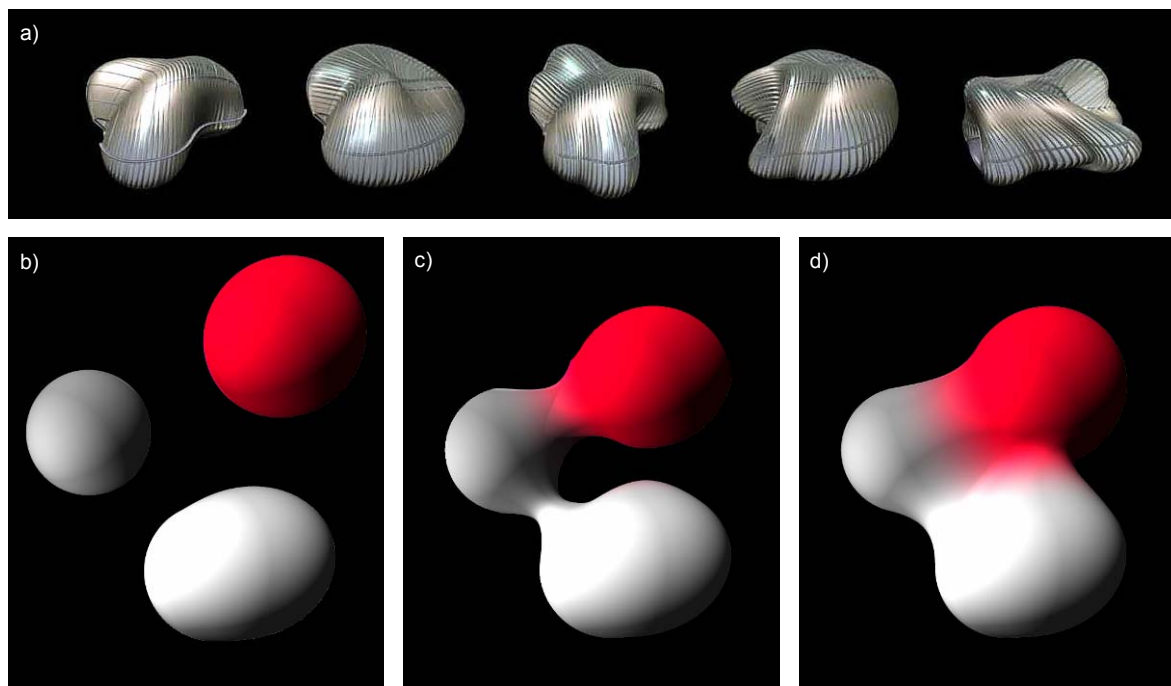
Dalsza charakterystyka pojęcia blobów wymaga już odwołania się do języka komputerowego. Owa kategoria form, wykorzystywana w najnowszej twórczości architektonicznej,

¹⁸⁸ MODEL (autorski program komputerowy), op. cit.

¹⁸⁹ Por. Jencks 2002, op. cit., s. 219.

¹⁹⁰ Splajn, to rodzaj krzywych modelowanych analogicznie jak powierzchnie NURBS. Dostępny jest w programach Autodesk AutoCAD od lat 90. Por: Pikoń A., *AutoCAD 13*, Helion, Gliwice 1995, s. 97.

¹⁹¹ Por. Gorczyca 2003, op. cit., s. 107-108; DeLuca F., *Behind the scenes (...)*, Brikhäuser 2004, s. 33-39.



Ryc. 24. Komputerowe modelowanie blobów: a) Embryological House¹⁹², proj. teoretyczny Grega Lynna, 1998; b-d) symulacja komputerowa ilustrująca zasadę konstruowania blobów. Symulacja (b-d) została wykonana z użyciem programu *Bryce 5.5* – umożliwiającego stosowanie obiektów typu *meta-ball*. Uzyskana w toku symulacji forma wynikowa (d) jest wyraźnie jednorodna i nie można, w precyzyjny sposób, wyodrębnić określonych jej części. Źródło: a) Greg Lynn Form; b-d) opr. autora z użyciem programu *Bryce 5.5*¹⁹³ (2009).

wynika bowiem wprost ze stosowania określonych technik komputerowych. Dotyczy to konkretnie wspomnianych metod modelowania¹⁹⁴ *meta-clay* i *meta-ball*. Istniały one wcześniej, zanim niektórzy architekci (wśród nich jako pierwszy – Greg Lynn), dostrzegli w nich pewien potencjał do tworzenia obiektów architektury. Stosowanie tych narzędzi ilustruje załączona symulacja (ryc. 24b-d). Pokazano tam przykładowy proces formowania blobu, który powstaje z trzech form wyjściowych (obiektów *meta-ball*). W miarę ich zbliżania do siebie, zaczynają one wzajemnie oddziaływać i zmieniać kształty. W końcowym etapie, elementy ulegają pełnej integracji, tworząc pojedynczą formę o złożonym i amorficznym kształcie (blob). Symulacja wykazuje czytelny związek takiej techniki formowania z bardziej ogólną metodą deformacji (omawianą w tym rozdziale). Wyznacznikiem tego procesu jest jednoczenie elementów oraz tworzenie między nimi nowych połączeń, nie zaś ich zderzanie czy konfrontacja – co z kolei jest istotą metody rozbicia (por. m.in. Biozentrum we Frankfurcie nad Menem autorstwa Petera Eisenmana, ryc. 11a-b).

Przedstawiona tu skrótowa charakterystyka geometrii blobów, wynika z zasad ich modelowania w programach komputerowych. Szersza prezentacja takich procesów przedstawiona jest w książce *Animate Form*¹⁹⁵, wydanej przez Lynna w rok po prezentacji *Embryological House*. Twórczość tego architekta koncentruje się przede wszystkim na teorii. Poza kościołem prezbiteriańskim na nowojorskim Long Island nie ma on istotnych realiza-

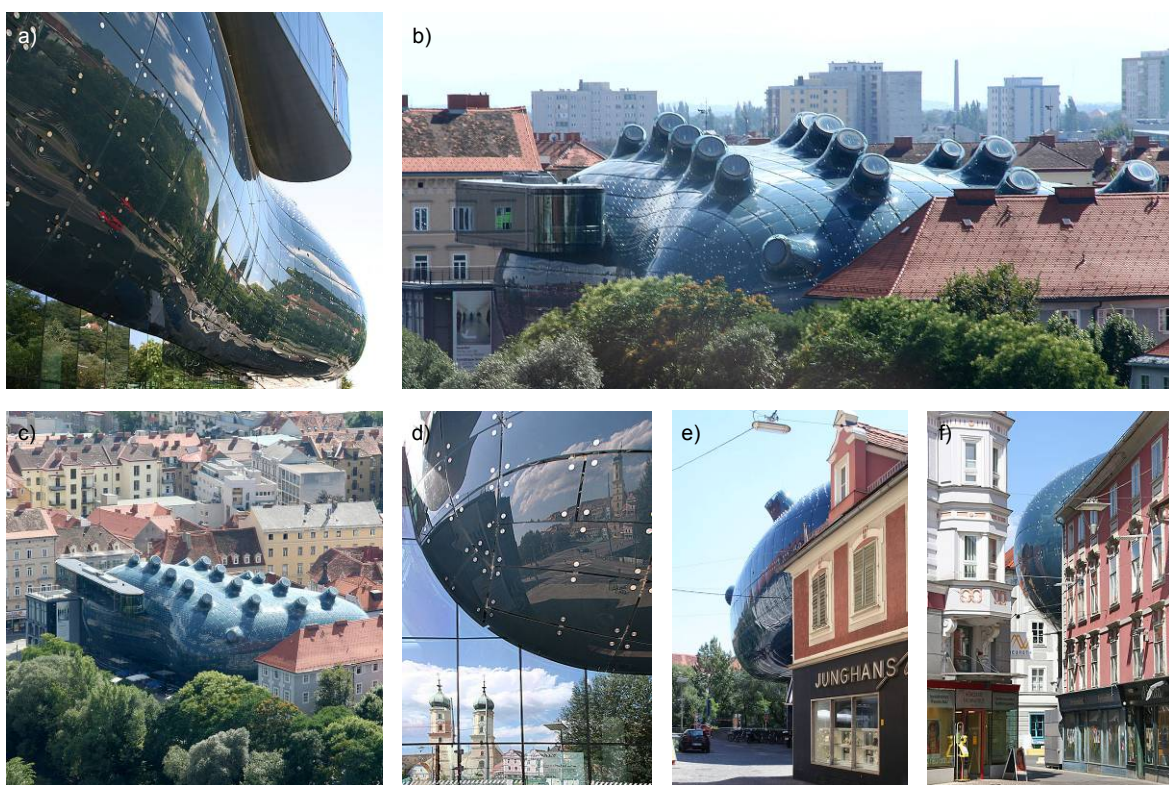
¹⁹² Patrz też: *Greg Lynn Form*, ed. Rappolt M., Rizzoli, NY 2008, s. 181-187.

¹⁹³ Program do grafiki trójwymiarowej opracowany przez firmę DAZ Productions. Wer. 5.5 powstała 2005 r.

¹⁹⁴ Opartych o zastosowanie określonych modeli matematycznych, opracowanych już w latach 80.

¹⁹⁵ Lynn 1999, *Animate Form*, op. cit., m.in. s. 30-32.

cji¹⁹⁶. Natomiast jego wpływ na architekturę współczesną jest bezsporny. Idea blobów przyjęła się zarówno jako nowe hasło, jak też jako określona metodologia działań formalnych. Wydaje się też, że z czasem znaczenie terminu poszerza się. Stosowane jest często dla nazywania awangardowych realizacji o kształtach (ogólnie) amorficznych. Idea rozwija się także na gruncie nauki. Można tu choćby wspomnieć *Blob Technology Group*¹⁹⁷ działającą na wydziale architektury uniwersytetu w Delft (po kierunkiem prof. Micka Eekhouta). Wśród realizacji, modelowym przykładem jest pawilon BMW we Frankfurcie nad Menem autorstwa niemieckiego arch. Bernharda Frankena (niewielkie założenie przypominające łączące się krople wody¹⁹⁸). Najbardziej rozpoznawalny przykład (architektury blobu) to muzeum sztuki współczesnej w Grazu (Kunsthau), zaprojektowane przez Petera Cooka (w latach 60. członka Archigramu) i Colina Fourniera¹⁹⁹. Budynek, mimo awangardowej formy, dobrze wpisuje się w kontekst urbanistycznych historycznej części austriackiego miasta. Stąd też nazwa *The Friendly Alien*, czyli „przyjazny obcy” (ryc. 25).



Ryc. 25. Architektura blobów jako podzbiór rozwiązań formalnych możliwych do uzyskania w wyniku stosowania deformacji – na przykładzie Kunsthau w Grazu (muzeum sztuki współczesnej), proj. Peter Cook, Colina Fournier, 2001-2003: a) widok zdeformowanej powierzchni obiektu; b,c) awangardowa forma architektoniczna w jej kontekście urbanistycznym (ekspozycja ze wzgórza zamkowego); d) styk blobu z płaską ścianą zewnętrzną w parterach; e,f) fragmenty blobu na tle zabudowy historycznej. Źródło: fot. autora (2006)

¹⁹⁶ Korean Presbyterian Church, Long Island City, NY 1995-1999, proj. Greg Lynn Form wraz z Garofalo Architects, Michael McInturf Architects; patrz: *Architecture Now 1*, op. cit., s. 192-197.

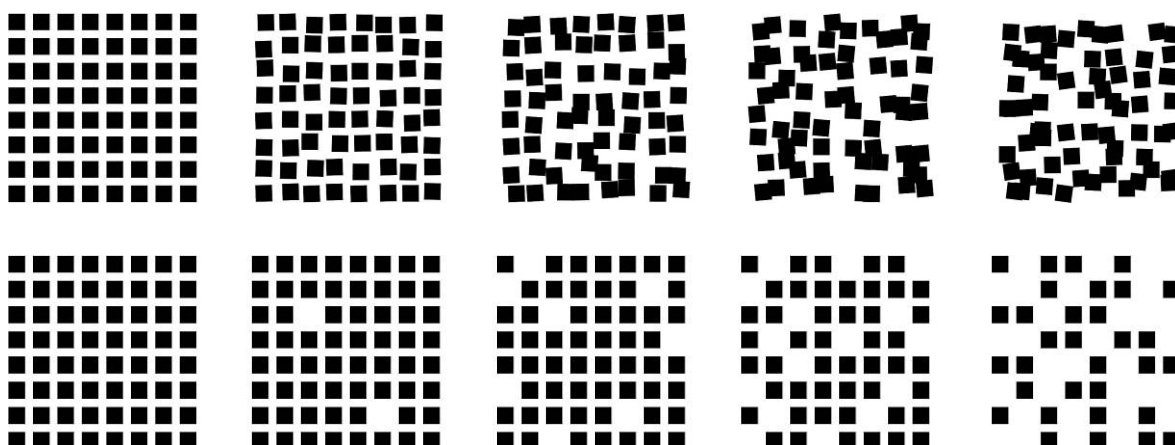
¹⁹⁷ Blob Technology Group, Delft University of Technology → <http://www.blob.tudelft.nl/>.

¹⁹⁸ Gössel P., Leuthäuser G., *Wygięcie przestrzeni* [w:] *Architektura XX wieku*, TMC-Art 2006, s. 561.

¹⁹⁹ O formie i konstrukcji obiektu: Szalaj 2005, op. cit., s. 87-105.

2.5. METODA ROZPROSZENIA

Kolejną techniką uzyskiwania wysokiej złożoności formalnej, stosowaną w architekturze współczesnej obok rozbicia i deformacji, jest działanie określane w pracy mianem *rozproszenia*. Wyróżnić można dwa podstawowe wyznaczniki budowy form konstruowanych wedle tej metody. Po pierwsze, wymagana jest wielość elementów składowych w formie²⁰⁰. Po drugie, w jej komponowaniu stosowany jest czynnik losowy. Ogólna zasada metody została zilustrowana na załączonym schemacie (ryc. 26). Rysunek przedstawia dwie przykładowe sekwencje tworzenia form rozproszonych²⁰¹. Punktem wyjścia dla obu konstrukcji była identyczna kompozycja, zbudowana z 64 kwadratów umieszczonych na regularnej siatce ortogonalnej. W kolejnych etapach pierwszej sekwencji (ryc. 26, powyżej) każdy z elementów składowych przemieszczał się niezależnie o określoną odległość w losowo dobranym kierunku oraz był odpowiednio obracany (również o losowy kąt). Druga sekwencja (ryc. 26, poniżej) ilustruje natomiast efekt modyfikacji określonej cechy elementów. Nie są one poddawane żadnym transformacjom i nie zmieniają swojego położenia. Modulowany jest natomiast ich kolor: czarny (element widoczny) lub biały (element niewidoczny). Pierwszy etap konstrukcji, w którym *znikają* dwa elementy nie tworzy jeszcze formy rozproszonej. Układ wyjściowy jest tu nadal dominujący, a brak dwóch kwadra-



Ryc. 26. Schemat ilustrujący zasadę kształtowania formy poprzez zastosowanie metody rozproszenia. Powyżej: rozproszenie polegające na zmianie położenia i obrocie poszczególnych elementów składowych formy. W pierwszym etapie ortogonalna struktura układu wyjściowego jest jeszcze czytelna. W kolejnych, wyraźnie wzrasta złożoność uzyskiwanych kompozycji. Poniżej: rozproszenie formy polegające na zmianie koloru elementów z zachowaniem stałego ich położenia (szerszy opis w tekście). Ubywają tak elementy, kolejno: 2, 8, 16 i 32. Formy rozproszone powstają w dwóch ostatnich etapach konstrukcji. Źródło: opr. autora (2007)

²⁰⁰ Określenie minimalnej ilości elementów niezbędnych dla uzyskania wrażenia formy rozproszonej nie jest jednoznaczne. Zależy jest to zarówno od indywidualnej wrażliwości odbiorcy jaki też od sposobu definiowania kompozycji. Uogólniając wydaje się jednak, że ilość ta oscyluje w granicach 20 elementów.

²⁰¹ Formy rozproszone, a więc formy skonstruowane z zastosowaniem omawianej metody rozproszenia.

tów może być odczytany jako *okaleczanie* kompozycji. Natomiast w dwóch ostatnich etapach, gdzie *ubytek* elementów jest już znaczący, układ ulega pewnej stabilizacji – tworząc porowatą strukturę formy rozproszonej.

Przedstawione na schemacie analizy zmierzają do dwóch wniosków. Po pierwsze, rozproszenie, jako metoda kształtowania formy, prowadzi do uzyskiwania większej jej złożoności. Obserwacja ta jest na tyle oczywista, że nie wymaga dodatkowych wyjaśnień. Po drugie, rozproszenie może być stosowane na różne sposoby, w wyniku czego uzyskujemy wyraźnie odmienne kompozycje. Zatem kształtowanie takich form może być również przedmiotem projektowania. Obecność czynnika losowego nie oznacza zupełnej dowolności w transformacji układu elementów. Przeciwnie, losowość tu jest dodatkowym komponentem formowania – narzędziem, które może być zastosowane według określonych reguł i w ustalonym zakresie²⁰². Prezentowane rozumienie form rozproszonych nie jest zatem równoważne pojęciu form swobodnych definiowanych przez Żórawskiego²⁰³. Kształtowanie tych drugich wiąże się raczej z wprowadzeniem pewnej dowolności w budowie formy oraz z odstępianiem od reguł porządku. Natomiast w formach rozproszonych, kompozycja pozostaje ściśle zdeterminowana, choć widoczny jest tu kluczowy dla ich budowy wpływ czynnika losowego. Obrazowo: umieszczając w sposób przypadkowy pionki na szachownicy uzyskujemy kompozycję rozproszoną. Jednak geometria, wynikająca z regularnego układu pól, będzie w dalszym ciągu widoczna. Jeśli zapełnimy pionami wszystkie wolne pola, a następnie przesuniemy każdy z nich o dwa milimetry w różnym kierunku, powstanie zupełnie inna kompozycja – złożona z 64 *rozedrganych* elementów. Powtórzenie takich eksperymentów na wielu szachownicach doprowadzi do zbudowania odmiennych kompozycji. Będą one jednak pozostawały w wyraźnym związku formalnym.

Szersze omówienie różnych aspektów budowy form rozproszonych wykracza poza zakres prowadzonego tu wywodu. Liczne symulacje i analizy komputerowe przeprowadzone przez autora²⁰⁴ (które nie zostały tu przytoczone) wskazują dodatkowo na możliwość ścisłego ich projektowania. Dwie kompozycje losowe mogą być zupełnie różne. Zatem (przykładowo) określenie: *losowy układ okien na elewacji* jest niejednoznaczne, mało precyzyjne i zdecydowanie nie wyczerpujące opisu formalnego. Sposób zastosowania czynnika losowego w budowie formy może być odpowiednio uściślany i dookreślany. Tworzy to pole do dalszej klasyfikacji pojęcia losowości w kompozycji. Interesującym zagadnieniem jest też kwestia podobieństwa form rozproszonych. Okazuje się, że dwie takie formy mogą być wzajemnie wręcz bliźniaczo podobne, nawet gdy żadna para ich elementów składowych nie będzie identyczna. Wstępne obserwacje dotyczące stosowania losowości w kompozycji i projektowaniu formy architektonicznej zostały przedstawione przez autora wcześniej, w odrębnej publikacji (1998)²⁰⁵. Podobną problematykę podjął w najnowszej

²⁰² Krawczyk R., *The Codewriting Workbook*, Princeton Architectural Press 2008, s. 227.

²⁰³ Żórawski definiuje formy swobodne jako te, których części są jedynie lekko powiązane. Jako przykład podaje m.in. układ gwiazd na nieboskłonie, patrz: Żórawski, op. cit., s. 25. Prezentowane w pracy formy rozproszone mogą być traktowane jako szczególny przypadek form swobodnych, w którym różnorodność jest wynikiem ściśle zdeterminowanej losowości, a nie dowolności.

²⁰⁴ W latach 2006-2007.

²⁰⁵ Rubinowicz P., "Parametric Modeling – Random Factors in Architecture", *Proceedings of 8th ICECGDG*, Austin, USA 1998, s. 81-85.

książce amerykański naukowiec Robert Krawczyk (2009)²⁰⁶. Kwestia ta analizowana była też w badaniach Kenny'ego Verbeecka na MIT (2006)²⁰⁷. Generalnie jednak, zagadnienie stosowania losowości w kompozycji wydaje się być dotychczas dość słabo rozpoznane i opisane. Pozostaje tu szerokie pole do dalszych badań.

W jaki sposób można scharakteryzować metodę rozproszenia, na tle wcześniej prezentowanych metod rozbicia i deformacji?²⁰⁸ W odróżnieniu od tych ostatnich, rozproszenie pozbawione jest szerszego tła ideowego. Stosowanie omawianej tu metody nie jest bowiem związane z określonym nurtem lub stylem w architekturze współczesnej. Dla porównania: idea rozbicia objawiała się w twórczości dekonstruktywistów i była inspirowana filozofią Jacques'a Derridy. Z kolei deformacja – to przede wszystkim folding, architektura blobów, inspiracje płynące z prac Gilles'a Deleuze'a i matematycznej topologii oraz nowe narzędzie wytwarzania (CNC) i modelowania form architektonicznych (NURBS). W przypadku rozproszenia, nie można wskazać podobnych podstaw. Z drugiej jednak strony, działanie to jest powszechnie stosowane przez wielu współczesnych architektów.

Jaka jest zatem geneza metody i skąd bierze się zainteresowanie rozproszeniem? Odpowiedź nie jest oczywista. Zagadnienie nie jest też szerzej podejmowane w literaturze. Również, sami architekci rzadko wyjaśniają powody stosowania rozproszenia w ich kreacjach. Wydaje się też, że w znacznej mierze, są to działania czysto intuicyjne. Rozproszenie kojarzy się lepiej z lepiej z uwarunkowaniami naturalnymi (liście na drzewie, trawy), przez co percepcja odbioru jest bliższa człowiekowi. Porównajmy mur „dziki”, nawierzchnie z kostki, tektonikę pierzei kamienic średniowiecznych z podobnymi uformowaniami o stricte geometrycznej, powtarzalnej strukturze. Efekt przyjazności, jest oczywisty²⁰⁹.

Szukając źródeł takich uformowań, odwołajmy się do wcześniejszych rozważań przedstawionych w rozdziale o znaczeniu złożoności w architekturze²¹⁰. Z podjętych tam analiz wynika, że losowość jest jednym z naturalnych czynników towarzyszących kształtowaniu przestrzeni zbudowanej. Dowodzą tego m.in. przytaczane tam przykłady średniowiecznych miast (Siena, San Gimignano). Ich złożona struktura urbanistyczna i architektoniczna była przecież wynikiem różnorodnych, nieprzewidywalnych nawarstwień historycznych. Również, cytowana (tam) na jednej z ilustracji: *niedokładnie wykonana ściana z cegły* (ryc. 5a) jest ewidentnym przykładem formy rozproszonej. Uzyskany efekt przypomina jedną z kompozycji przedstawionych tutaj wcześniej na schemacie (ryc. 26)²¹¹.

Kontynuując wątek genezy form rozproszonych w architekturze, można przytoczyć inne przykłady. Na zamieszczonej dalej ilustracji przedstawiona jest elewacja jednej z kamienic

²⁰⁶ Krawczyk 2009, op. cit., s. 227-360.

²⁰⁷ Verbeeck K., *Randomness as a Generative Principle in Art and Architecture*, MIT, Cambridge, USA 2006.

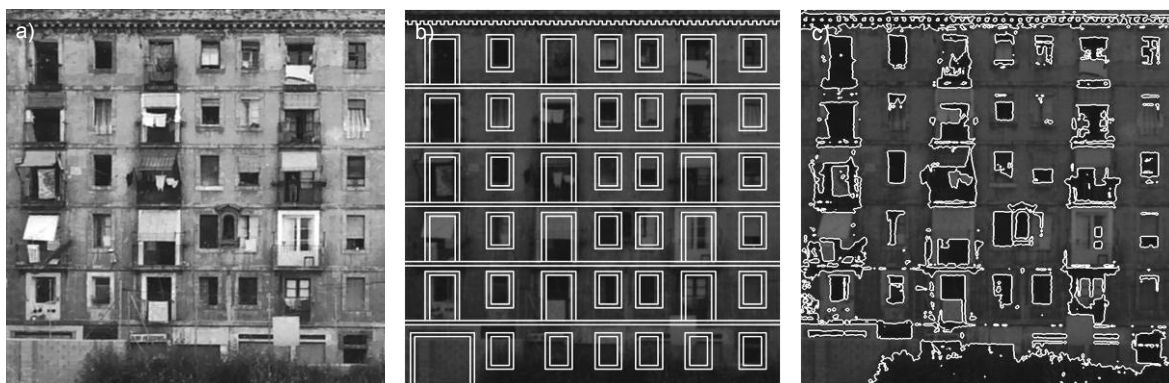
²⁰⁸ Również pod względem formalnym zauważamy tu określone związki i podobieństwa. Indywidualne i niezależne operowanie elementami składowymi jest cechą wspólną zarówno rozproszenia, jak też rozbicia. Jednak, o ile w metodzie rozbicia przekształceniom ulegała cała struktura formy, to rozproszenie zachowuje wzajemne powiązania między elementami – podobnie jak deformacja.

²⁰⁹ Zagadnienie to rozwinęto w syntezie. Patrz: rozdział 4.1. – *Intuicyjne dążenie do złożoności optymalnej* (w części dotyczącej wniosków – wniosek 2e).

²¹⁰ Rozdział 2.2.

²¹¹ Mowa tu o pierwszym etapie sekwencji rozproszenia formy, polegającym na zmianie położenia i obrocie poszczególnych elementów (ryc. 23, powyżej).

w średniowiecznej części Barcelony²¹² (ryc. 27). Przyglądając się zdjęciu z łatwością zauważamy, że każde z 28 okien wygląda inaczej (ryc. 27a). Stosowanie różnych typów rolet i markiz okiennych oraz wszelkie drobne przeróbki wprowadzone przez mieszkańców, powodują że regularny układ okien, staje się mniej czytelny i ulega znacznemu rozproszeniu (ryc. 27b). W konsekwencji tego, kompozycję elewacji postrzegamy jako bardziej złożoną i interesującą niż mogłoby to wynikać w pierwotnego jej projektu (ryc. 27c). Podobne działania są naturalnym komponentem przemian przestrzeni architektonicznej. W przedstawionym przykładzie jest to efekt raczej korzystny. Wpływa on bowiem na tworzenie lokalnego kolorytu. Pamiętajmy, że wnętrza balkonowe jednostki marsylskiej²¹³ pomalowane zostały na różne kolory (i jest to ciągle odtwarzane). Zgodnie z ideą Le Corbusiera miało to dodatkowo ożywić elewację budynku. Banalnym przykładem losowości i rozpraszania formy jest obserwacja miasta nocą. Konfiguracja rozświetlonych okien zawsze jest warunkowana szeregiem zdarzeń losowych²¹⁴.



Ryc. 27. Samoczynne rozproszenie formy jako naturalna cecha przemian przestrzeni zbudowanej, na przykładzie analiz kompozycji elewacji jednej z kamienic w historycznej części Barcelony (przy Carrer d'En Robador): a) fot. kamienicy z 1995 roku; b) uporządkowana kompozycja elewacji wynikająca z projektu; c) komputerowa analiza zdjęcia (rozgraniczanie obszarów o zbliżonym gradientzie szarości), wykazująca faktycznie postrzeganą złożoność²¹⁵. Źródło: opr. autora (2000) na podstawie zdjęcia z materiałów konkursu UIA'96

Przytoczone przykłady dowodzą powszechnej obecności form rozproszonych w przestrzeni architektonicznej. Celem podjętych prac badawczych są jednak świadome działania twórcze, a nie zjawiska generowane w sposób samoczynny. Przykładem, widocznym w innej dziedzinie sztuki, może być odrębny nurt w muzyce współczesnej określany mianem aleatoryzmu²¹⁶. Zakłada on wprowadzanie przypadku, zarówno w procesie komponowania utworu jaki i w takcie jego wykonywania²¹⁷. Znanym protagonistą tego kierunku jest amerykański kompozytor John Cage. W jednym z jego utworów obok ściśle zdeterminowanej linii melodycznej użyto 12 odbiorników radiowych, nastrojonych przypadkowo

²¹² Zachodnia część dzielnicy Ciutat Vella – El Ravel.

²¹³ Jednostka marsylska (Unité d'habitation), Marsylia, proj. Le Corbusier, 1946-1952.

²¹⁴ Wpływają na to mieszkańcy włączając światło w użytkowanych pomieszczeniach.

²¹⁵ Por. Rubinowicz 2000, "Chaos and Geometric Order...", op. cit., s. 201-202.

²¹⁶ Zagadnienie wzajemnych relacji między kompozycją muzyczną a architektoniczną podejmowane jest m.in. w badaniach Aleksandry Satkiewicz-Parczewskiej. O aleatoryzmie i jego znaczeniu dla interpretacji kompozycji architektonicznej czytamy w jej monografii: Satkiewicz-Parczewska A., *Kompozycja architektoniczna i jej percepcja*, Szczecin 2001, s. 68-73.

²¹⁷ Encyklopedia PWN →<http://encyklopedia.pwn.pl/haslo.php?id=3867522>.

podczas koncertu. Jak wspomiano, trudno jest wyodrębnić podobny nurt w architekturze (związany ze stosowaniem losowości). Można natomiast wykazać szereg różnorodnych realizacji, w których metoda rozproszenia jest istotnym narzędziem budowy formy.

W ogólnej klasyfikacji, można wyróżnić dwa sposoby kształtowania form rozproszonych. Pierwszy, dotyczy sytuacji, w której losowość wpisana jest w formę budynku w sposób trwały i niezmienny (np. rozmieszczenie okien na elewacji). Drugi, zakłada pewną mobilność formy, możliwość zmiany jej układu kompozycyjnego, wynikającą ze sposobu użytkowania obiektu (np. odpowiednio zaprojektowane ruchome łamacze światła zastosowane w elewacji). Zakładamy przy tym, że są to świadome działania twórcze architekta, przewidziane, zaplanowane i istotne dla odbioru opracowywanej przez niego kreacji. Pierwszy przypadek określany jest dalej mianem *form rozproszonych statycznych*, drugi – mianem *form rozproszonych dynamicznych*.

Dla zilustrowania form rozproszonych statycznych można odwołać się do dwóch współczesnych realizacji: rozbudowy budynku Wyższej Szkoły Sztuki i Projektowania²¹⁸ w Toronto oraz biurowca Torre Agbar²¹⁹ w Barcelonie. Pierwszy obiekt, zaprojektowany przez brytyjskiego architekta Williama Alsopa, jest przykładem odważnego rozwiązania urbanistycznego (ryc. 28). Może też nasuwać pewne skojarzenie z berlińskim Info Boxem²²⁰. Główna powierzchnia użytkowa skupiona została w prostopadłościowej, dwukondygnacyjnej bryle (84 x 30 x 11 m)²²¹. Monolit ten unosi się 26 metrów ponad poziomem ulicy. Jego powierzchnia obłożona została panelami z blachy falistej w kolorze białym lub czarnym, tworząc charakterystyczną losową kompozycję (8400 elementów). Można ją obserwować na wszystkich pięciu elewacjach (wliczając w to również dolną podstawę monolitu). Otwory okienne rozmieszczone zostały także losowo i wplecione w cały układ. Uzyskana tak kompozycja przypomina tę przedstawioną wcześniej na schemacie (ryc. 26).



Ryc. 28. Budynek Wyższej Szkoły Sztuki i Projektowania w Toronto jako przykład formy rozproszonej statycznej; (Ontario College of Art & Design: OCAD – Sharp Centre for Design), proj. SMC Alsop Architects (arch. William Alsop), 2004. Rozproszenie uwidacznia się tu w sposobie zaprojektowania powierzchni obiektu. Charakterystyczny wzór uzyskany jest poprzez zastosowanie czarnych i białych paneli z blachy falistej oraz losowe rozmieszczenie otworów okiennych. Źródło: Alsop Architects (fot. Johnson, Arban)

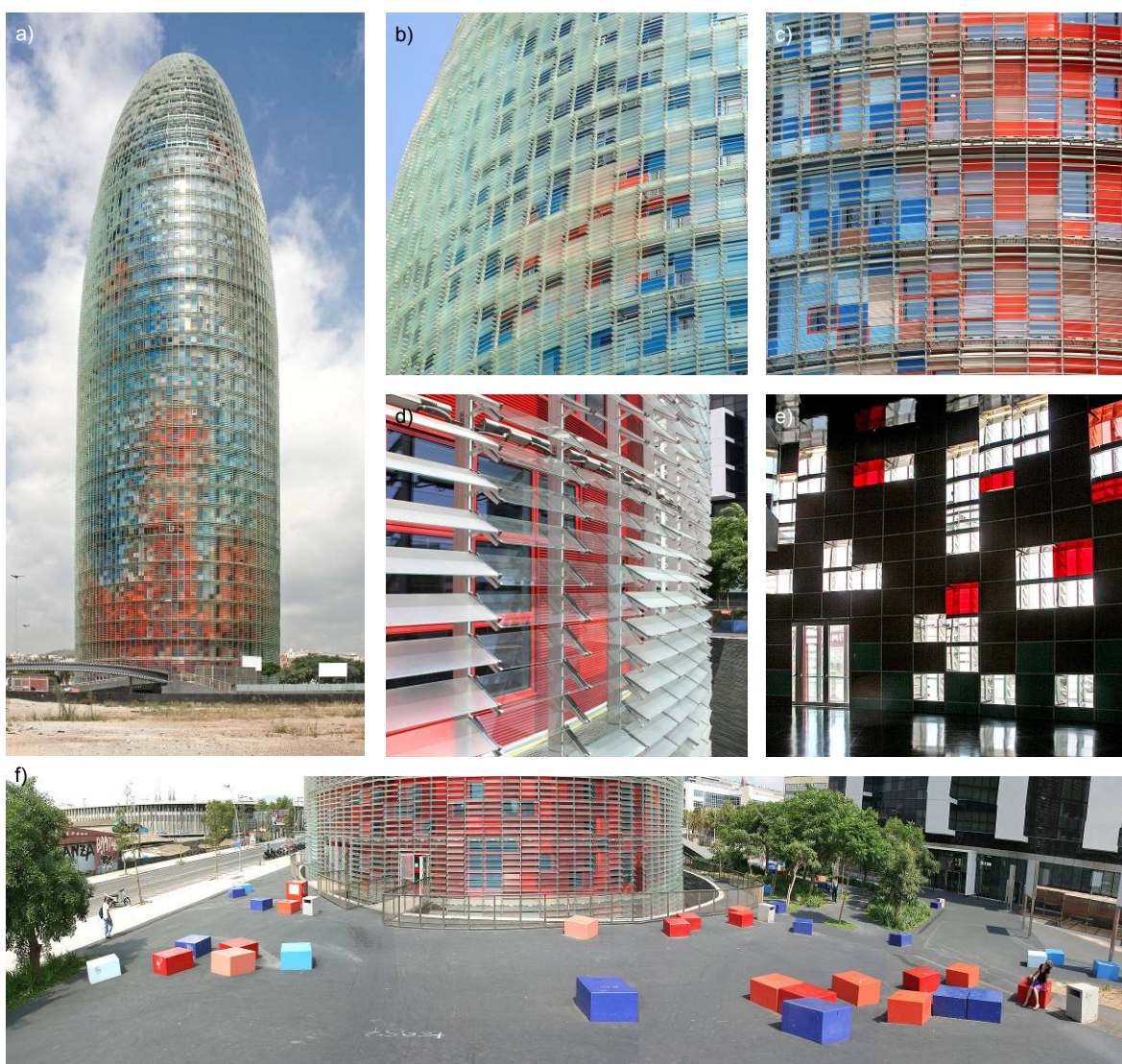
²¹⁸ Patrz: →<http://www.alsoparchitects.com>.

²¹⁹ Tyrała P., „Geometria, Gaudi i wulkaniczna gra kolorów”, A&B, 2006/11, s. 36-43.

²²⁰ Pawilon wystawowy poświęcony prezentacji rozbudowy kompleksu Potsdamer Platz, w Berlinie, proj. niemieckich arch. Michaela Schumachera i Tilla Schneidera, 1995 (rozebrany w 2005).

²²¹ Wymiary zostały wyznaczone przez autora na podstawie rzutów i przekrojów obiektu.

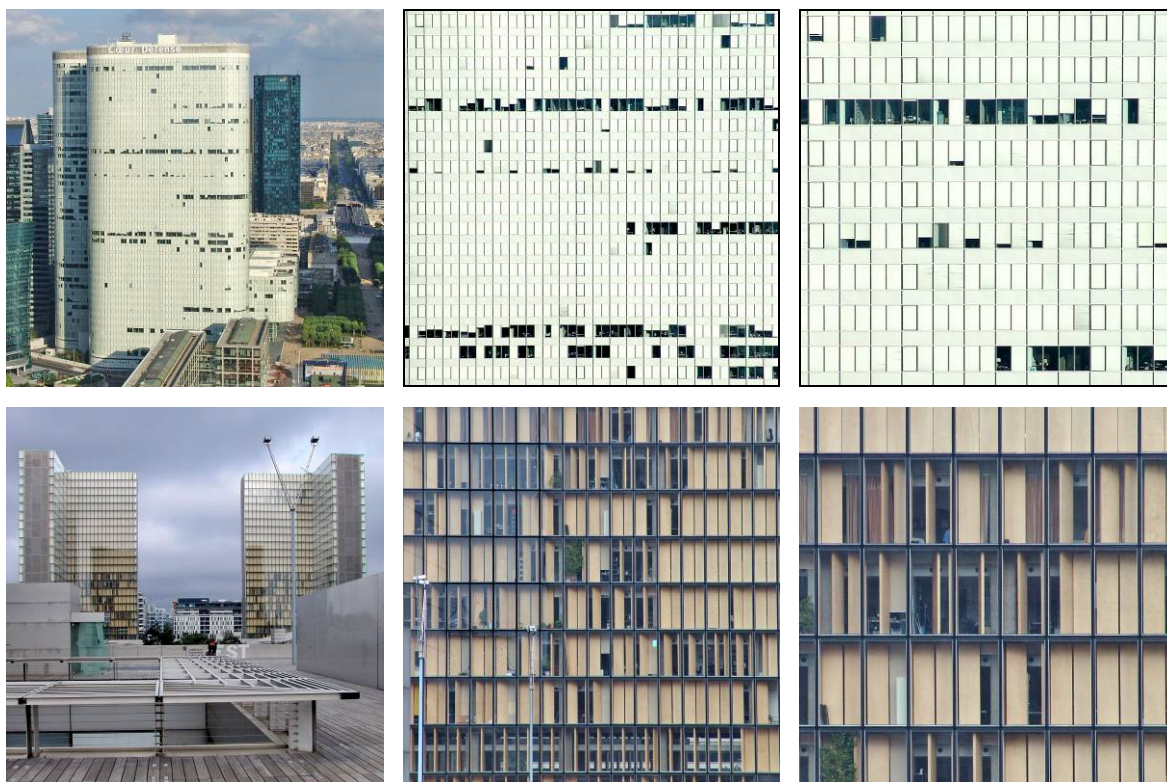
Również w drugim obiekcie (Torre Agbar), projektu francuskiego architekta Jeana Nouvela, zastosowanie rozproszenia formy uwidacznia się w sposobie rozwiązania elewacji. Dominującym elementem jest tu nieregularny układ okien (ryc. 29c,e). Był on szczególnie silnie widoczny w fazie budowy obiektu. Zewnętrzna betonowa skorupa 144 metrowej wieży perforowana jest przez 4400 kwadratowych otworów. Ułożone są losowo, choć konsolidują się w większe grupy. Na taką konstrukcję nałożone zostały dodatkowe warstwy: okładzina z blachy falistej o zmiennej barwie (od czerwieni do błękitu) oraz panele szklane, pełniące rolę łamaczy światła (ustawione w trwały sposób pod różnymi kątami, ryc. 29b,d). Prezentowane obiekty są zupełnie różne. Łączy je natomiast sposób zastosowania metody rozproszenia w organizacji formy. Zarówno w realizacji Nouvela jak i Alsopa kompozycja oparta jest na siatce wyznaczonej przez moduł kwadratu. Kolejne pola wypełniane są losowo, z zachowaniem odpowiednich proporcji ilościowych różnych



Ryc. 29. Zastosowanie metody rozproszenia w kompozycji elewacji biurowca Torre Agbar, proj. Jean Nouvel, 1999-2006 (uzyskane przez losowe rozmieszczenie okien, odpowiednią kolorystykę oraz dodatkową warstwę zewnętrznych łamaczy światła o stałych ustawieniach): a) widok wieżowca; b) zbliżenie ilustrujące fluktuacje szklanych paneli; c) zbliżenie fragmentu elewacji budynku; d) przezroczyste i matowe panele szklane rozpraszające światło słoneczne; e) widok wnętrza holu wejściowego; f) aranżacja przestrzeni publicznej przy obiekcie poprzez zastosowanie losowego rozmieszczenia siedzisk. Źródło: fot. autora (2006)

rodzajów elementów. Przypomina to rodzaj matrycy złożonej z tysięcy pikseli (por. ryc. 26). W projekcie Torre Agbar metoda rozproszenia objawia się również w sposobie aranżacji przestrzeni publicznej przed budynkiem. Dominującym elementem są tu betonowe, prostopadłościenne bloki pomalowane na różne kolory i pełniące funkcję siedzisk. Zostały one rozmieszczone losowo (jakby *rozsypane* wokół podstawy wieży). Działanie to czytelnie wpisuje się w ogólny kod kompozycyjny prezentowany na elewacjach obiektu.

Z kolei dla ilustracji form rozproszonych dynamicznych posłużyć mogą dwa przykłady z Paryża: wieże biurowca Cœur Défense projektu Jeana-Paula Viguiera oraz gmach Biblioteki Narodowej autorstwa Dominique'a Perrault (ryc. 30). W obu realizacjach, opracowanych przez francuskich architektów, zastosowano odpowiednio zaprojektowane, mobilne przesłony słoneczne. Ten prosty zabieg wprowadza kluczowy wątek kompozycyjny w elewacjach i przełamuje monotonię płaszczyzn. Nie ma wątpliwości, że jest to działanie celowe. Świadczą o tym wypowiedzi obu architektów. Zdaniem Perrault: *mobility of wooden louvers expresses the internal dynamics of the building open to the possibility of evolution and change over time*²²². Viguier pisze o tworzeniu graficznych rytmów, nadawaniu dynamicznej płynności i ożywianiu architektury²²³. Zaskakujące jest to, że w elewacji Cœur Défense intrygujący efekt został osiągnięty bardzo prostym środkiem – poprzez zastoso-



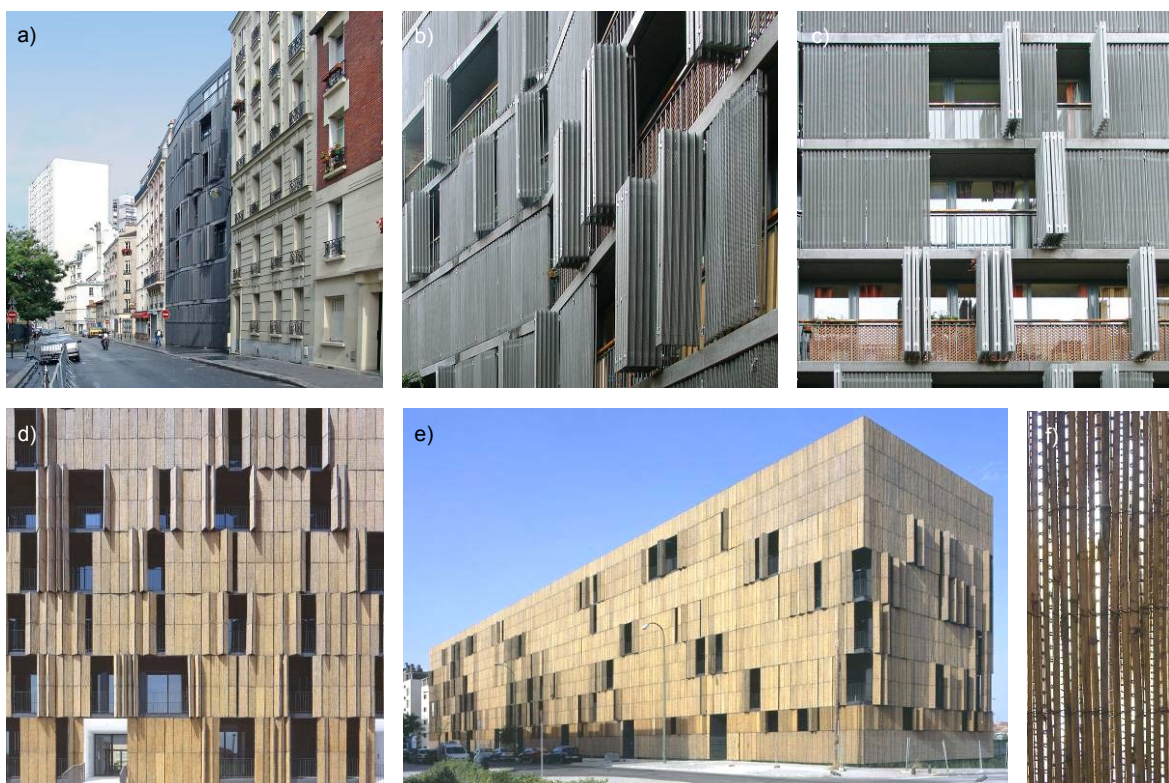
Ryc. 30. Zastosowanie dynamicznego rozproszenia w kształtowaniu współczesnych elewacji. Powyżej: Biurowiec Cœur Défense, Paryż (dzielnica La Défense), proj. arch. Jean-Paul Viguier, 1992-2001. Poniżej: Biblioteka Narodowa w Paryżu, proj. arch. Dominique Perrault, 1989-1996. W obu przykładach zastosowanie prostych zabiegów formalnych wprowadza nowy wątek kompozycyjny, przełamujący monotonię płaszczyzn elewacji. W Bibliotece Narodowej użyto drewnianych, obrotowych przesłon o wysokości całej kondygnacji. W biurowcu Cœur Défense zastosowano typowe białe żaluzje. Źródło: fot. autora (2006)

²²² Kucza-Kuczyński J., „Biblioteka Francuska”, *A&B*, 1995/01, s. 12.

²²³ Patrz: →<http://www.viguier.com/> (Conceptual approach / Facade Variations).

wanie typowych, białych żaluzji i dobór odpowiedniego rodzaju przeszklenia. W obu przykładach czynnikiem warunkującym tworzenie losowych uformowań, rozpraszających ich strukturę, jest aktywność użytkowników.

Podobne poszukiwania można zaobserwować w twórczości grupy szwajcarskich architektów Jacques'a Herzoga i Pierra de Meurona. W budynku przy pierzei ulicy Rue des Suisses²²⁴ w Paryżu został zastosowany specjalny system przesłon (ryc. 31a-c). Obejmuje on całą powierzchnię elewacji frontowej i tylnej obiektu. Mogą się one składać na zasadzie drzwi harmonijkowych. Wykonane zostały z perforowanej, falistej blachy stalowej. Wysokość paneli odpowiada jednej kondygnacji. Przedstawiony tu opis w zasadzie wyczerpuje charakterystykę rozwiązania architektonicznego. Pozostaje tylko kwestia roli czynnika losowego, wpływającego na rozproszenie uzyskanej formy. W zależności od konfiguracji układu stalowych paneli kompozycja zmienia się bowiem znacząco. Zgodnie z intencją autorów, każde rozsunięcie przesłony jest silnie eksponowane a płaska elewacja zyskuje trzeci wymiar. W wyniku tego, zmienność kompozycji czytelna jest również w widokach z pierzei – gdy obiekt postrzegany jest w skrócie perspektywicznym na tle sąsiednich ka-



Ryc. 31. Mobilne elewacje – jako przykłady form rozproszonych dynamicznych: a-c) kamienica przy ulicy Rue des Suisses w Paryżu, proj. HdM (arch. Jacques Herzog, Pierre de Meuron), 1995-2000; d-f) Carabanchel Social Housing pod Madrytem, proj. FOA (arch. Farshid Moussavi i Alejandro Zaera Polo), 2007. Pierwszy obiekt (a-c) został zaprojektowany w taki sposób, by w nadać jak największe znaczenie formalne różnorodnym ustawieniom przesłon. Gdy wszystkie one są ściśle zasunięte elewacja tworzy jednorodną, płaską powierzchnię (praktycznie pozbawioną kompozycji). Rozsuwanie przesłon jest silnie akcentowane. Nadaje to też tektonikę elewacji (okienne po ich pełnym rozsunięciu wysuwają się na ok. 60cm przed jej płaszczyznę). Rozwiązania zastosowane w drugim obiekcie (d-f) jest zbliżone. Efekt rozproszenia został dodatkowo wzmocniony przez użycie dość nietypowego materiału naturalnego w panelach elewacyjnych – mata bambusowa (f). Źródło: a-c) fot. autora (2006); d-e) MIMOA online; f) FLICKR Ettubrute's photostream

²²⁴ Uffelen Ch., *Paris Architecture & Design*, teNeues, 2004, s. 18.

mienic. Analogiczne systemy elewacji były stosowane przez szwajcarskich architektów również w innych realizacjach²²⁵. Niemal identyczne rozwiązanie znajdujemy też w twórczości cytowanej wcześniej²²⁶ londyńskiej grupy Foreign Office Architects. W budynku socjalnym pod Madrytem zaprojektowali oni podobny system przesłon (ryc. 31d-f). Tyle, że perforowana stal została tam zastąpiona poprzez matę bambusową²²⁷. Użycie materiału naturalnego wzmocniło dodatkowo wrażenie rozproszenia kompozycji elewacji. Realizacja uzyskała prestiżową nagrodę brytyjskiej organizacji RIBA w 2008 roku²²⁸.

We wszystkich dotychczas omówionych przykładach, stosowanie metody rozproszenia dotyczyło kształtowania różnorodnych rozwiązań elewacyjnych. Trudniej jest przytoczyć realizacje, w których podobne idee kompozycyjne dotyczyłyby całej struktury przestrzennej budynku, a nie tylko jej powierzchni. Wynika to między innymi z konieczności wpisania weń układu funkcjonalnego, co z pewnością ogranicza swobodę odpowiednich działań formalnych²²⁹. Należy przy tym jednak zaznaczyć, że wprowadzanie układów losowych (jedynie) na elewacji nie umniejsza ich formalnego znaczenia dla obioru całego obiektu. Ponadto, w wielu przypadkach kompozycja taka wpływa też na kształt wnętrza – jak ma to miejsce chociażby w wieżowcu Torre Agbar. W holu wejściowym budynku losowy układ okien jest jeszcze silniej czytelny niż na zewnątrz (por. ryc. 29e).

Wracając jednak do wątku kształtowania form rozproszonych w przestrzeni, można wskazać przykład takiego działania już w latach 60. i 70. (schyłek modernizmu²³⁰), w twórczości japońskich metabolistów²³¹. Przytoczyć tu można m.in. futurystyczną wizję przebudowy Tokio z 1960 autorstwa architekta Kenzo Tange²³², czy też późniejszą, znaną realizację pierwszego w świecie budynku z wymiennymi modułami mieszkalnymi – *Nakagin Capsule Tower*²³³ projektu architekta Kisho Kurokawy. Zbliżone działania, polegające na rozpraszaniu formy architektonicznej zauważamy (w tym czasie) również w twórczości kanadyjsko-izraelskiego architekta Moshe Safdiego. Kluczową i jedną z najbardziej rozpoznawalnych realizacji autora jest kompleks mieszkalny *Habitat '67* w Montrealu, zaprojektowany na światową wystawę Expo (1967). Niezwykła forma zbudowana została z 354 prefabrykowanych betonowych modułów, tworząc ogółem 158 jednostek mieszkalnych. Według pierwotnych planów obiekt miał być znacznie większy. Ze względów finansowych zrealizowano tylko część założenia. Jerzy M. Ullman porównuje go do swobodnej konstrukcji zbudowanej z klocków *Lego*²³⁴. Bez wątpliwości uzyskana bryła jest przykładem

²²⁵ Podobny system przesłon został zastosowany m.in. w budynku mieszkalnym Schützenmattstrasse w Bazylei (1991-1993) oraz Galerii handlowej *Fünf Höfe* w Monachium (2000-2001).

²²⁶ Zwycięscy konkursu i autorzy realizacji terminalu portowego w Jokohamie (patrz: [rozdział 2.4](#)).

²²⁷ Konstrukcja paneli elewacyjnych była odpowiednio wzmocniona przez stalową siatkę.

²²⁸ RIBA European Award (Royal Institute of British Architects) dla Carabanchel Social Housing (proj. FOA), patrz: <http://www.architecture.com/Awards/RIBAEuropeanAwards/2008/CarabanchelSocialHousing.aspx>

²²⁹ Rozproszenie formy oznacza tu rozproszenie funkcji.

²³⁰ Por. Rozdział 2.2 (Manifest Venturi'ego – 1966; zburzenie zespołu Pruitt-Igoe w St. Louis – 1972).

²³¹ Schlam P.C., Flagge I., Visscher J., *Kisho Kurokawa – Metabolism and Symbiosis*, Jovis, Berlin 2005, s. 7; patrz też: Trzeciak P., *Pochwała różnorodności* [w:] *Sztuka świata*, t. 10, Arkady 1996, s. 297-300.

²³² Niezrealizowana wizja urbanistyczna zakładająca lokalizację nowej zabudowy na obszarze Zatoki Tokijskiej. Patrz: Kenzo Tange Associates Official Site http://www.ktaweb.com/works/en_tmp.html.

²³³ Obiekt ukończony w 1972. Patrz: Schlam et. al. 2005, op. cit., s. 44.

²³⁴ Ullmann J. M., „Dekonstruktywizm komputerowy (...)”, *CAD SPACE*, Białystok 1995, s. 163.

rozproszenia formy (i to w trzech wymiarach). Jej układ nie jest jednak czysto losowy. Intencją autora było traktowanie każdego modułu podobnie jak odrębnego domu jednorodzinne²³⁵. Zostały one wzajemnie scalone w taki sposób, by zagwarantować mieszkańcom otwarty widok, jak najlepsze nasłonecznienie i duży taras. Złożona i porowata forma okazała się być optymalna dla spełnienia takich właśnie kryteriów²³⁶.

Późniejszym przykładem przestrzennych uformowań rozproszonych jest również autorski projekt teoretyczny cmentarza na wyspie Grodzkiej w Szczecinie (1997, ryc. 32). Abstrahując od płaszczyzny znaczeniowej, głównym wyznacznikiem tego założenia jest układ ponad 3500 masywnych betonowych płyt nagrobnych, rozplanowany na powierzchni 62 ha. Jest on podzielony na szereg równoległych pasm, w obrębie których płyty rozmieszczone były według losowej konfiguracji²³⁷. Komputerowe modelowanie obiektu wymagało opracowania odpowiednich algorytmów, pozwalających na wprowadzenie owego czynnika losowego do kompozycji²³⁸. Idea projektu oraz sposób jego modelowania zostały bardziej szczegółowo opisane w odrębnych publikacjach²³⁹ i zaprezentowane przez autora na konferencji naukowej w Stanach Zjednoczonych w 1998 roku²⁴⁰. W zbliżony sposób, koncepcja form rozproszonych została zastosowana (później) w jednej ze sztandarowych realizacji Petera Eisenmana. W ortogonalnie uporządkowanym układzie 2711 betonowych bloków berlińskiego Pomnika Holokaustu²⁴¹ (2005, ryc. 32) zauważamy pewną nieregularność. Nieznaczne wychylenia od pionu oraz zmienna wysokość elementów²⁴² nadają monumentowi cech kompozycji losowej. Wydaje się, że gdyby zniwelować te drobne fluktuacje, to obiekt ten zdecydowanie straciłby na wartości.

Przedstawioną analizę form rozproszonych (statycznych i dynamicznych) można uzupełnić o liczne przykłady innych realizacji i projektów teoretycznych. Stosowanie losowych układów kompozycyjnych, konstruowanie form zmiennych w czasie oraz uzależnianie ich kształtów od czynników nieprzewidywalnych²⁴³ widoczne jest również w twórczości Zahy Hadid (m.in. Muzeum Guggenheima w Tokio²⁴⁴), japońskiego architekta Toyo Ito (Wieża

²³⁵ Por. Safdie M., *Little boxes: Habitat '67*, wywiad dla CBC-TV, 1966/02 (patrz: →<http://archives.cbc.ca>).

²³⁶ Zagadnienie kompozycji formalnej budynku *Habitat '67* analizowane było przez autora w innych publikacjach: Rubinowicz 2000, "Chaos and Geometric Order...", op. cit., s. 204-206; Rubinowicz P., "Gra o przestrzeń i jej teoretyczny model", Materiały V. Sympozjum PAN *Teoria a Praktyka w Architekturze Współczesnej*, Rybna 2000, s. 198-201. Wykazano tam możliwość uzyskiwania podobnych kompozycji z użyciem metody automatów komórkowych oraz interpretacji formy obiektu jako struktury emergentnej. Przedstawione tam badania podjęte zostały później przez Bradley Brauna z Uniwersytetu w Calgary: m.in. Braun B., "Architecture as Social Practice: the Negotiation of Space", *FICYUrb – ISCTE/CIES*, Lisboa 2007.

²³⁷ Por. Rubinowicz 1998, op. cit. s. 84 (Fig. 10).

²³⁸ W programie MODEL, op. cit.

²³⁹ Rubinowicz 1998, op. cit., s. 83-85; patrz też: Rubinowicz P., "Nauka o chaosie a architektura", Materiały Sesji Naukowej PAN: *Architektura – sztuka, umiejętność, nauka*, Kraków 1999, s. 83-84.

²⁴⁰ *8-th International Conference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry*, Austin 1998/08.

²⁴¹ Wstępna wersja projektu pomnika wyłoniona została w drodze konkursu w listopadzie 1997 roku. Obiekt zrealizowano 2005 roku. Omawiany wcześniej projekt cmentarza powstał w kwietniu 1997 roku.

²⁴² Różnice w wysokości bloków wynikają przede wszystkim z topografii terenu, natomiast na tę warstwę nałożone są dodatkowe *drgania* wysokości rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów.

²⁴³ W omawianych wcześniej przykładach form losowych dynamicznym czynnikiem nieprzewidywalnym była aktywność użytkowników (m.in. elewacja Cœur Défense). Jednak, podobnych źródeł losowości, przenoszonych do wymiaru architektonicznego, może być więcej: w Wieży Wiatrów (Toyo Ito) są to dźwięki czerpane z otoczenia, w Data-Driven Form (Marcos Novak) – struktura linków ze stron internetowych.

²⁴⁴ Schumacher P., *Digital Hadid – Landscapes in Motion*, Birkhäuser, Bazylea 2004, s. 80-82.

Wiatrów w Jokohamie²⁴⁵), czy też amerykańskiego architekta-konceptualisty Marcosa Novaka (Data-Driven Form²⁴⁶). Rozproszenie formy można uzyskać na szereg różnych sposobów. Efekt może być bardziej wyrazisty lub subtelny. Prostim środkiem jest dobór odpowiedniego rodzaju materiału lub zaplanowanie sposobu jego ułożenia. Działanie takie widoczne jest, między innymi, na elewacjach nowego budynku Centrum Nauki i Edukacji Muzycznej²⁴⁷ w Katowicach, gdzie zastosowano charakterystyczny, losowy wążek w układzie cegieł²⁴⁸. Inne rozwiązanie przedstawił krakowski architekt Krzysztof Ingarden w zrealizowanym ostatnio projekcie pawilonu wystawienniczo-informacyjnego "Wyspiański 2000"²⁴⁹ w Krakowie. W elewacji tego obiektu wykorzystano system specjalnie zaprojektowanych, ruchomych elementów ceramiki ściiennej. Efekt formalny jest więc przykładem rozproszenia dynamicznego. Należy zauważyć też, że metoda rozproszenia wykorzystywana jest w architekturze stosunkowo często (i nie tylko w awangardowych realizacjach). Dotyczy to chociażby różnych rodzajów przesłon – podobnych do systemu użytego przez architektów Herzoga i de Meurona w paryskiej kamienicy przy Rue des Suisses.



Ryc. 32. Wybrane przykłady stosowania przestrzennych form rozproszonych w architekturze współczesnej. Powyżej: teoretyczna koncepcja cmentarza na wyspie Grodzkiej w Szczecinie, proj. autora z 1997/04 – wizualizacja fragmentu założenia (po lewej); schemat kompozycji, ilustrujący zasadę losowego układu 3500 betonowych płyt nagrobnych (po prawej). Poniżej: Pomnik Holokaustu w Berlinie (pełna, oficjalna nazwa: Pomnik Pomordowanych Żydów Europy), proj. arch. Petera Eisenmana i Richarda Serry, 1997/11-2005. Źródło: powyżej – opr. autora z użyciem programu *MODEL*²⁵⁰ (1997), poniżej – fot. autora (2005).

²⁴⁵ Gorczyca 2003, op. cit., s. 114-115.

²⁴⁶ *10x10_1*, op. cit. s. 285; patrz także: *Ibidem*, s. 104.

²⁴⁷ Proj. Konior Studio (arch. T.M. Konior, K. Barysz, A. Witkowski, A. Nowacki), 2004-2007.

²⁴⁸ Patrz: *Architektura Murator*, 2007/12, s. 53.

²⁴⁹ Projekt oddany do użytku w 2006 roku.

²⁵⁰ *MODEL* (autorski program komputerowy), op. cit.

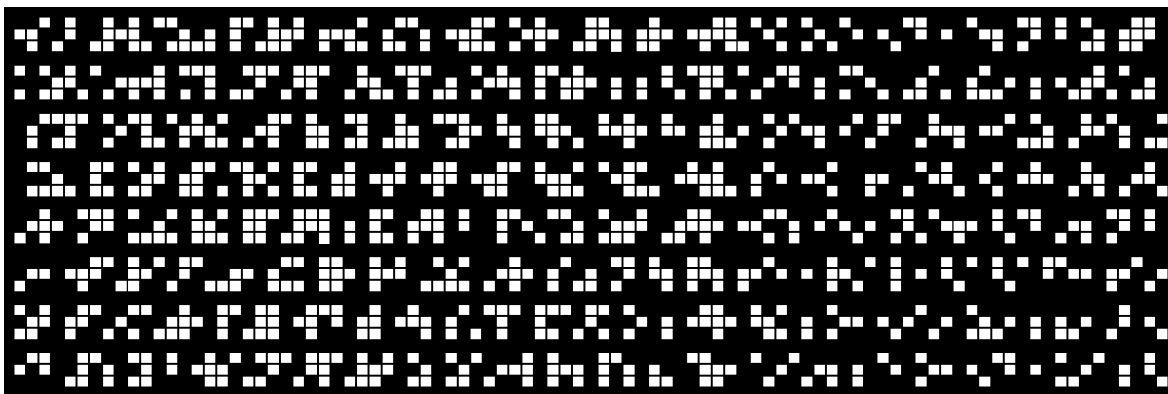
Przedstawione analizy dowodzą znaczenia form rozproszonych dla współczesnej kreacji architektonicznej. Prezentowane realizacje są jednak zupełnie różne. Nie sposób mierzyć ich jedną miarą i mówić o jednorodnym nurcie. Ponadto, wątek rozproszenia z reguły nie wyczerpuje opisu ich budowy formalnej. Nie jest też jedyną wykładnią dla ich interpretacji. Barceloński wieżowiec Jeana Nouvela ma przecież silną wymowę symboliczną. Tworzy nowy punkt odniesienia w przestrzeni urbanistycznej miasta oraz ikonę – silnie eksponowaną w widokach panoramicznych. Nie zmienia to jednak faktu, że gdyby pozbawić ów obiekt odpowiednio zaprojektowanej *powierzchni*, a na cylindryczny kształt nałożyć standardowy system elewacyjny, to ogólny wyraz formalny wieżowca byłby zupełnie inny. Wydaje się, że to właśnie ta charakterystyczna powłoka nadaje mu pewien lokalny, hiszpański szlif architektoniczny (choć, jak pamiętamy, autorem był Francuz). Graficzne rozproszenie powierzchni elewacji wyróżnia też obiekt od podobnej budowli autorstwa brytyjskiego architekta Normana Fostera (wspomnianej w poprzednim rozdziale) – biurowca Swiss Re w Londynie. Zatem, zastosowanie metody rozproszenia w biurowcu Torre Agbar jest istotnym wyznacznikiem budowy formy. Podobne obserwacje można poczynić wobec wszystkich pozostałych przytoczonych wcześniej przykładów.

W projektowaniu form rozproszonych można wyróżnić dwa odrębne zagadnienia. Pierwsze, dotyczy definiowania układu kompozycyjnego oraz zasad wprowadzania weń czynnika losowego. Drugie, odnosi się do określenia środków, za pomocą których układ ten będzie wyrażony w formie architektonicznej. Omówione przykłady realizacji architektonicznych stanowią, w większej mierze, ilustrację dla drugiego z tych zagadnień. W budynku Alsopa pojawiają się kontrastowe panele blachy falistej (ryc. 28); Nouvel operuje przede wszystkim rozkładem kwadratowych okien (ryc. 29); w biurowcach Cœur Défense (Viguiera) losowość wyrażana jest przez zmienne układy białych żaluzji okiennych (ryc. 30); Eisenman – *zaburza nieznacznie* regularny układ betonowych bloków Pomnika Holokautu (ryc. 32); Safdie – rozprasza całą strukturę habitatu (Habitat'67 w Montrealu). Dobór środków wyrazu nie dotyczy jednak istoty kompozycji. Przykładowo, pojęcie rytmu jest uniwersalne (niezależnie do tego zauważamy go w układzie okien, czy też słupów telegraficznych). Podobnie jest też z budową form rozproszonych.

Kluczowym aspektem przy komponowaniu takich form jest sposób zastosowania czynnika losowego. Zamalowując w sposób przypadkowy pola na kartce w kratkę mimowolnie tworzymy jakąś kompozycję. Kontrolujemy stopień zaczernienia. Dbamy o zachowanie równomierności rozproszenia i o równowagę całości. W budowaniu formy rozproszonej działania takie nie są korzystne. Prowadzą one raczej do kształtowania złożonej formy swobodnej. Uzyskanie obiektywnego wyniku wymagałyby na przykład zastosowania rzutu monetą. W praktyce, nieodzownym narzędziem w modelowaniu i analizie takich uformowań okazuje się zastosowanie specjalnych narzędzi komputerowych²⁵¹. Umożliwiają one uzyskanie odpowiedniego rozkładu losowego i tworzenie kompozycji wolnych od intencji. Odwołajmy się ponownie do barcelońskiej realizacji Jeana Nouvela. Na kolejnej

²⁵¹ Również typowe programy CAD stosowane przez architektów nie posiadają gotowych funkcji umożliwiających kształtowanie form rozproszonych. Wprowadzenie czynnika losowego, np. podczas projektowania losowego układu okien, odbywa się więc najczęściej intuicyjnie, podobnie jak w rysunku odręcznym.

ilustracji (ryc. 33) przedstawione jest rozwinięcie fragmentu elewacji wieży Torre Agbar. Przy komponowaniu rozproszonego układu elewacji, zespół projektowy operował odpowiednim algorytmem komputerowym określającym min. proporcje ilościowe modułów stanowiących okno lub ścianę. Układ wynikowy poprzedzony był szeregiem symulacji. Działania takie składają się na projektowanie form rozproszonych.



Ryc. 33. Rozwinięcie fragmentu elewacji biurowca Torre Agbar w Barcelonie z wyróżnieniem układów otworów okiennych. Stopień ich zagęszczenia jest zróżnicowany i zależy od nasłonecznienia – po północnej stronie elewacji jest większy (lewa część rysunku) niż od południa (prawa część). Źródło: opracowanie autora na podstawie dokumentacji technicznej udostępnionej²⁵² przez Ateliers Jean Nouvel (2008)

Podobnie też, w autorskiej analizie zagadnień kompozycyjnych w formach rozproszonych (przedstawionej tu jedynie fragmentarycznie) użyty zostały wspomniane wcześniej program *MODEL*²⁵³. Symulację metody rozproszenia uzyskano poprzez rozwinięcie metod modelowania parametrycznego (opisanego w poprzednim rozdziale). W tym przypadku hierarchiczna sieć zależności geometrycznych i jakościowych między poszczególnymi elementami formy opisana jest poprzez parametry o losowo dobieranych wartościach, ujęte jednak w ściśle ustalonych przedziałach²⁵⁴. Daje to możliwość precyzyjnego konstruowania form rozproszonych oraz dalszego ich wariantowania i symulacji. Technika została nazwana roboczo mianem *modelowania parametrycznego B* (1998²⁵⁵).

Narzędzie to zostało wykorzystane przez autora we wspomnianej wcześniej koncepcji cmentarza w Szczecinie. Innym przykładem zastosowania *modelowania parametrycznego B* jest projekt konkursowy pawilonu polskiego na światową wystawę Expo2000 w Hanowerze (ryc. 34, 35)²⁵⁶. Obiekt został zaplanowany w formie szklanego *boxu* (48 x 30 x 14 m). Na powierzchni całej bryły (łącznie z dachem) założono specjalny system ruchomych przesłon. Takie rozwiązanie może nasuwać pewne skojarzenia z prezentowaną wcześniej elewacją Biblioteki Narodowej w Paryżu (ryc. 30). Różnica dotyczy przede

²⁵² Patrz: →<http://www.jeannouvel.com/>.

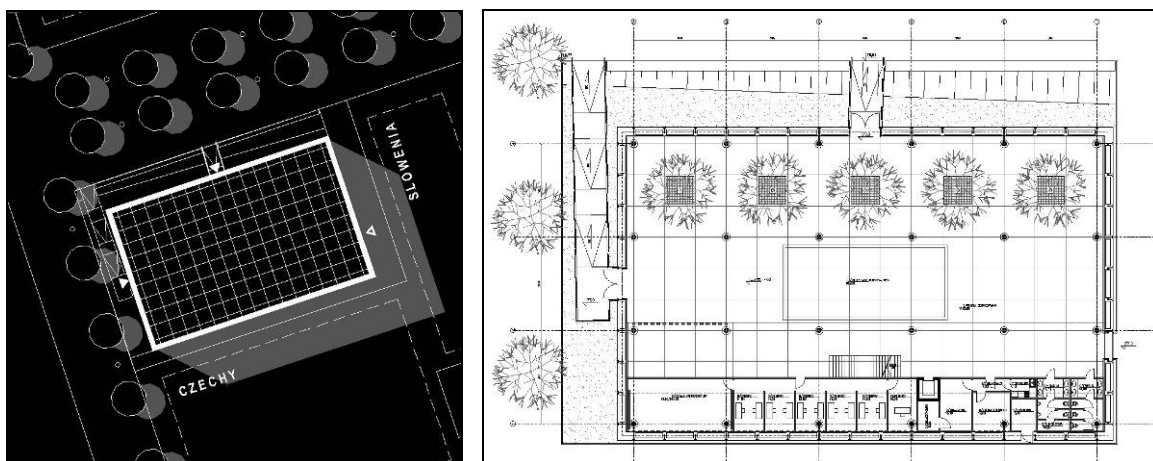
²⁵³ *MODEL* (autorski program komputerowy), op. cit.

²⁵⁴ Przykładowo: parametr określający odległość kolejnych elementów może wynosić 2,0m (+/-) 20cm.

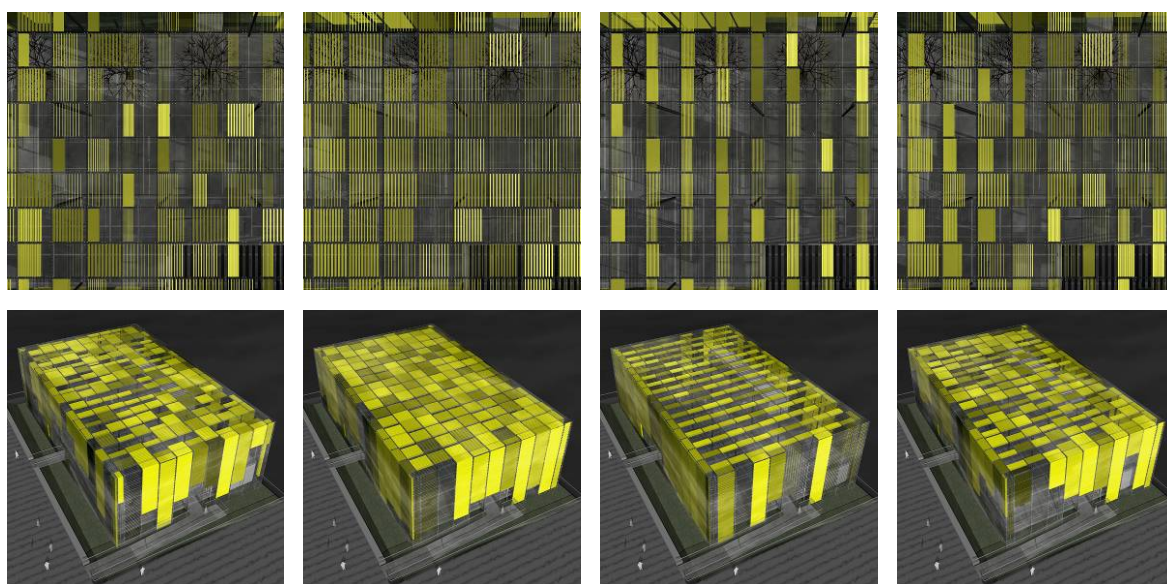
²⁵⁵ Rubinowicz 1998, op. cit., s. 82-83.

²⁵⁶ Współautorski projekt konkursowy opracowany w zespole Autorskiej Pracowni Architektonicznej URBICON Sp. z o.o. w Szczecinie, pod kierunkiem prof. Zbigniewa Paszkowskiego, 1999. Projekt nie został nagrodzony a laureatem konkursu został arch. Wojciech Obtulowicz z zespołem, prezentując propozycję postmodernistyczno-konstruktywistyczną.

wszystkim wyrazistości takiego środka formalnego. W realizacji Dominique'a Perrault wrażenie losowości jest raczej subtelne, aczkolwiek istotne dla odbioru obiektu. Natomiast w przypadku pawilonu EXPO, tworzenie dynamicznych wątków losowych na elewacjach było wiodącym założeniem koncepcji. Odpowiedni rodzaj przeszkleń oraz ażurowa konstrukcja miały zapewnić pełną ekspozycję dla systemu aluminiowych przesłon – tak by sprawiały one wrażenie swobodnie zawieszonych w przestrzeni. W koncepcji przyjęto też, że przesłony będą regulowane automatycznie z zastosowaniem sterowania komputerowego. Miało to odbywać się według określonego algorytmu losowego, który na etapie re-



Ryc. 34. Pawilon polski na wystawę Expo2000 w Hanowerze, projekt współautorski opracowany w zespole Autorskiej Pracowni Architektonicznej URBICON Sp. z o.o. w Szczecinie, 1999: plan sytuacyjny (po lewej); rzut przyziemia (po prawej). Zastosowanie lekkiej konstrukcji i maksymalnych przeszkleń miało na celu eksponowanie głównego wątku formalnego – zmiennych układów przesłon na elewacjach oraz na dachu pawilonu, tworzących kompozycje rozproszone (patrz ryc. 35). Źródło: rysunki z plansz konkursowych

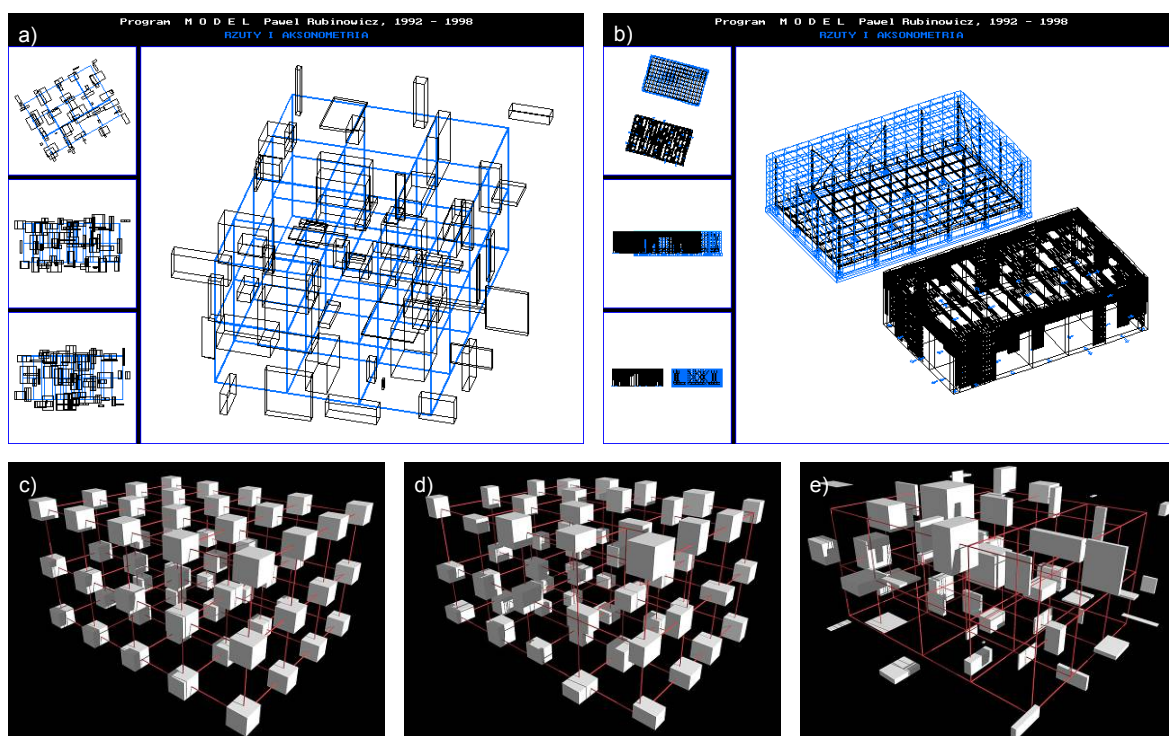


Ryc. 35. Zastosowanie metody rozproszenia w praktyce projektowej (autora) w koncepcji pawilonu polskiego na wystawę Expo2000 w Hanowerze: rzuty fragmentu dachu (powyżej), widoki z poziomu z kolejki linowej 'Sky Line' (poniżej). Ilustracja przedstawia sekwencję różnych układów formalnych tworzonych przez system regulowanych automatycznie i sterowanych komputerowo przesłon. Forma obiektu zdefiniowana została jako odpowiedni model parametrycznych, pozwalający na symulację efektu rozproszenia i animację zmienności formy w czasie. Źródło: opr. autora (1999-2000) w programie *MODEL*²⁵⁷.

²⁵⁷ *MODEL* (autorski program komputerowy), op. cit.

alizacji stanowiłyby integralną część dalszego opracowania projektowego. Zmiany układów przesłon miały następować w sposób ciągły i dynamiczny, tworząc wrażenie płynnej animacji. Na załączonej tu ilustracji (ryc. 35) przedstawione są wizualizacje różnorodnych rozproszonych kompozycji, tworzonych przez system przesłon na pięciu ścianach bryły (4 elewacje i dach). Podczas pracy nad projektem analizowano różne kategorie ekspozycji dynamicznej powierzchni obiektu: widoki wewnętrzne (efekt rozproszenia wyraża się także przez światłocień), widoki zewnętrzne (przesłony obserwowane w skrótach perspektywicznych, odczucie tektoniki elewacji) oraz odległe widoki z kolejki linowej *SkyLine* nad terenem wystawowym (możliwość oglądu całej bryły w jednym kadrze, silna ekspozycja *piątej elewacji* – dachu).

Stosowanie metody rozproszenia oraz analizowanie różnych efektów formalnych w zdefiniowanym układzie kompozycyjnym – było głównym elementem prac nad przygotowaniem koncepcji pawilonu EXPO. Kluczowym zaś aspektem było precyzyjne operowanie czynnikiem losowym jako elementem budowy formy. W przygotowaniu projektu zastosowano wspomniany program *MODEL* (patrz: ryc. 36). Podobne narzędzia, pozwalające na kształtowanie form rozproszonych, mogą być tworzone także w typowych programach CAD stosowanych przez architektów. Wymaga to jednak tworzenia dodatkowych programów nakładkowych. Metody takie zostały omówione w cytowanej wcześniej pracy Roberta Krawczyka (*Codewriting Workbook*), w rozdziale p.t.: *konstrukcje losowe*²⁵⁸.



Ryc. 36. Symulacja przestrzennych form rozproszonych z zastosowaniem programu *MODEL*²⁵⁹: a) roboczy podgląd przykładowej symulacji w oknie programu; b) modelowanie formy pawilonu polskiego na wystawę EXPO2000 (metoda rozproszenia); c-e) kolejne sekwencje rozproszenia uporządkowanej kompozycji przestrzennej (zmiana położenia i proporcji elementów składowych). Źródło: opr. autora (1998-1999)

²⁵⁸ tłum. autora *Random Constructions* – Krawczyk 2009, op. cit., s. 227-360 (nakładki AutoLISP).

²⁵⁹ *MODEL* (autorski program komputerowy), op. cit.

2.6. WSTĘPNE PODSUMOWANIE BADAŃ

Szczegółowe podsumowanie części studialno-analitycznej zostało przedstawione w rozdziale czwartym, podsumowującym całą dysertację. Niemniej dla zachowania płynności wyводу niezbędna jest już wstępna synteza dotychczas omówionych badań. Wykazują one po pierwsze tendencję do stosowania form złożonych w architekturze współczesnej. Prezentują także możliwości interpretacji, analizy i kreacji takich form za pomocą zdefiniowanych w pracy metod formowania: rozbicie, deformacja i rozproszenie²⁶⁰. Omówione metody tworzą zamknięty system, obejmujący zbiór różnych sposobów kształtowania form złożonych stosowany we współczesnej architekturze (ryc. 7). Oczywiście, warunkiem takiej interpretacji jest rozumienie tych metod w sposób ogólny i wynikający z ich definicji²⁶¹, a nie z dosłownego odczytywania załączonych w pracy schematów.

Przeprowadzony w niniejszym rozdziale wywód koncentrował się na podejściu analitycznym, zmierzającym do wykazania różnic między wyodrębnionymi metodami formowania, lub ujmując to inaczej – dostrzeżonymi wzorcami kształtowania form złożonych we współczesnej architekturze. Mechanizm konstruowania form według metody rozbicia, deformacji i rozproszenia jest zupełnie różny. Szczegółowa analiza porównawcza metod została przedstawiona w rozdziale czwartym²⁶².

Niniejsza synteza zmierza natomiast w kierunku przeciwnym – do wykazania podobieństwa między metodami rozbicia, deformacji i rozproszenia. Dotyczy to innej, nadrzędnej cechy, która łączy wzajemnie te metody. Jednocześnie wyróżnia je od tych, które prezentowane są w dalszej części pracy (rozdział 3.). Dla wyjaśnienia odwołajmy się do wcześniejszych badań dotyczących definiowania pojęcia złożoności formy (przeprowadzonych na początku wyvodu w rozdziale 2.2). Nawiązywano tam do tzw. *złożoności opisowej*, sformułowanej przez Reschera²⁶³. W tym kontekście zaproponowano definicję: *forma złożona to taka, która powstaje w wyniku skomplikowanego procesu formowania, a jej narysowanie lub skonstruowanie wymaga znacznej ilości różnorodnych operacji*²⁶⁴. Generalnie, taki sposób rozumienia złożoności pozwala na ujęcie w tej kategorii również efektów stosowania metod rozbicia, deformacji i rozproszenia. Określają one jedynie pewne ramy dla konstruowania formy, natomiast jej złożoność wynika już z procesu komponowania.

²⁶⁰ Zostały one kolejno omówione w rozdziałach 2.3, 2.4, 2.5.

²⁶¹ Ogólna charakterystyka form została zaprezentowana w formie opisowej rozdziałach 2.3, 2.4, 2.5. Precyzyjne definicje poszczególnych metod przedstawione są w rozdziale 4.1.

²⁶² Odmienność metod wynika z dotychczas prezentowanych badań. Szersza analiza porównawcza została przedstawiona w rozdziale 4.1, w tabeli 3. Pełna zgodność (między 3 metodami) wystąpiła tylko w jednym na osiem kryteriów, a częściowa (obejmująca 2 metody) – najwyżej w trzech kryteriach.

²⁶³ Rescher 1998, op. cit., s. 9 (Descriptive Complexity); patrz: rozdział 2.2.

²⁶⁴ Wstępną definicja form złożonych, która nie uwzględnia aspektu chaosu deterministycznego. Została ona sformułowana roboczo przez autora i przedstawiona w rozdziale 2.2.

Przykładowo, deformacja polega przede wszystkim na uplastycznieniu struktury formy. W procesie takim prostopadłościan można przekształcić w sześciąt. Nie oznacza to, że sześciąt jest formą o wysokiej złożoności. Dla uzyskania takiego wrażenie potrzebne jest odpowiednie ukierunkowanie deformacji (por. ryc. 17).

Przytoczona wcześniej definicja jednoznacznie uzależnia złożoność formy od złożoności procesu jej formowania (prosta forma = prosty proces formowania, złożona forma = złożony proces formowania). Zgodność z taką właśnie definicją jest wspólną cechą wyróżnionych metod. Odwołując się do omawianych przykładów architektonicznych (choćby do tych przedstawionych na ryc. 7) zauważamy, że obecna w nich złożoność jest efektem swobodnej organizacji formy – tyle, że odbywa się to w ramach obowiązujących reguł rozbicia, deformacji lub rozproszenia. Pod względem geometrycznym, jednoznaczne opisanie bryły hiszpańskiego Muzeum Guggenheima wymaga dużej ilości informacji, która została skompensowana w tej formie. Czy istnieje zatem możliwość skonstruowania równie lub bardziej jeszcze złożonej bryły i zapisania jej za pomocą małej ilości informacji? Wydaje się, że sukcesywne upraszczanie procesu formowania powinno prowadzić do uzyskiwania coraz prostszych form. Tymczasem, przeprowadzony w dalszej części pracy wywód będzie zmierzał do wykazania możliwości konstruowania form o niezwykle wysokiej złożoności, w wyniku stosowania elementarnych i radykalnie uproszczonych procesów formowania, powtarzających proste reguły geometryczne. Zasada organizacji takich form określana jest w pracy mianem 'porządku wyższego rzędu' i omówiona jest w kolejnym rozdziale.

ROZDZIAŁ 3. CZĘŚĆ TEORETYCZNO-APLIKACYJNA

Porządek wyższego rzędu w kreacji formy architektonicznej

3.1. CELE, ZAKRES I METODA BADAŃ

CEL BADAŃ

Punktem wyjścia dla określenia celu badawczego niniejszej części pracy (teoretyczno-aplikacyjnej) były wstępne wnioski z części studialno-analitycznej. W omówionych tam badaniach, wyodrębnione zostały trzy ogólne metody kształtowania form złożonych, które zaobserwowano we współczesnej architekturze (rozbicie, deformacja i rozproszenie). Mimo wyraźnych różnic między kolejnymi metodami, wskazano także ich wspólny mianownik – dochodzenie do złożonych rozwiązań formalnych w drodze stosowania równie złożonych procesów ich formowania.

Istotny kontekst dla badań prowadzonych w tej części pracy i dla sformułowania wniosków końcowych, stanowi matematyczno-fizyczna teoria chaosu deterministycznego. Prezentuje ona inną możliwość interpretowania zjawisk i form złożonych – jako efektu prostych, elementarnych procesów. Próba weryfikacji tych założeń na gruncie teorii budowy i metod kształtowania formy architektonicznej jest ogólnym celem badawczym założonym w części teoretyczno-aplikacyjnej pracy.

Definiując to ściślej, celem jest: dowiedzenie możliwości i wskazanie metod kształtowania złożonych form architektonicznych poprzez stosowanie elementarnie prostych procesów formowania. Zasada organizacji (budowy) takich form określana jest w pracy mianem *porządku wyższego rzędu*.

Dla uzasadnienia kierunku badań przedstawionych w tej części pracy, założony cel wymaga bardziej precyzyjnego wyjaśnienia. Nie jest on bynajmniej oczywisty i wydaje się raczej sprzeczny z klasycznym rozumieniem reguł budowania formy. Jak to było już wcześniej omawiane²⁶⁵, każda kompozycja formalna może być interpretowana jako efekt określonego procesu konstrukcyjnego. Ilość informacji niezbędnych dla jego zakodowania jest miarodajnym, mierzalnym parametrem – który pozornie wydaje się być wprost związany z jej faktycznie postrzeganą złożonością. Przykładowo, dla jednoznacznego opisu sfery

²⁶⁵ Por. pojęcie złożoności opisowej, Rescher 1998, op. cit., s. 9; patrz rozdział 2.2.

w przestrzeni wystarczy określenie punktu środkowego i promienia (łącznie 4 liczby²⁶⁶). Natomiast, ilość informacji potrzebna do zakodowania dowolnej ze współczesnych kreacji Franka O. Gehrego – jest w oczywisty sposób nieporównywalnie większa. Celem prezentowanych tu badań jest wskazanie istnienia form zorganizowanych według porządku wyższego rzędu – czyli takich, które są postrzegane jako bardzo złożone, a jednocześnie ilość informacji niezbędna dla jednoznacznego ich określenia jest niewspółmiernie mała (często wręcz porównywalna z tą niezbędną dla opisu położenia sfery w przestrzeni).

ZAKRES BADAŃ

Zakres badań jest ściśle ukierunkowany na realizację ustalonego celu, a więc na wykazanie możliwości konstruowania złożonych form w drodze prostego procesu formowania (porządek wyższego rzędu). Badania zmierzają do przedstawienia takich form – począwszy od przykładów czysto abstrakcyjnych, po takie, które mogą być aplikowane w architekturze. Podstawą są autorskie symulacje komputerowe.

METODA BADAŃ

Podstawowym narzędziem badawczym stosowanym w tej części pracy były odpowiednie programy komputerowe opracowane od podstaw przez głównego wykonawcę projektu. Zastosowanie tych programów umożliwiło precyzyjne definiowanie reguł konstruowania określonych form dwu- i trójwymiarowych. Zasady budowy formalnej każdorazowo kodowane były w postaci ściśle określonych, prostych algorytmów. W przygotowaniu programów zastosowano odpowiednie metody matematyczne i geometryczne opisane w literaturze. Odwołania przytoczone są w opisie badań – w kolejnych rozdziałach.

Metoda badawcza opiera się na dwóch podstawowych działaniach:

- a) teoretycznych poszukiwaniach formalnych zmierzających do wykazania porządku wyższego rzędu w budowie formy (rozdziały 3.2 – 3.4)
- b) krytycznej analizie wybranych przykładów architektonicznych, w których zaobserwowano obecność elementów porządku wyższego rzędu (rozdział 3.5)

FORMA PREZENTACJI BADAŃ

Z uwagi na ściśle sprecyzowany cel badawczy, przyjęto maksymalnie syntetyczną formę prezentacji ich wyników. Podstawą są analizy i symulacje dotyczące kształtowania formy, które zmierzają do udowodnienia tezy (wynikającej z założonego celu²⁶⁷). Badania zorganizowano w odpowiednie grupy, opisane w kolejnych rozdziałach. Najistotniejsze założenia przeprowadzonych analiz i symulacji przedstawiono na początku rozdziałów, a wyniki zaprezentowano w formie ikonograficznej – na opisanych ilustracjach.

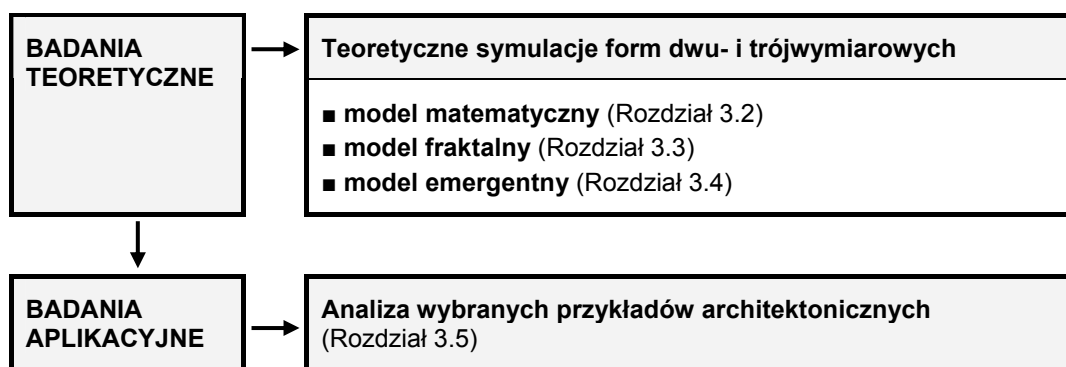
²⁶⁶ Tzn. trzy współrzędne punktu środkowego i jedna liczba rzeczywista określająca promień.

²⁶⁷ Wykazanie możliwości uzyskiwania złożonych kompozycji przestrzennych w drodze stosowania elementarnie prostych procesów formowania.

STRUKTURA BADAŃ

W niniejszej części pracy wyodrębniono dwie grupy badań – teoretyczną i aplikacyjną (tab. 2). W ramach badań teoretycznych analizowane były wybrane metody kształtowania form oparte o stosowanie porządku wyższego rzędu. Zostały one uszeregowane według trzech modeli²⁶⁸: matematycznego, fraktalnego i emergentnego. W ramach badań aplikacyjnych analizie poddane zostały natomiast wybrane przykłady realizacji i projektów architektonicznych, w których dostrzeżono elementy uporządkowań wyższego rzędu.

Tab. 3. Struktura badań omówionych w części teoretyczno-aplikacyjnej pracy



Interpretacja pojęć modelu matematycznego, fraktalnego i emergentnego

Każdy z wyodrębnionych modeli określa ogólnie, odrębną kategorię sposobu definiowania formy. Rozumienie tych modeli w pracy jest następujące:

Model matematyczny – forma definiowana jest za pomocą odpowiednich formuł matematycznych, które mogą być zapisane w postaci określonych wzorów i zasad (a nie – w postaci geometrycznej). Metody takie są trudne do zastosowania w projektowaniu formy architektonicznej. Umożliwiają jednak zaobserwowanie istnienia elementarnych uporządkowań wyższego rzędu, na poziomie czysto teoretycznym (np. w Zbiorze Mandelbrota).

Model fraktalny – zasada formowania wyrażana jest w sposób geometryczny. Można ją zapisać w postaci rysunku (schematu) oraz odpowiednio przekształcać i modyfikować. Konstrukcja opiera się na stosowaniu sprzężonych prostych przekształceń – kopiowanie elementów, obracanie i deformacja, itp. Wartość aplikacyjna takich metod w projektowaniu architektonicznym jest znacząca (co szerzej omówiono w rozdziale 3.5). Operujemy bowiem klasycznym 'językiem' kształtowania formy, w ramach którego szukamy możliwości modelowania uporządkowań wyższego rzędu. Badania przedstawione w pracy zostały

²⁶⁸ Pojęcia mają charakter roboczy. Prezentowany w pracy sposób ich rozumienia, przedstawiono w dalszej części wprowadzenia. Modele formowania wprowadzono dla lepszego uszeregowania badań, ukierunkowanych na eksplorację uporządkowań wyższego rzędu formie architektonicznej.

zwięźone do analizy kompozycji uzyskiwanych z użyciem tzw. metody IFS²⁶⁹ (opartej na sprzężeniu zwrotnym transformacji afinicznych). W ramach prezentowanego rozumienia modelu fraktalnego, ująć w nim można także inne metody, np. L-Systemy²⁷⁰ (stosowane m.in. do modelowania wzrostu roślin).

Model emergentny – nazwa nawiązuje do zjawiska emergencji²⁷¹. Formowanie opiera się wyłącznie na określaniu relacji przestrzennych i zasad wzajemnego oddziaływania między poszczególnymi elementami formy (najczęściej – dużą ilością podobnych elementów). Wartość aplikacyjna takich metod w projektowaniu architektonicznym jest również znacząca, choć odbiega zasadniczo od klasycznych sposobów kształtowania formy. Zjawisko wzajemnego oddziaływania elementów występuje w różnych skalach kształtowania przestrzeni architektonicznej²⁷². Widoczne jest ono także w urbanistce, gdzie uwzględnia się je m.in. w najnowszych analizach wzrostu urbanistycznego dużych aglomeracji miejskich²⁷³. Badania przedstawione w pracy zostały zwięźone do symulacji kompozycji uzyskiwanych z użyciem tzw. metody automatów komórkowych²⁷⁴ (jedno-, dwu- i trójwymiarowych).

Badania aplikacyjne – cel i podstawowe założenia

Badania aplikacyjne, omówione w rozdziale 3.5, zmierzają do wstępnej weryfikacji wykorzystania teoretycznych metod kształtowania formy w projektowaniu. Celem nie było jednak przedstawienie przeglądu przykładów architektonicznych (i cytowanie doświadczeń innych architektów), a raczej symulacja procesu projektowego. Badania zostały zogniskowane tylko na trzech wybranych obiektach (w tym dwóch zrealizowanych). Wątek kompozycyjny dotyczący porządku wyższego rzędu – został wyodrębniony i poddany dalszym analizom. Stosując odpowiednie symulacje komputerowe, wykazano możliwość opisu złożonych form, jako efektu prostych procesów formowania. Pokazano także, sposoby kontynuacji działań formalnych – ‘przeprojektowanie’ kompozycji z zachowaniem spójności formuł ich budowy.

²⁶⁹ IFS (Iterated Function System), odpowiednie odwołania do literatury prezentujące podstawy tej metody zostały przedstawione w rozdziale 3.3.

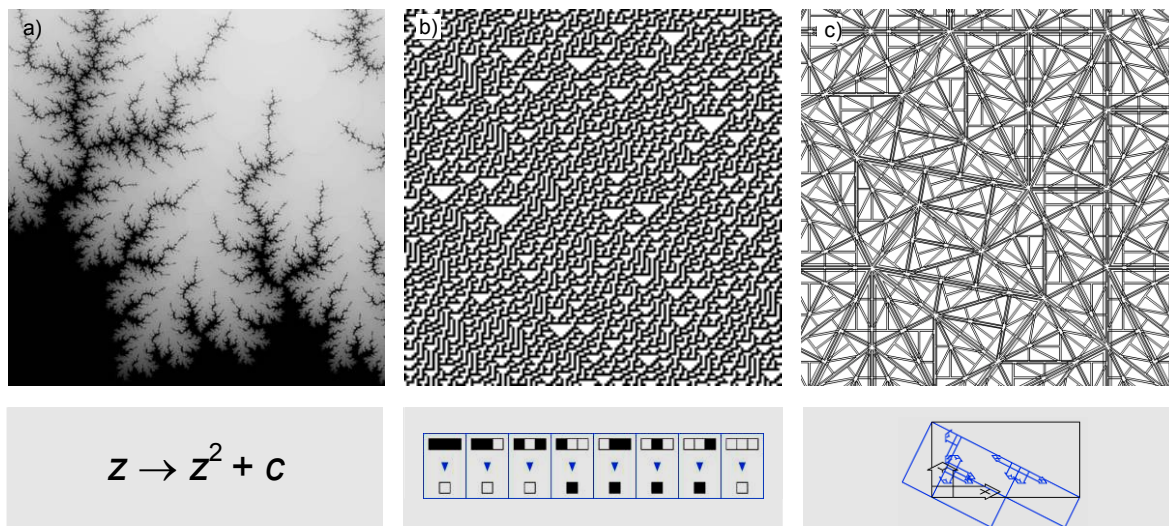
²⁷⁰ Patrz m.in.: Prusinkiewicz P., Lindenmayer A., *The Algorithmic Beauty of Plants*, Springer-Verlag 1990. Inne badania dotyczące L-Systemów, prowadzone na Uniwersytecie w Calgary pod kierunkiem prof. Prusinkiewicza, dostępne są na stronach internetowych →<http://algorithmicbotany.org>.

²⁷¹ Powstawanie jakościowo nowych form i zachowań wynikających z oddziaływania między prostymi elementami systemu, np.: zbiorowa inteligencja roju pszczół, konstruowanie gniazd termitów itp.

²⁷² Por. Rubinowicz P., "Gra o przestrzeń i jej teoretyczny model", Materiały Sympozjum PAN – Teoria a Praktyka w Architekturze Współczesnej, Rybna 2000, s. 196-201.

²⁷³ Patrz m.in.: a) Batty M., *Cities and Complexity*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2005; b) Batty M., Longley P., *Fractal Cities*, Academic Press Limited, San Diego 1994; c) Portugali J., *Self-Organization and the City*, Springer, Berlin 2000; d) Torrens P.M., "Automata-based models of urban systems" [w:] *Advanced Spatial Analysis*, P. Longley & M. Batty (Eds.), Redlands, ESRI Press, 2003, s. 61-79; e) Beim M., *Modelowanie procesu suburbanizacji w aglomeracji poznańskiej z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i automatów komórkowych* – dysertacja, UAM Poznań 2007; f) Rozwadowski T., *Dynamika przemian przestrzennych miasta i jej symulacja z wykorzystaniem modelu komórkowego na przykładzie rozwoju urbanistycznego aglomeracji gdańskiej* – dysertacja, Politechnika Gdańska WA, Gdańsk 2006.

²⁷⁴ Automaty komórkowe (CA), odpowiednie odwołania do literatury prezentujące podstawy tej metody zostały przedstawione w rozdziale 3.4.



Ryc.37. Wybrane przykłady kształtowania form złożonych według porządku wyższego rzędu (omówione w części teoretyczno-aplikacyjnej). Konstrukcja jest ściśle określona za pomocą przedstawionej reguły (patrz rozdziały 3.2, 3.3, 3.4). Na ilustracji: a) wybrane powiększenie Zbioru Mandelbrota; b) symulacja automatu komórkowego; c) symulacja elewacji Federation Square w Melbourne (proj. Lab A-S). Źródło: opr. autora

3.2. TEORETYCZNE SYMULACJE FORMY – MODEL MATEMATYCZNY

PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

Badania dotyczyły generowania form metodami ujętymi w ramach tzw. *modelu matematycznego* (patrz roz. 3.1). Sposób ich konstruowania definiowany był więc wyłącznie za pomocą określonych formuł matematycznych (wzorów i zasad). Wszystkie załączone symulacje przygotowano z użyciem autorskich programów komputerowych²⁷⁵.

ZAKRES BADAŃ

- a) analiza iteracji równania logistycznego oraz diagramu bifurkacyjnego Feigenbauma²⁷⁶
- b) analiza trójwymiarowych symulacji atraktora Lorenza²⁷⁷
- c) analiza zbiorów Julii i Mandelbrota²⁷⁸

UZYSKANE WYNIKI

Część z przedstawionych form fraktalnych była już wcześniej spopularyzowana (jak choćby zbiór Mandelbrota²⁷⁹). Badania zmierzały jednak do szerszego przeanalizowania zagadnienia i wskazania wartości estetycznych – trudnych do opisu według klasycznych reguł kompozycyjnych i zbliżonych do form występujących w przyrodzie (por. ryc. 45).

Przytoczone symulacje, pozwoliły na ‘eksplorację’ porządku wyższego rzędu – na poziomie czysto teoretycznym (i dość odległym od architektury). **Najistotniejsza dla wyводу jest następująca obserwacja, że choć wszystkie te formy są niezwykle złożone, to ich konstrukcja opiera się na stosowaniu elementarnie prostych reguł**²⁸⁰. Mogą być one jednoznacznie zdefiniowane w postaci prostych algorytmów i zakodowane za pomocą małej ilości informacji (niska złożoność opisowa).

²⁷⁵ Opisy programów przedstawione są w załączniku – **Programy nr 1, 2, 3**.

²⁷⁶ Patrz m.in.: a) Peitgen H., Jürgens H., Saupe D., *Granice chaosu. Fraktale*. Cz.2, PWN 1996, s. 225-307; b) Steward I., *Czy Bóg gra w kości? Nowa matematyka chaosu*, PWN, 2001, s. 28-33

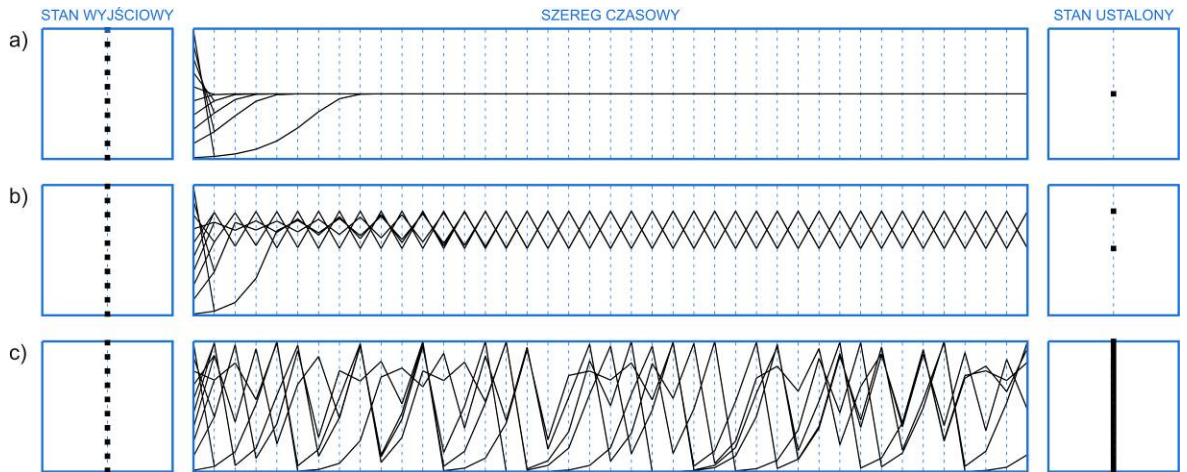
²⁷⁷ Patrz m.in.: a) Lorenz E., “Deterministic Nonperiodic Flow” [w:] *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 20, 1963/03, s.130-141; b) Gleick J., *Chaos – Narodziny nowej nauki*, Zysk i S-ka, Poznań 1996, s. 18-41; Peitgen et al., op. cit., cz. 2, s. 359-365

²⁷⁸ Patrz m.in.: Peitgen et al., op. cit., cz. 2, s. 399-535

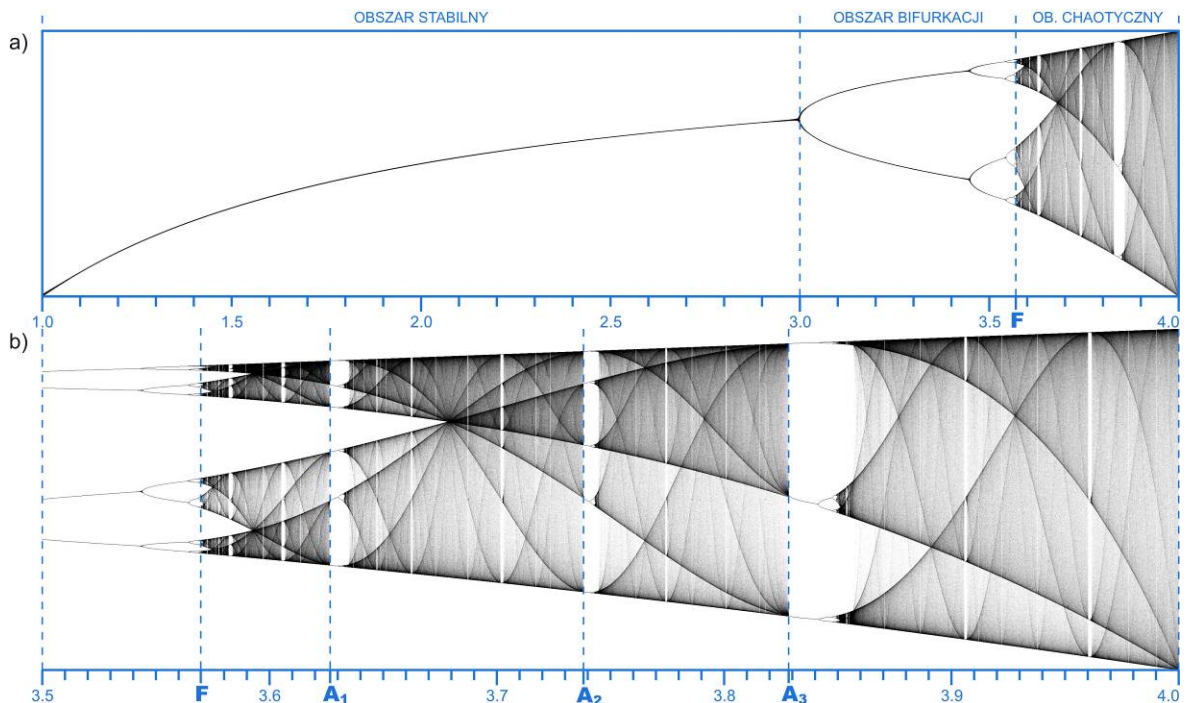
²⁷⁹ Wizualizacja zbioru M. opublikowana została już w 1983 roku, w: Mandelbrot B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York 1983, s. 186-191

²⁸⁰ Omówienie tych zasad nie jest przedmiotem pracy i nie też jest niezbędne dla wyvodu (choć przygotowanie symulacji i programów wymagało dość szczegółowego ich rozpoznania przez autora). Szersze omówienia przedstawiona są w podanych wyżej odwołaniach. Ogólnie: diagram Feigenbauma powstaje poprzez iterację równania kwadratowego: $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$; atraktor Lorenza opisują trzy nieliniowe równania różniczkowe: $X' = -\sigma X + \sigma Y$; $Y' = -XZ + \sigma X - Y$; $Z' = XY - bZ$; zbiór Mandelbrota (oraz zbiory Julii), określone są w płaszczyźnie zespolonej przez równanie rekurencyjne: $z \rightarrow z^2 + c$.

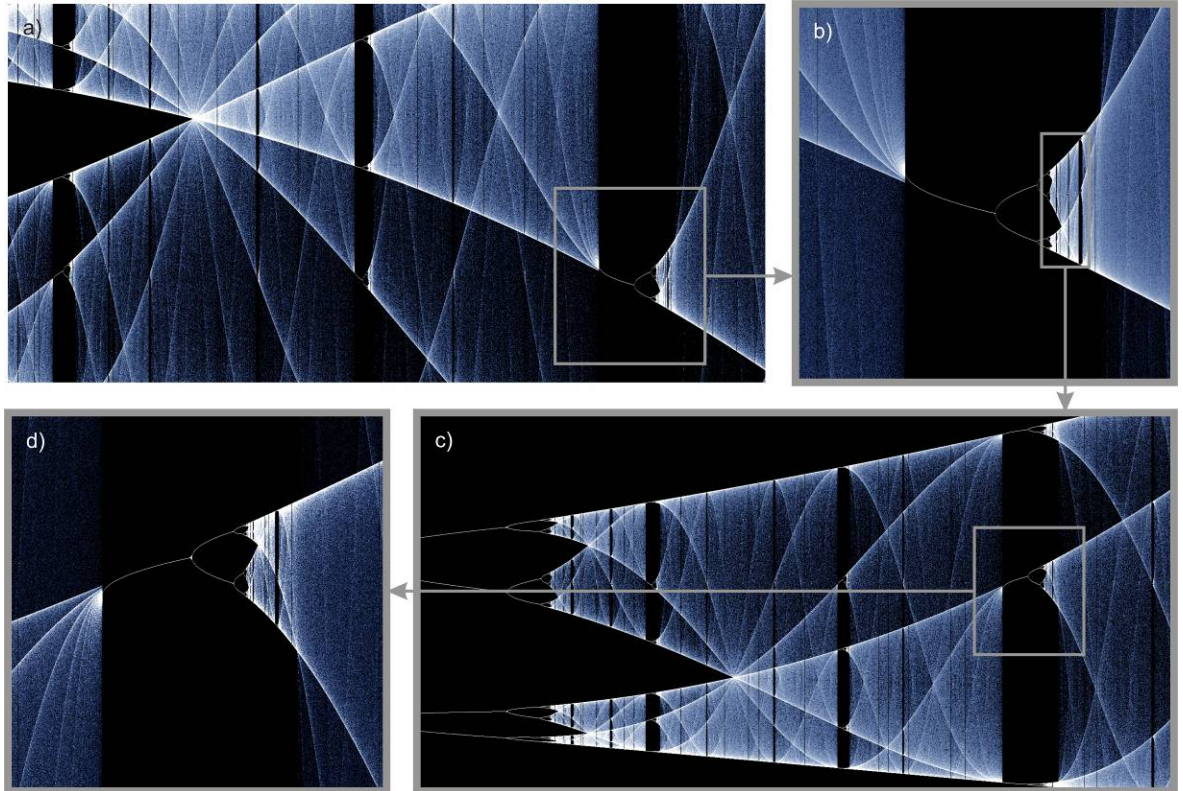
**PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W MODELACH MATEMATYCZNYCH
ITERACJA RÓWNIANIA LOGISTYCZNEGO – DIAGRAM FEIGENBAUMA
– ATRAKTOR LORENZA**



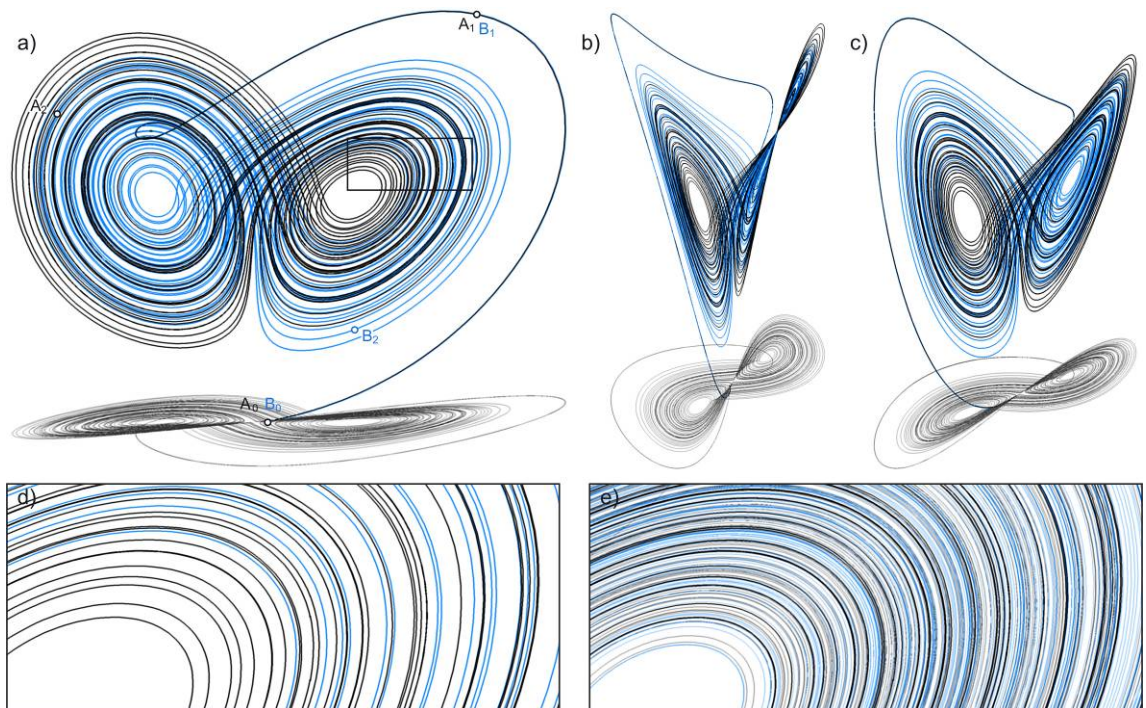
Ryc. 38. Wykresy szeregów czasowych równania logistycznego $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$: a) ciąg stabilizujący się w pojedynczym punkcie ($a = 2.0$), b) ciąg oscylujący między dwoma punktami ($a = 3.2$), c) ciąg chaotyczny ($a = 4.0$). Symulacja przeprowadzona została dla 10 wartości wyrazu początkowego x_0 . Wyniki analizy prowadzą do następujących wniosków: Po pierwsze, w ramach jednego modelu matematycznego zaobserwować można zarówno zachowania uporządkowane jak i chaotyczne (w badanym równaniu rodzaj zachowania jest zależny wyłącznie od wartości pojedynczego parametru). Po drugie, analiza stanowi empiryczny dowód istnienia chaosu deterministycznego. Oznacza to, że za pomocą prostej formuły matematycznej można opisać nieskończenie złożone zjawisko dynamiczne lub kompozycję przestrzenną. Źródło: opr. autora (2006)



Ryc. 39. Diagram bifurkacyjny Feigenbauma jako matematyczna droga od porządku do chaosu. Diagram stał się jednym z najważniejszych symboli teorii chaosu. Przedstawia zachowanie iteracji funkcji kwadratowej opisanej wzorem $x \rightarrow ax(1 - x)$ w zależności od wartości parametru a : a) symulacja diagramu dla przedziału od 1,0 do 4,0; b) symulacja diagramu dla przedziału od 3,5 do 4,0. Oznaczenia: F – punkt Feigenbauma (3,5699456...) rozgraniczający obszar dynamiki chaotycznej; $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ – punkty gwałtownych przejść ze stanu chaotycznego do regularnego (stan ustalony opisany jest kilkoma odosobnionymi punktami). Źródło: opr. autora (2006)

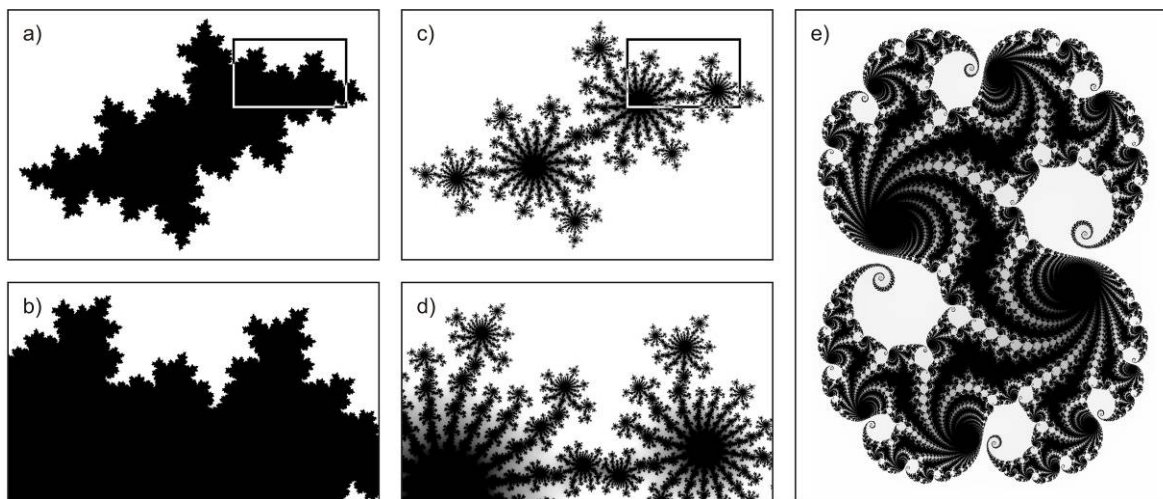


Ryc. 40. Sekwencja powiększeń diagramu Feigenbauma: a) wybrany fragmenty diagramu; b, c, d) kolejne powiększenia (uwzględniające afiniczną deformację obrazu). Przedstawiona na ilustracji analiza prezentuje nieskończoną złożoność diagramu oraz pewne cechy samopodobieństwa – widoczne między rysunkami b) i d) oraz a) i c). Samopodobieństwo to, nie jest równie ściśle, jak w przypadku np. trójkąta Sierpińskiego, jednak wyraźne są wspólne cechy kompozycyjne wszystkich przedstawionych tu powiększeń diagramu. Źródło: opr. autora (2006)

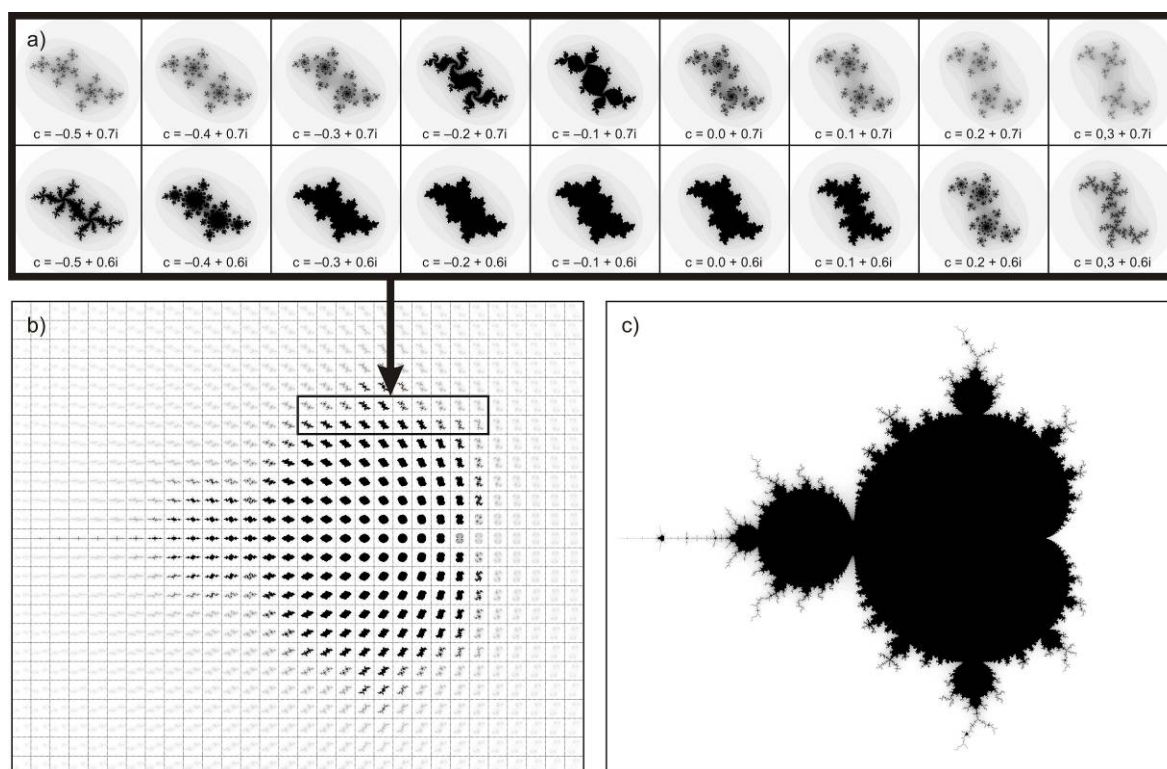


Ryc. 41. Atraktor Lorenza (obrazujący badanie zjawiska konwekcji w atmosferze): a, b, c) wybrane widoki wyniku symulacji (forma przestrzenna); d, e) powiększenie fragmentu – zagęszczanie orbit. Na ilustracji nałożono wyniki symulacji dla minimalnie różnych wartości stanu wyjściowego (A – kolor czarny i B – kolor niebieski). W toku symulacji stan chwilowy zmienia się diametralnie (pot. A_2 , B_2), co obrazuje wrażliwość układów deterministycznych na nawet nieznaczną zmianę warunków początkowych. Źródło: opr. autora (2006)

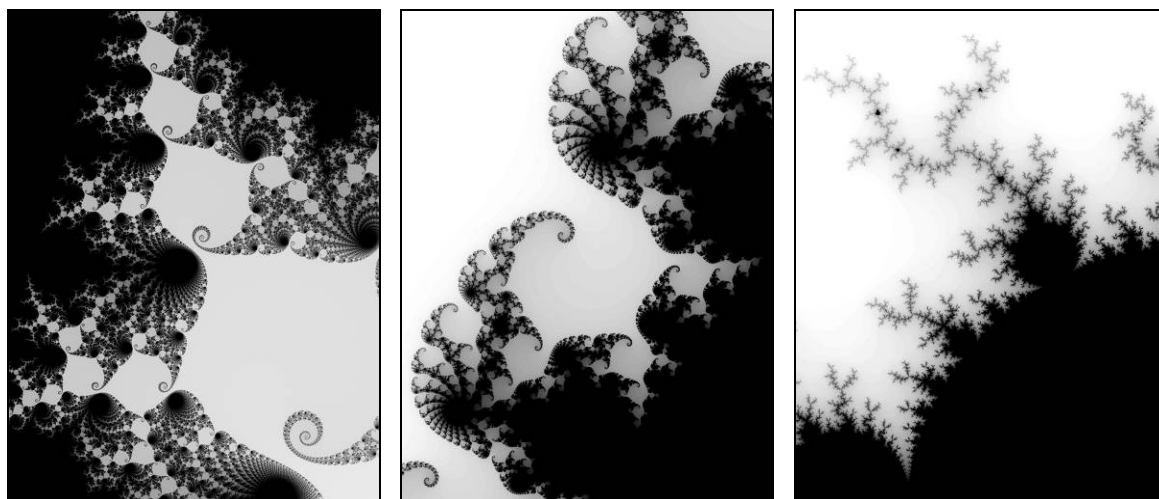
**PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W MODELACH MATEMATYCZNYCH
ANALIZY ZBIORU JULII I MANDELBROTA (FRAKTALE)**



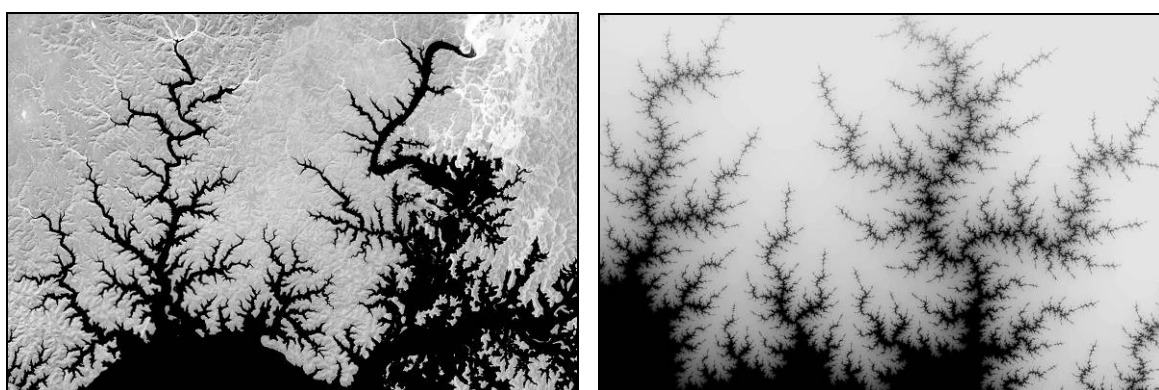
Ryc. 42. Wizualizacje wybranych zbiorów Julii ukazujące złożoność matematycznych form fraktalnych oraz pewne cechy ich samopodobieństwa: a) spójny zbiór Julii ($c = -0.5 + 0.5i$), c) niespójny zbiór Julii ($c = -0.55 + 0.5i$), b, d) powiększenia fragmentów zbiorów z ryc. a, c; d) inny przykład zbioru Julii ($c = -0.260153 - 0.002015i$). Źródło: opr. autora (2006)



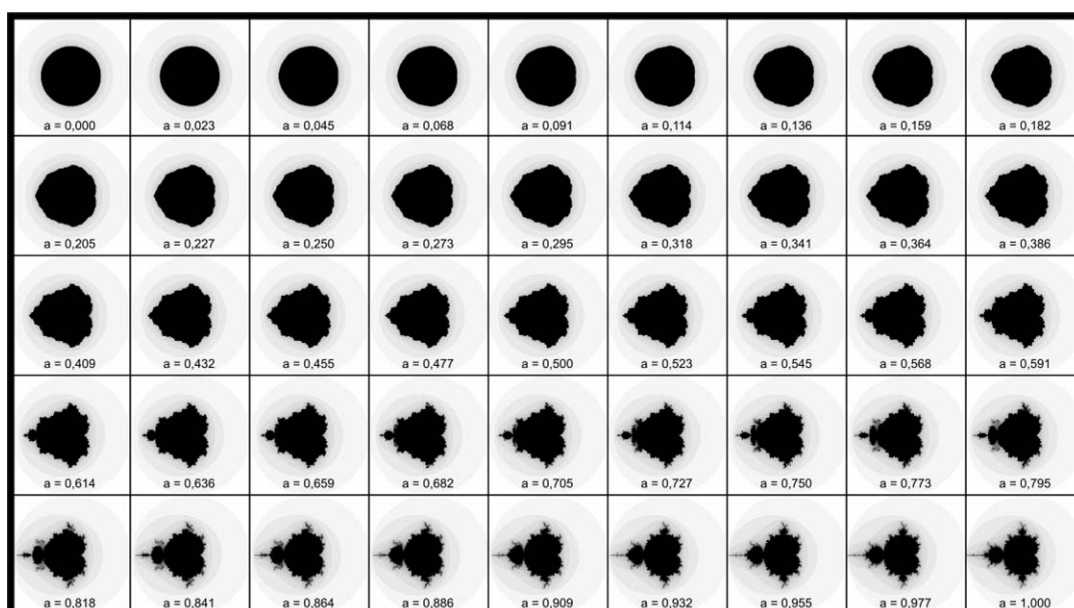
Ryc. 43. Zbiór Mandelbrota jako narzędzie systematyki rodziny zbiorów Julii: a, b) wizualizacje 750 zbiorów różnych Julii, ułożone w zależności od wartości parametru zespolonego c , ukazują uproszczony obraz zbioru Mandelbrota; c) wizualizacja zbioru Mandelbrota. Dla zerowej wartości parametru c obraz zbioru Julii zamyka się w idealnym okręgu. Złożoność kształtu zbiorów Julii rośnie w miarę 'zbliżania się' do krawędzi zbioru Mandelbrota. Źródło: opr. autora (2006)



Ryc. 44. Wizualizacje fragmentów zbioru Mandelbrota ilustrujące złożoność i różnorodność uformowań fraktalnych. Źródło: opr. autora (2006)



Ryc. 45. Zestawienie form fraktalnych – ukształtowanej naturalnie i zdefiniowanej matematycznie. Zdjęcie satelitarne rozlewiska Nilu w południowym Egipcie na granicy z Sudanem – szerokość kadru 20km (po lewej) oraz symulacja wybranego fragmentu zbioru Mandelbrota (po prawej). Źródło: opr. autora (2006)



Ryc. 46. Przykład matematycznej transformacji zbioru Mandelbrota opisanej wzorem $z \rightarrow z^2 + ac$ (gdzie a jest dodatkowym parametrem rzeczywistym). Dla parametru $a = 0$ zbiór zamyka się w idealnym okręgu, dla parametru $a = 1$ – jest równoważny zbiorowi Mandelbrota. Źródło: opr. autora (2006)

3.3. TEORETYCZNE SYMULACJE FORMY – MODEL FRAKTALNY

PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

Badania dotyczyły generowania form, metodami ujętymi w tzw. *modelu fraktalnym* (patrz roz. 3.1). Zasada ich formowania wyrażana jest w sposób geometryczny, tzn. można ją zapisać w postaci rysunku (schematu) oraz odpowiednio przekształcać i modyfikować. W analizowanym modelu można wyodrębnić szereg różnych metod (m.in. L-Systemy oparte na *geometrii żółwia*²⁸¹). Prezentowane tu badania zawężono jednak do analizy tzw. metody *IFS* (Iterated Function System) opisanej szerzej w literaturze²⁸². Celem było pokazanie metody jako sposobu modelowania porządku wyższego rzędu. Wszystkie załączone symulacje przygotowano z użyciem autorskiego programu komputerowego²⁸³.

ZAKRES BADAŃ

- a) analiza zastosowań metody IFS do kształtowania rozwiązań formalnych
- b) badanie relacji uporządkowań klasycznych²⁸⁴ i uporządkowań wyższego rzędu
- c) badanie procesu projektowania form wg porządku wyższego rzędu

UZYSKANE WYNIKI

Przedstawione badania jednoznacznie wykazują możliwość konstruowania form złożonych według porządku wyższego rzędu. Konstrukcja ta może zostać określona za pomocą prostych schematów kopiowania (takich jak w metodzie IFS). Ponadto, wykazano, że nawet nieznaczna zmiana organizacji schematu kompozycyjnego omawianych form (schemat IFS) może powodować bardzo silne ich przeobrażenie i radykalną zmianę kształtu (por. ryc. 50, 51). Ma to istotne znaczenie w projektowaniu, bowiem relacja między metodą formowania, a uzyskanym efektem jest trudna do intuicyjnego przewidzenia. Stąd też projektowanie takich form nosi cechy procesu eksperymentalnego – i jest zupełnie innym doświadczeniem niż klasyczne budowanie formy (oparte na dodawaniu kolejnych elementów, przekształcaniu tworzonej struktury, a także – na stosowaniu metod rozbitcia, deformacji i rozproszenia, opisanych w poprzedniej części pracy).

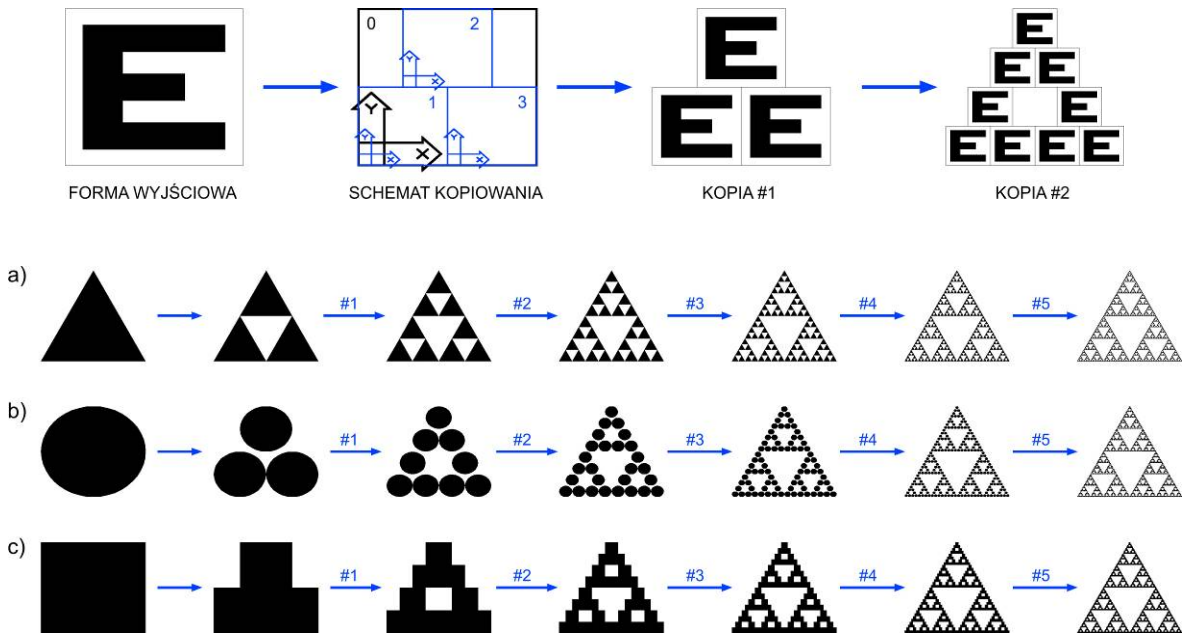
²⁸¹ Również analizowane przez autora, ale pominięte w tym opisie badań.

²⁸² M.in.: a) Peitgen H., Jürgens H., Saupe D., *Granice chaosu. Fraktale. Cz.1*, PWN 1997, s. 308-324; b) Furmanek P., *Struktury fraktalne jako źródło inspiracji w kształtowaniu formy architektonicznej* – dysertacja, Politechnika Wroclawska, 2002; c) Bovill C., *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Brikhäuser, Boston, USA 1996

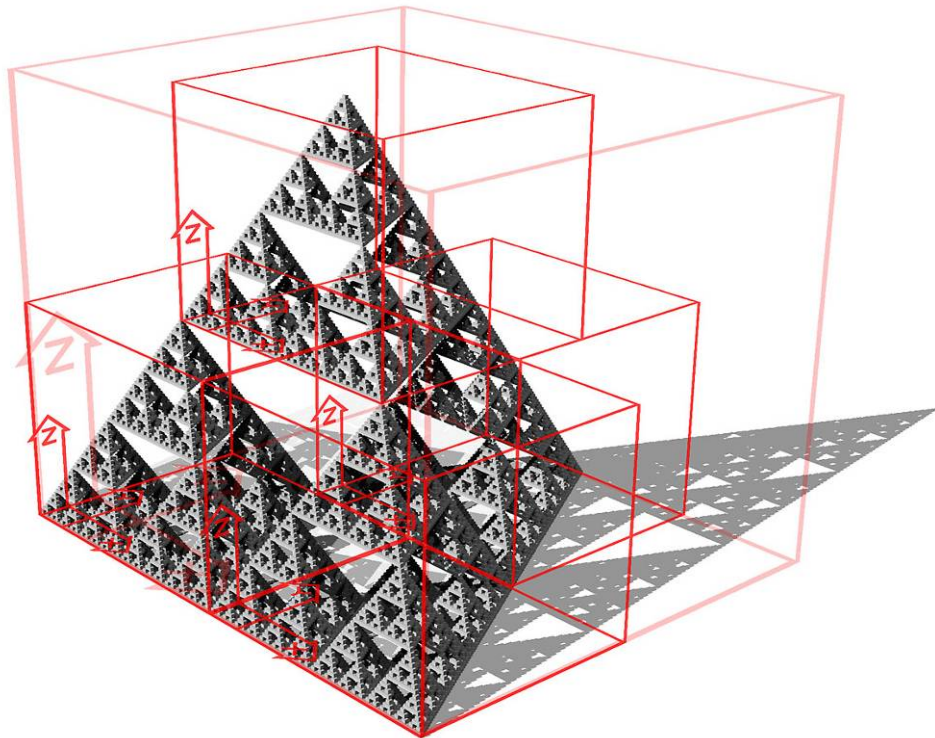
²⁸³ Opisy programów przedstawione są w załączniku – **Program nr 7**.

²⁸⁴ Tzn. takich, w którym uporządkowany proces formowania prowadzi do uzyskania formy prostej.

PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W MODELACH FRAKTALNYCH
METODA 'IFS' JAKO NARZĘDZIE KSZTAŁTOWANIA FORMY (2D / 3D)

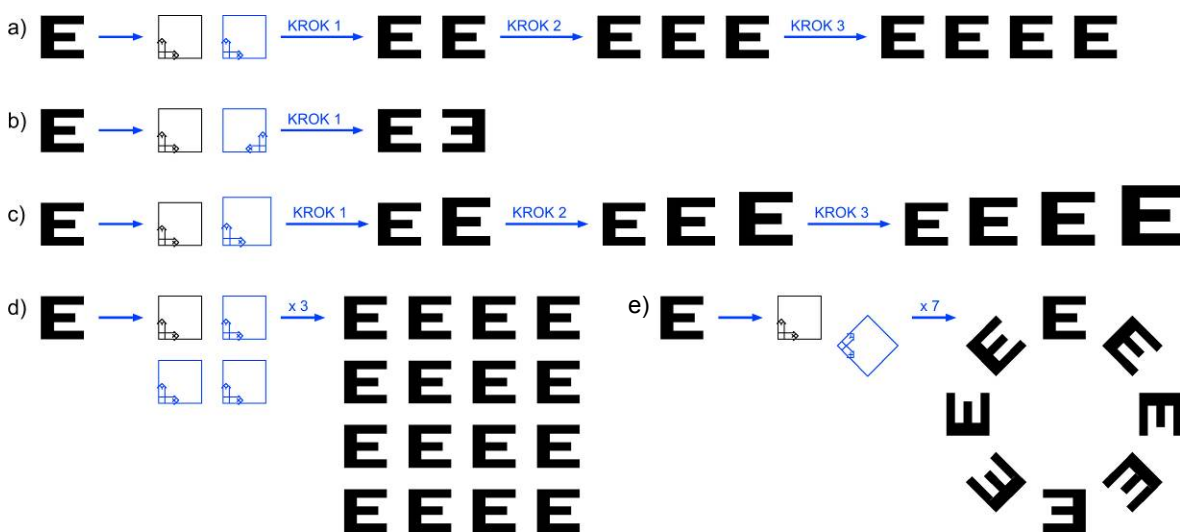


Ryc. 47. Zasada generowania form fraktalnych za pomocą metody IFS. Zastosowany w tym przypadku schemat kopiowania (schemat IFS) opisuje budowę jednego z najprostszych fraktali – trójkąta Sierpińskiego. Konstrukcja ma postać sekwencji, w ramach której powstają kolejne generacje formy. Źródło: opr. autora (2007)

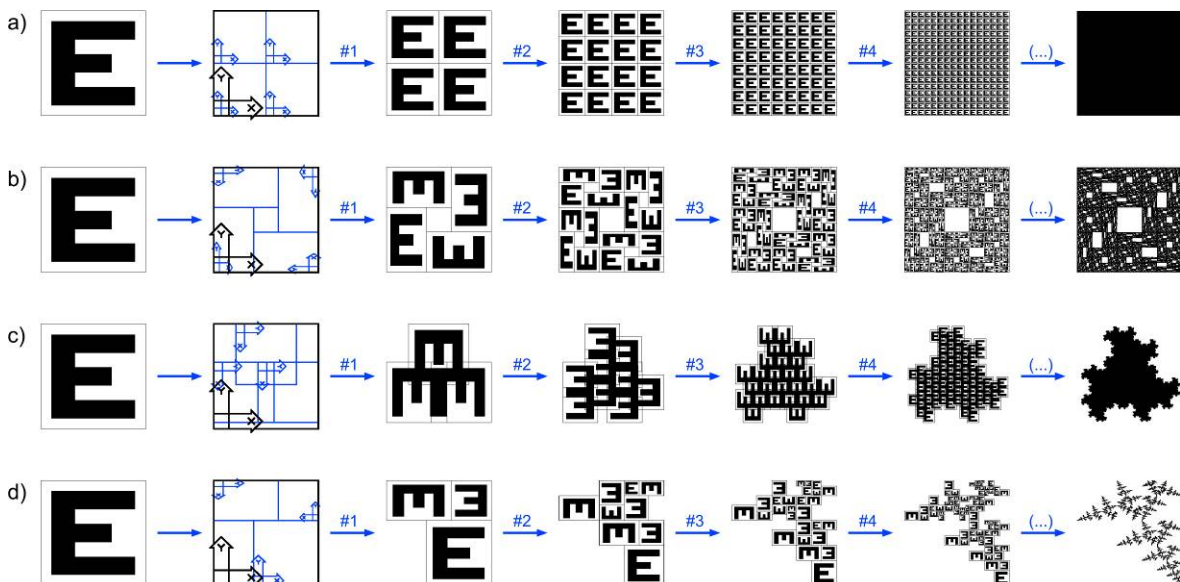


Ryc. 48. Generowanie trójwymiarowych form fraktalnych – oparte na analogicznej zasadzie jak ta, przedstawiona na poprzedniej ilustracji (ryc. 46). Wizualizacja 'przestrzennej wersji' trójkąta Sierpińskiego oraz schemat jej formowania (IFS). Dalsze badania prowadzone były dla form dwuwymiarowych (celem uzyskania większej czytelności wyników). Omawiana metoda pozwala jednak na analogiczne kształtowanie form w przestrzeni trójwymiarowej. Źródło: opr. autora (2007)

KLASYCZNIE ROZUMIANY PORZĄDEK²⁸⁵ A PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU
KONFRONTACJA POJĘĆ W RAMACH METODY 'IFS'



Ryc. 49. Wybrane 'klasyczne' metody kształtowania kompozycji – zapisane za pomocą schematów kopiowania (IFS): a) rytm jednowymiarowy, b) symetria osiowa, c) proporcje, d) rytm dwuwymiarowy, e) symetria środkowa. Przedstawione symulacje dowodzą uniwersalnych cech analizowanej metody. Klasycznie rozumiany porządek i (prezentowany w pracy) porządek wyższego rzędu opisane mogą być za pomocą tych samych narzędzi (podobnie jak obszary stabilne i chaotyczne diagramu bifurkacyjnego Feigenbauma są wynikiem analizy jednego równania – por. ryc. 39). Źródło: opr. autora (2007)

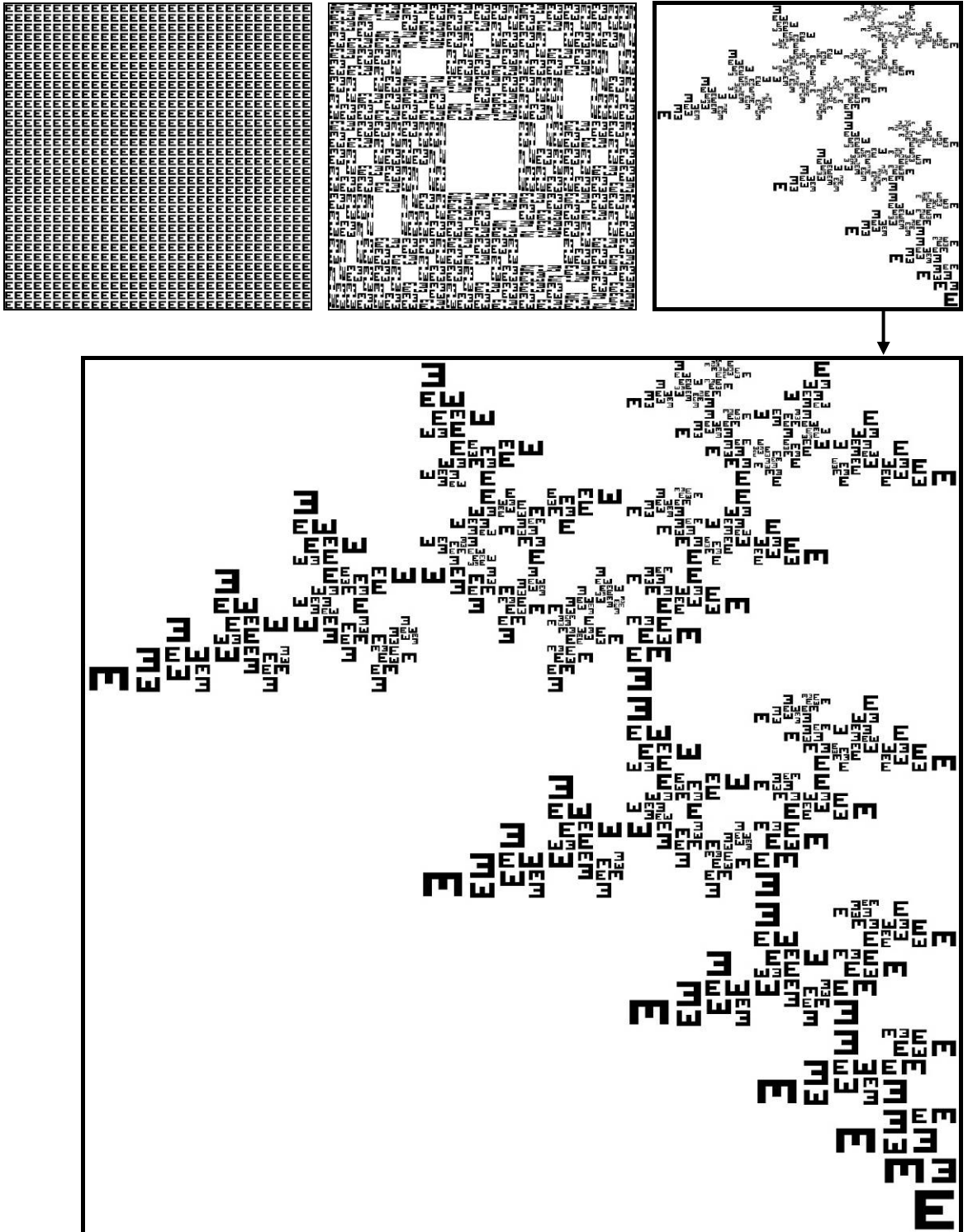


Ryc. 50. Formy uporządkowane w sposób klasyczny oraz – według porządku wyższego rzędu: a) 'klasycznie' rozumiany porządek, w którym proces formowania jest łatwo rozpoznawalny; b, c, d) porządek wyższego rzędu zmierzający do konstruowania form fraktalnych (o wysokiej złożoności). We wszystkich przykładach ilość informacji potrzebna do zapisania procesu konstrukcji jest podobna i relatywnie niska. Dla każdego przykładu (a, b, c, d) przedstawiona została następująca sekwencja: forma wyjściowa – schemat formowania – cztery cykle przekształceń – atraktor formy²⁸⁶. Źródło: opr. autora (2007)

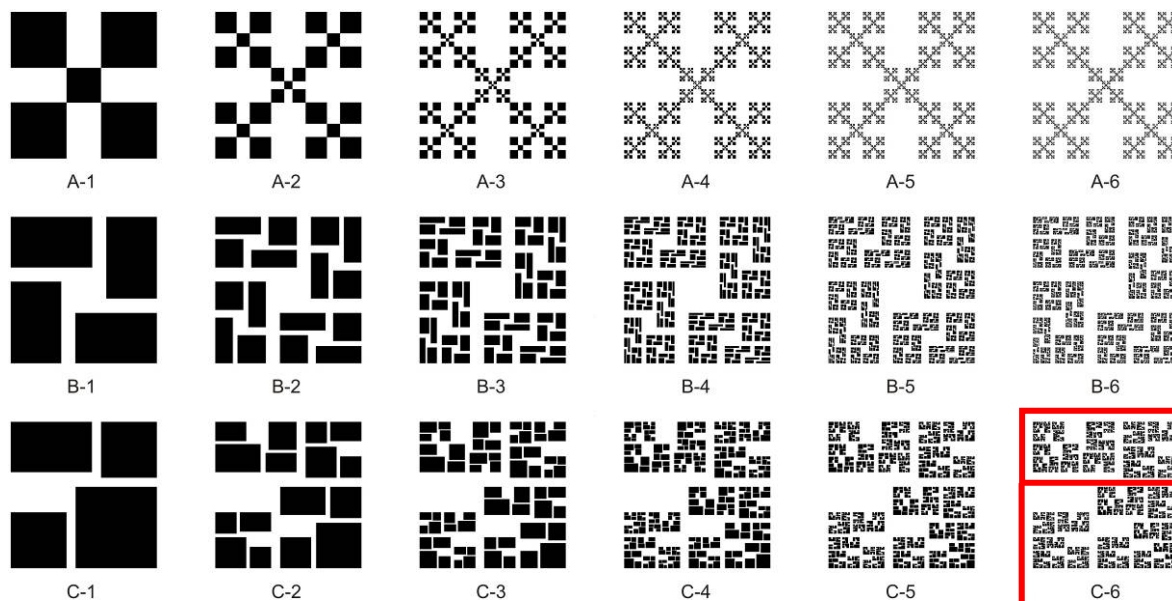
²⁸⁵ Tzn. taki, w którym uporządkowany proces formowania prowadzi do uzyskania formy prostej.

²⁸⁶ Co jest tu rozumiane jako kształt, do którego zmierza proces formowania.

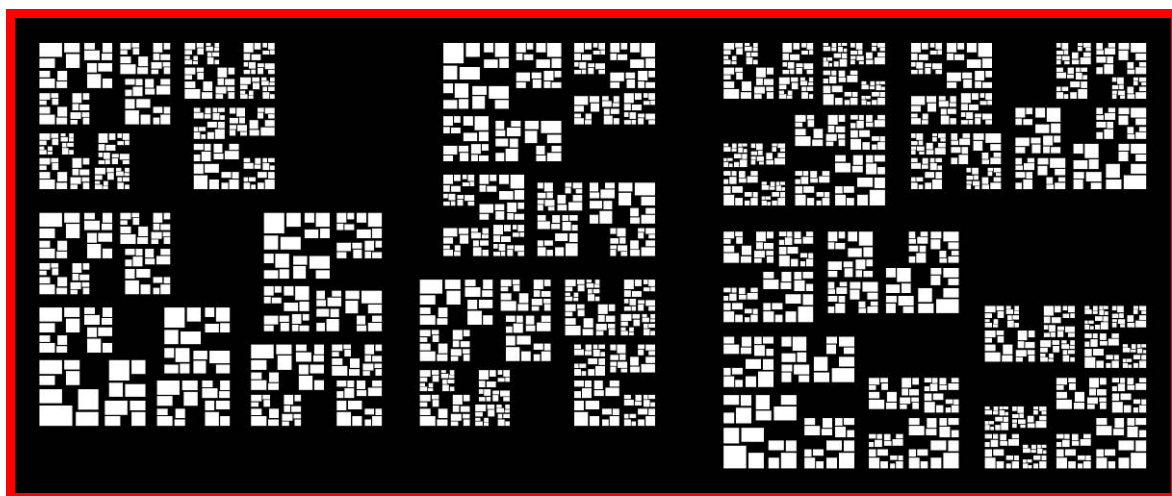
PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W MODELACH FRAKTALNYCH ANALIZA PROCESU PROJEKTOWANIA KOMPOZYCJI



Ryc. 51. Powiększenia wybranych form, których definicję i zasadę konstrukcji przestawiono na poprzedniej ilustracji (porównaj: ryc. 50 a, b, d). Kolejno od lewej: forma uporządkowana klasycznie i dwie różne formy fraktalne. Ilustracja obrazuje 'wrażliwość' tworzonych układów na zmianę reguł konstrukcji. We wszystkich przykładach reguły są zbliżone, natomiast uzyskiwane formy – zupełnie różne. Relacja między metodą formowania a uzyskanym efektem jest trudna do intuicyjnego rozpoznania. Ma to istotne znaczenie w projektowaniu form fraktalnych. Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 52. Złożoność i samopodobieństwo form fraktalnych. Przedstawione kompozycje łączą się odpowiednio w sekwencje tworząc trzy 'rodziny' (A-1...A-6, B-1...B-6, C-1...C-6). Stopień złożoności kolejnych pokoleń form w każdej z rodzin jest coraz większy. Przykładowo forma C-1 składa się z 4 elementów a forma C-6 – z ponad 4 tysięcy. W sensie matematycznym za fraktalne uznać można jedynie formy nieskończenie złożone, czyli w tym przypadku A-n, B-n, C-n, gdzie $n \rightarrow \infty$. Jednak samopodobieństwo jest czytelne już w A-2, B-2, C-2. Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 53. Przykład uporządkowania wyższego rzędu – powiększenie fragmentu formy C-6 przedstawionej na poprzedniej ilustracji (ryc. 52). Mimo zachowania prostego i ściśle deterministycznego określenia geometrycznej reguły konstrukcji, obserwujemy bardzo wysoką złożoność uzyskanej formy. Jednocześnie jest ona wyraźnie odmienna od tej, przedstawionej w powiększeniu na ryc. 51. Źródło: opr. autora (2007)

3.4. TEORETYCZNE SYMULACJE FORMY – MODEL EMERGENTNY

PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

Badania dotyczyły generowania form, metodami ujętymi w tzw. *modelu emergentnym* (patrz roz. 3.1). Formowanie opiera się więc wyłącznie na określaniu relacji przestrzennych i zasad wzajemnego oddziaływania między poszczególnymi elementami formy. Badania przedstawione w pracy zostały zawężone do symulacji kompozycji uzyskiwanych z użyciem tzw. metody automatów komórkowych²⁸⁷ (CA²⁸⁸) – jedno- i dwuwymiarowych. Podobnie jak w poprzednim rozdziale celem było pokazanie metody jako sposobu modelowania porządku wyższego rzędu. Wszystkie załączone symulacje przygotowano z użyciem autorskich programów komputerowych²⁸⁹.

ZAKRES BADAŃ

- a) analiza metody automatów komórkowych w kształtowaniu rozwiązań formalnych
- b) badanie relacji uporządkowań klasycznych²⁹⁰ i uporządkowań wyższego rzędu
- c) badanie procesu projektowania form wg porządku wyższego rzędu

UZYSKANE WYNIKI

Podobnie jak w poprzednim rozdziale, przedstawione badania jednoznacznie wykazują możliwość komponowania form według porządku wyższego rzędu. Mimo, że ich konstrukcja w *modelu emergentnym* oparta jest na zupełnie innej zasadzie niż w *modelu fraktalnym* – uzyskano zbliżone wyniki badań. Metoda automatów komórkowych wydaje się dość odległa od problematyki projektowania architektonicznego. Jednak próby jej aplikacji podejmowane są współcześnie przez różnych architektów na świecie – w ich działaniach twórczych i badawczych²⁹¹.

²⁸⁷ Patrz m.in.: a) Peitgen et al., op. cit., cz. 2, s. 89-97; b) Coveney P., Highfield R., *Granice złożoności...*, Warszawa 1997, s. 127-139; c) Wolfram S., *A New Kind of Science*, Wolfram Media Inc., 2002.

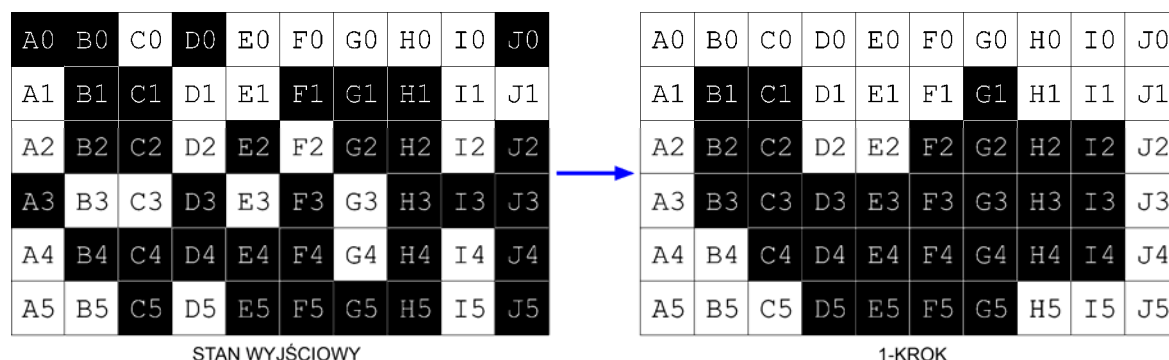
²⁸⁸ CA (*cellular automaton*) – skrót określający nazwę metody, stosowany zamiennie w dalszym opisie.

²⁸⁹ Opisy programów przedstawione są w załączniku – **Programy nr 4, 5**.

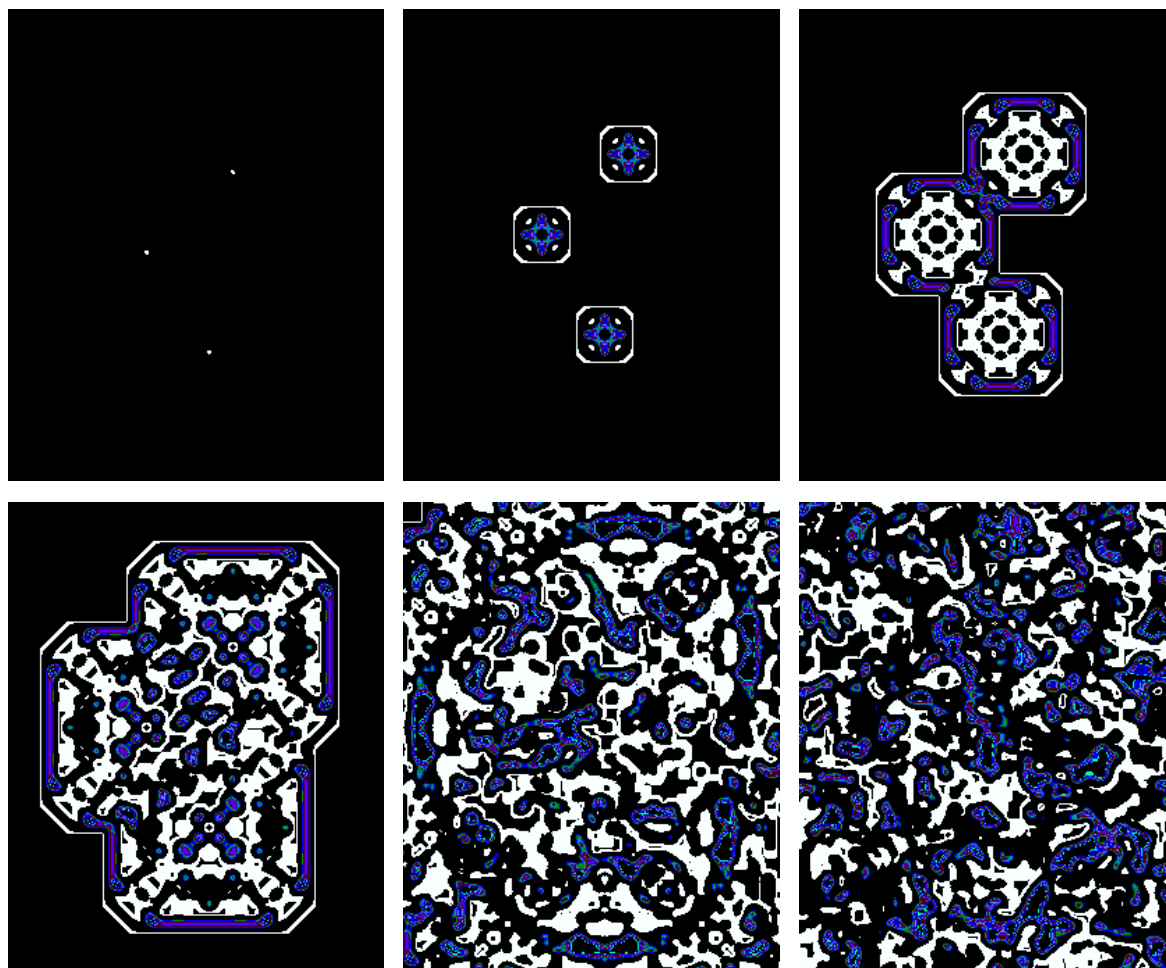
²⁹⁰ Tzn. takich, w którym uporządkowany proces formowania prowadzi do uzyskania formy prostej.

²⁹¹ Patrz m.in.: a) Rubinowicz 2000, "Gra o przestrzeń ...", op. cit.; b) Rubinowicz 2000, "Chaos and Geometric Order...", op. cit.; c) Coates P. (et al.), "The use of Cellular Automata to explore bottom up architectonic rules", *Eurographics* 1996; d) Krawczyk R., "Experiments in Architectural Form Generation Using Cellular Automata", *ACSA Conference On Growth and Form*, 2001; e) Herr C.M., Kavan T., "Using Cellular Automata to Generate High-Density Building Form", *CAAD futures* 2005; f) Silver M., "Automason Version 1.0", *Future Feeder: Journal of Architecture and Computation Culture*, 2006; g) Horn B., "Escape From the Future: Architecture, Language, and the Computational Turn", *Future Feeder*, 2006; h) Martel M., "Tractable Shape II", *Open Form Architecture*, 2007/07.

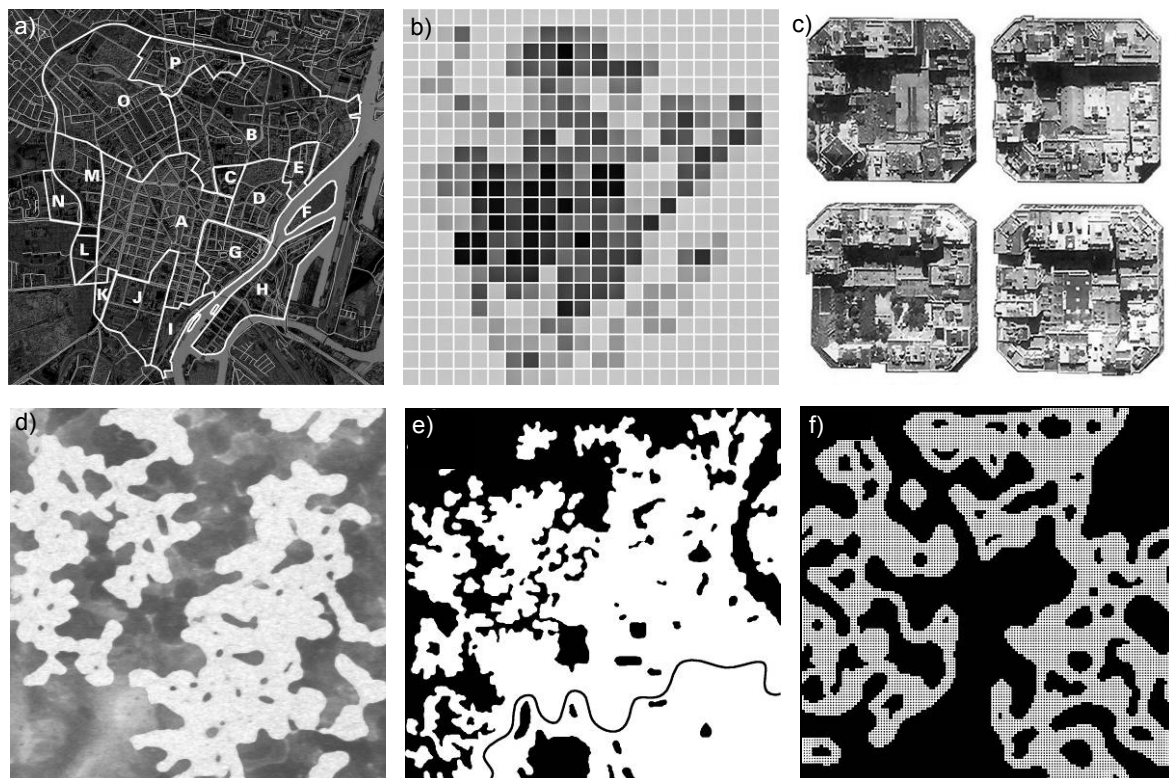
**PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W MODELACH EMERGENTNYCH
METODA 'CA' W KSZTAŁTOWANIU FORM 2D**



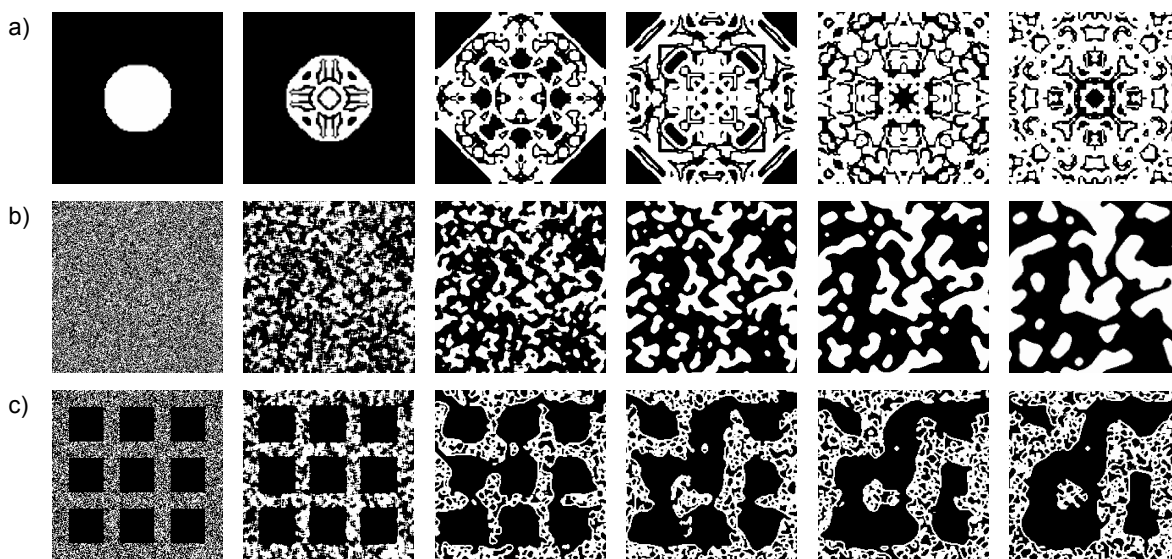
Ryc. 54. Zasada ewolucji dwuwymiarowych automatów komórkowych (CA): losowy stan wyjściowy dla układu 60 komórek (po lewej), pierwszy krok transformacji wg tzw. reguły większości (po prawej). W wyniku lokalnego oddziaływania opartego o reguły sąsiedztwa – forma ulega samoorganizacji. Źródło: opr. autora (2001)



Ryc. 55. Konstruowanie form wg porządku wyższego rzędu w modelu emergentnym. Ewolucja prostego automatu komórkowego, który z trzech jednokomórkowych „zarodków” buduje niezwykle złożoną i skomplikowaną kompozycję (il. na dole, po prawej stronie). Konstrukcja oparta jest jednak o prosty, uporządkowany i ściśle deterministyczny proces formowania. Na rysunku, kolejno (od góry i od lewej strony): stan wyjściowy automatu; 5-ta iteracja – rozwój trzech niezależnych ognisk; 11-ta iteracja – wzajemne oddziaływania ognisk; 19-ta iteracja – przenikanie ognisk powodujące wzrost złożoności centralnej części kompozycji; 37 iteracja – przeważają swobodne formy, widoczne jest jedynie „echo” wokół trzech pierwotnych ognisk oraz (na obrzeżach) lokalne symetrie i powtórzenia; 93 iteracja – kompozycja chaotyczna, bezpostaciowa, choć zrównoważona, bez zauważalnych symetrii oraz bez powtórzeń. Źródło: opr. autora (2000)

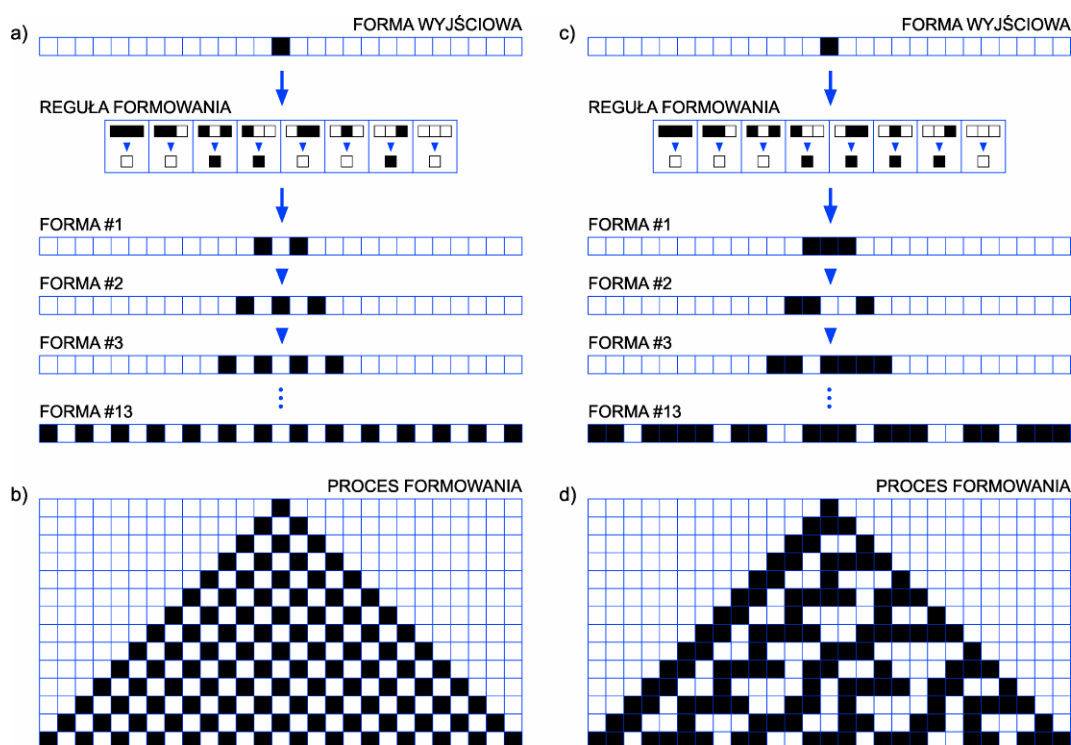


Ryc. 56. Interpretacja przestrzeni miasta jako systemu emergentnego (sieci sprzężonych i wzajemnie oddziaływujących 'komórek') oraz podobieństwo struktur miejskich i tych – kształtowanych przez przyrodę lub symulowanych komputerowo: a) podział centrum Szczecina na jednostki krajobrazowo-urbanistyczne; b) analiza intensywności zabudowy Szczecina z podziałem na umowne jednostki terenowe; c) kwartał jako odrębna 'komórka', która organizuje zabudowę; d) wzory z piasku morskiego tworzące się na powierzchni morza Bałtyckiego; e) zabudowa Londynu z 1939 roku – fragment miasta; f) kompozycja wygenerowana przez automat komórkowy. Źródło: a, b) opr. autora (2005), c) Google Maps, d) fot. PR (2000), e) Batty, Longley 1994, s. 239; f) opr. autora (2000)

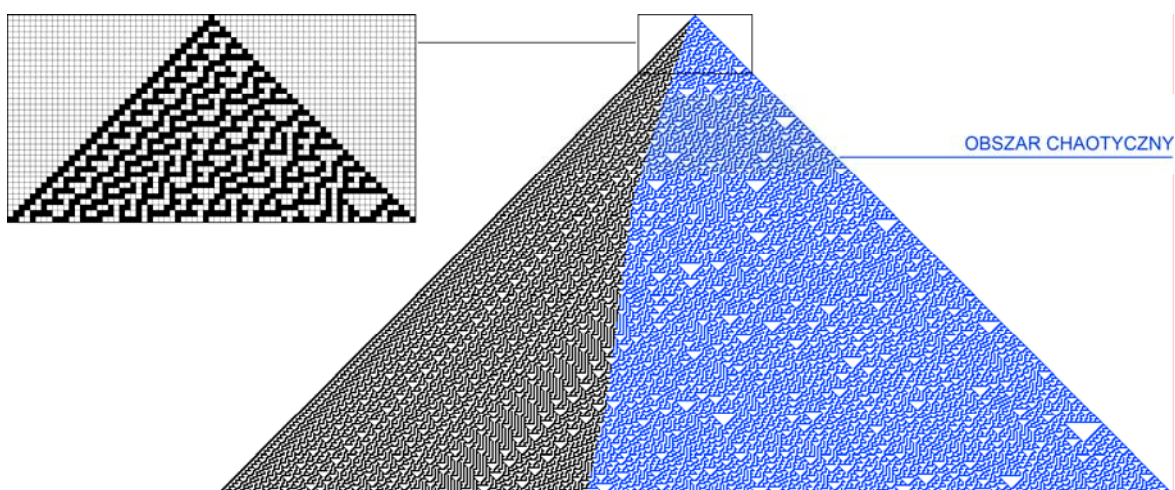


Ryc. 57. Wybrane symulacje ewolucji dwuwymiarowych automatów komórkowych: a) wzrost złożonej kompozycji symetrycznej (stan wyjściowy oraz iteracje 5, 40, 55, 80); b) samoorganizacja losowo rozproszonej struktury komórek w oparciu o tzw. regułę większości (stan wyjściowy – iteracje 1, 2, 5, 10, 15); c) przekształcenie regularnej kompozycji 9-ciu kwadratów w strukturę 'organiczną' (stan wyjściowy – iteracje 1, 15, 30, 60, 90). Źródło: opr. autora (2000)

PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W MODELACH EMERGENTNYCH ANALIZA ZAGADNIENIA Z UŻYCIEM M. AUTOMATÓW JEDNOWYMIAROWYCH²⁹²

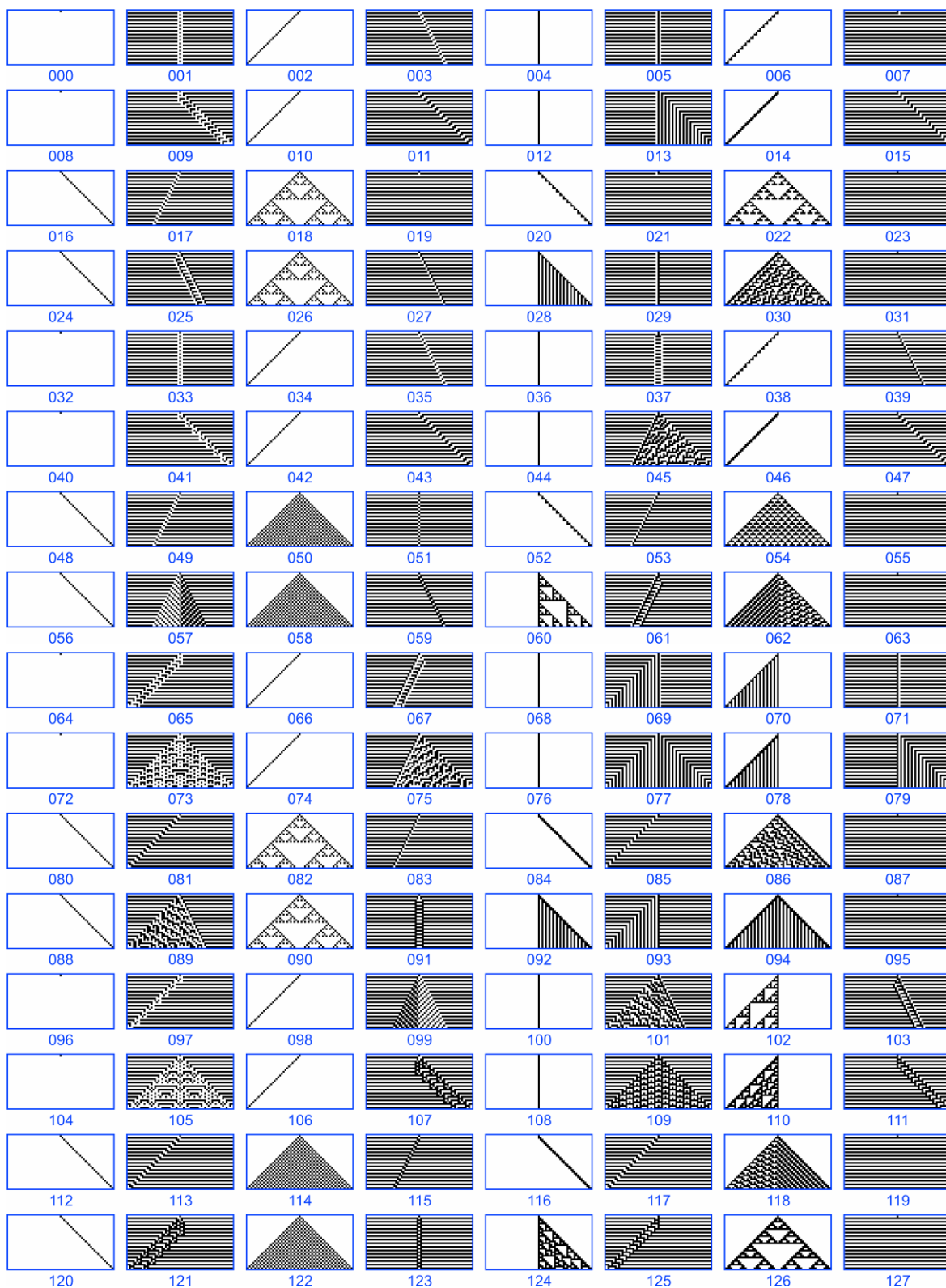


Ryc. 58. Zasada ewolucji jednowymiarowych automatów komórkowych jako teoretyczny model konstrukcji formy: a), c) przykład generowania formy według określonej reguły; b), d) zapis procesu formowania dla kolejnych 13 kroków konstrukcji. Pierwsza forma (b) jest prosta i uporządkowana, druga (d) – nieregularna. Jednak w obu przykładach reguła formowania ma identyczny stopień złożoności. Źródło: opr. autora (2007)

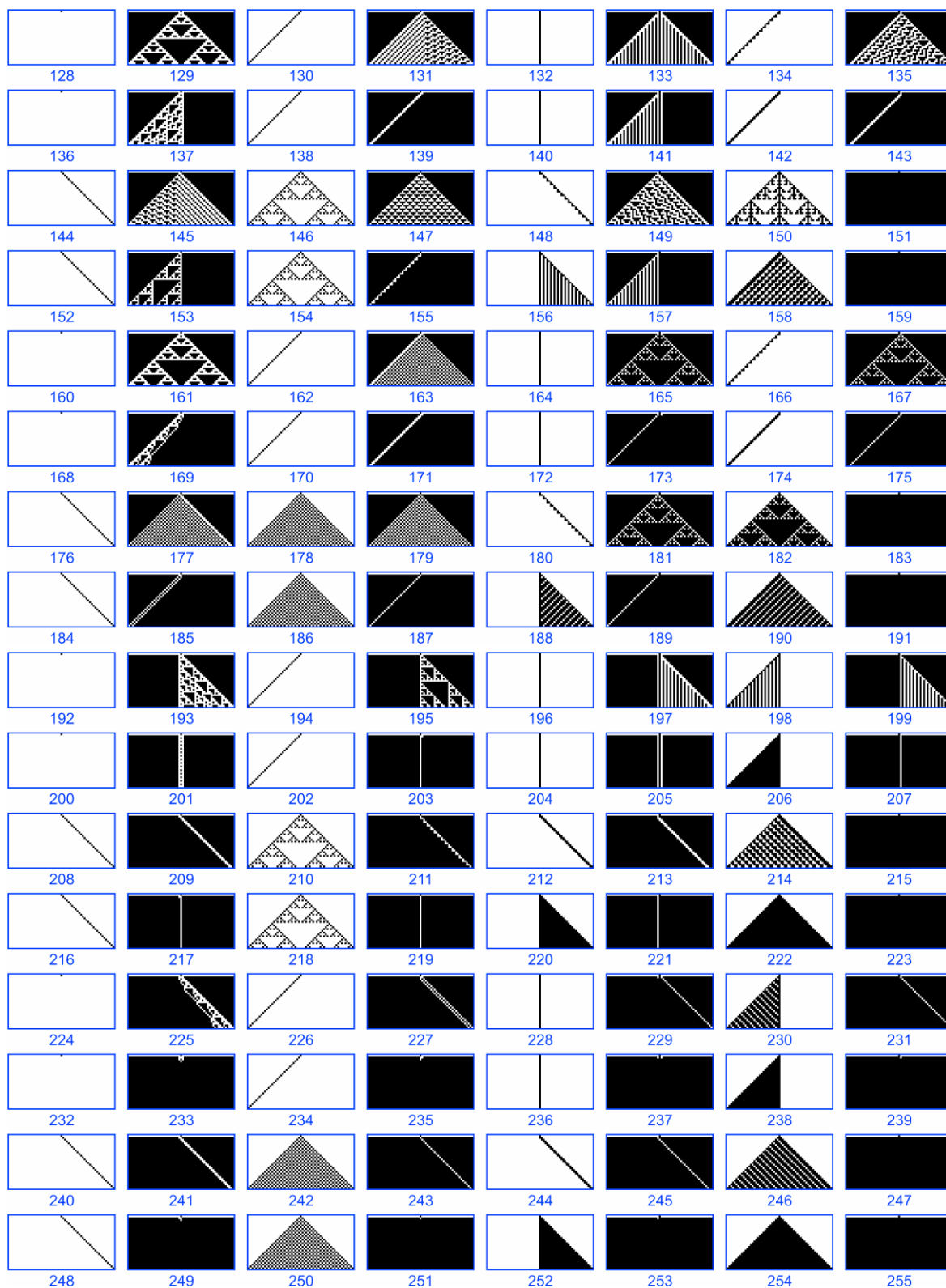


Ryc. 59. Ewolucja jednowymiarowego automatu komórkowego według reguły przedstawionej na poprzednim rysunku (ryc.58c,d). Forma wyjściowa opisana jest przez pojedynczą komórkę. Symulacja obejmuje 300 kroków konstrukcji. Kolorem wyróżniony został obszar chaotyczny. Źródło: opr. autora (2007)

²⁹² Prezentowane w tej części badania inspirowane były publikacją Stephena Wolframa (Wolfram 2003, op. cit.). Metoda CA może być stosowana dla kształtowania form o różnych wymiarach (jedno, dwu, trójwymiarowych). Ograniczenie analiz do tylko jednego wymiaru umożliwia lepszą analizę procesu konstruowania kolejnych iteracji automatu. Kolejne formy (jednowymiarowe) są układane 'jedna pod drugą' – tworząc zapis wszystkich etapów formowania – na rysunku dwuwymiarowym. Por. Wolfram 2003, op. cit. 24.



Ryc. 60. Badanie zależności między klasycznym uporządkowaniem i porządkiem wyższego rzędu – na przykładzie komputerowej symulacji procesu ewolucji jednowymiarowych automatów komórkowych (najprostszy typ jednostanowy, oparty o badanie tylko najbliższego sąsiedztwa – por. Wolfram 2003, s. 55-56). W analizowanym modelu, ilość możliwych reguł (a więc sposób formowania) jest ograniczona i wynosi dokładnie 256. Niniejsze zestawienie (ilustracja kontynuowana jest na następnej stronie) wyczerpuje wszystkie te możliwości. Pod każdą ze składowych symulacji umieszczony jest numer reguły (por. Wolfram 2003, s. 53). W zestawieniu dostrzegamy zarówno uporządkowania klasyczne (np. 000, 012, 014, 068, 122 itp.), jak i te – wyższego rzędu (np. 030, 045, 073, 075, 086 itp.). W części typów formowania (m.in. 022, 060), jako efekt symulacji dostrzegamy trójkąt Sierpińskiego. Prezentowana analiza wykazuje wzajemną zależność uporządkowań klasycznych i wyższego rzędu – dowodzi ich współobecności w jednym modelu formalnym. Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 60.

3.5. ANALIZA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW ARCHITEKTONICZNYCH

ZAKRES I CEL BADAŃ

Badania zmierzały do wstępnej weryfikacji możliwości aplikowania (opisanych wcześniej) teoretycznych metod kształtowania formy w projektowaniu architektonicznym. Celem była symulacja procesu projektowego, przygotowana z zastosowaniem technik omówionych w poprzednich rozdziałach (3.2, 3.3, 3.4).

Badania dotyczyły trzech obiektów:

- (1) **Federation Square w Melbourne, 1997-2003**²⁹³
proj. Lab Architecture Studio (arch. Donald Bates, arch. Peter Davidson)
- (2) **Cardiff Bay Opera House, 1994 (niezrealizowany)**²⁹⁴
proj. konkursowy Greg Lynn Form (arch. Greg Lynn)
- (3) **Habitat '67, kompleks mieszkalny w Montrealu, 1967**²⁹⁵
proj. arch. Moshe Safdiego (na światową wystawę EXPO'67)

W analizowanych projektach dostrzeżono wątek kompozycyjny dotyczący porządku wyższego rzędu. Został wyodrębniony i poddany dalszym analizom. Wszystkie załączone symulacje przygotowano z użyciem autorskich programów komputerowych²⁹⁶.

UZYSKANE WYNIKI

Każdy z analizowanych obiektów miał indywidualną stylistykę formalną, stąd też w każdym przypadku zakres i sposób badań był nieco inny. Zostało to szerzej wyjaśnione w dalszej części rozdziału (w opisach poprzedzających załączone symulacje).

Generalnie jednak we wszystkich obiektach, stosując odpowiednie symulacje komputerowe, wykazano możliwość opisanie złożonych form jako efektu prostych procesów formowania (porządek wyższego rzędu). Ponadto, rezultatem było także pokazanie sposobów przekształcania tych form (poprzez nieznaczną modyfikację zasady ich budowy). Prezentowane działania stanowią uproszczoną ilustrację procesu projektowego opartego o stosowanie porządku wyższego rzędu.

²⁹³ Patrz m.in.: 10x10_1, op. cit., s. 216-219.

²⁹⁴ Patrz m.in.: Lynn, *Animate Form*, op. cit., s. 83-92.

²⁹⁵ Patrz m.in.: →<http://www.habitat67.com/>.

²⁹⁶ Opisy programów przedstawione są w załączniku – **Programy nr 6, 7, 10.**

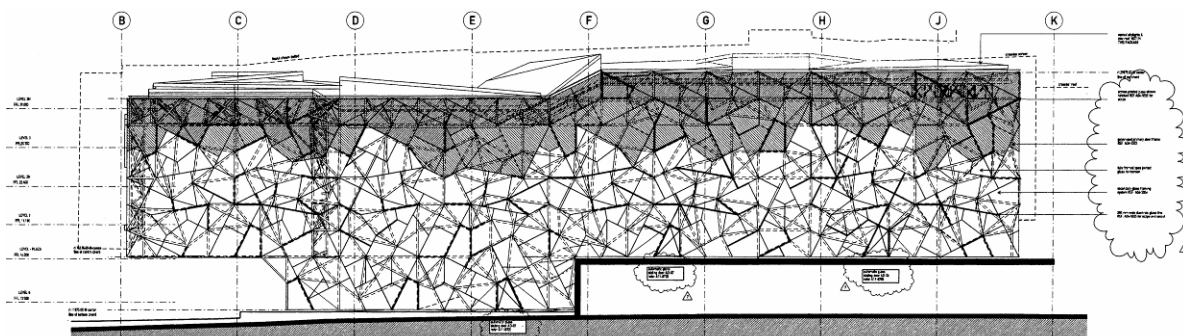
ANALIZA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW ARCHITEKTONICZNYCH Federation Square w Melbourne, proj. Lab Architecture Studio (2003)

Projekt 'Federation Square', zrealizowany w 2003 roku, jest dużym założeniem architektoniczno-urbanistycznym – łączącym wiele funkcji miejskich i kulturalnych z nową aranżacją przestrzeni publicznej placu w centrum Melbourne. Rozplanowany jest w kilku połączonych budynkach, zaprojektowanych w spójnej stylistyce formalnej, z użyciem podobnego zestawu materiałów wykończeniowych (blacha, szkło, piaskowiec).

Porządek wyższego rzędu ujawnia się w kompozycji większości płaszczyzn elewacyjnych. Wykorzystano tam zasadę fraktalnego i nieregularnego podziału zaczerpniętą wprost z matematyki współczesnej i opracowaną przez Charlesa Radina w latach 90. (tzw. *pinwheel tiling*)²⁹⁷. Wątek fraktalności obiektu został nagłośniony przez architektów i zauważony przez środowiska naukowe. Cytowany jest często m.in. przez Charlesa Jencksa²⁹⁸. Jako w pełni świadomy przykład architektury fraktalnej odnajduje go m.in. Maria Żychowska²⁹⁹. Fraktalny układ elewacji jest kontynuowany w organizacji całego zespołu obiektu. Choć w tym przypadku jest to raczej swobodna interpretacja fraktalności łączona ze stosowaniem rozbicia formalnego (zderzania form, płaszczyzn i kierunków)³⁰⁰.

Mimo, że faktalność kompozycji elewacji jest bezsporna, to jest ona jednak raczej bezpośrednim cytatem z matematyki³⁰¹ – niż efektem poszukiwania rozwiązań formalnych przez architektów w obszarze stosowania porządku wyższego rzędu.

Prezentowane dalej analizy (dotyczące tego obiektu) ukierunkowane są na realizacji dwóch celów: 1) odtworzenie dwuwymiarowej kompozycji elewacji z zastosowaniem omawianych wcześniej metod i programów komputerowych, 2) pokazanie możliwości jej przekształcania z zachowaniem porządku wyższego rzędu.



Ryc. 61. Widok elewacji jednego z budynków kompleksu 'Federation Square'. Źródło: 10x10_1, s. 219.

²⁹⁷ Radin C., "The Pinwheel Tilings of the Plane", *The Annals of Mathematics*, Second Series, Volume 139, Issue 3, 1994, s. 661-702; patrz też: Radin C., *Miles of Tiles*, American Mathematical Society, 1999, s. 15

²⁹⁸ M.in. Jencks 2002, op. cit., s. 262; Wywiad dla Arts Today, 2/2/2001 (którego transkrypcja dostępna jest w Internecie → <http://www.abc.net.au/rn/arts/atoday/stories/s248345.htm>).

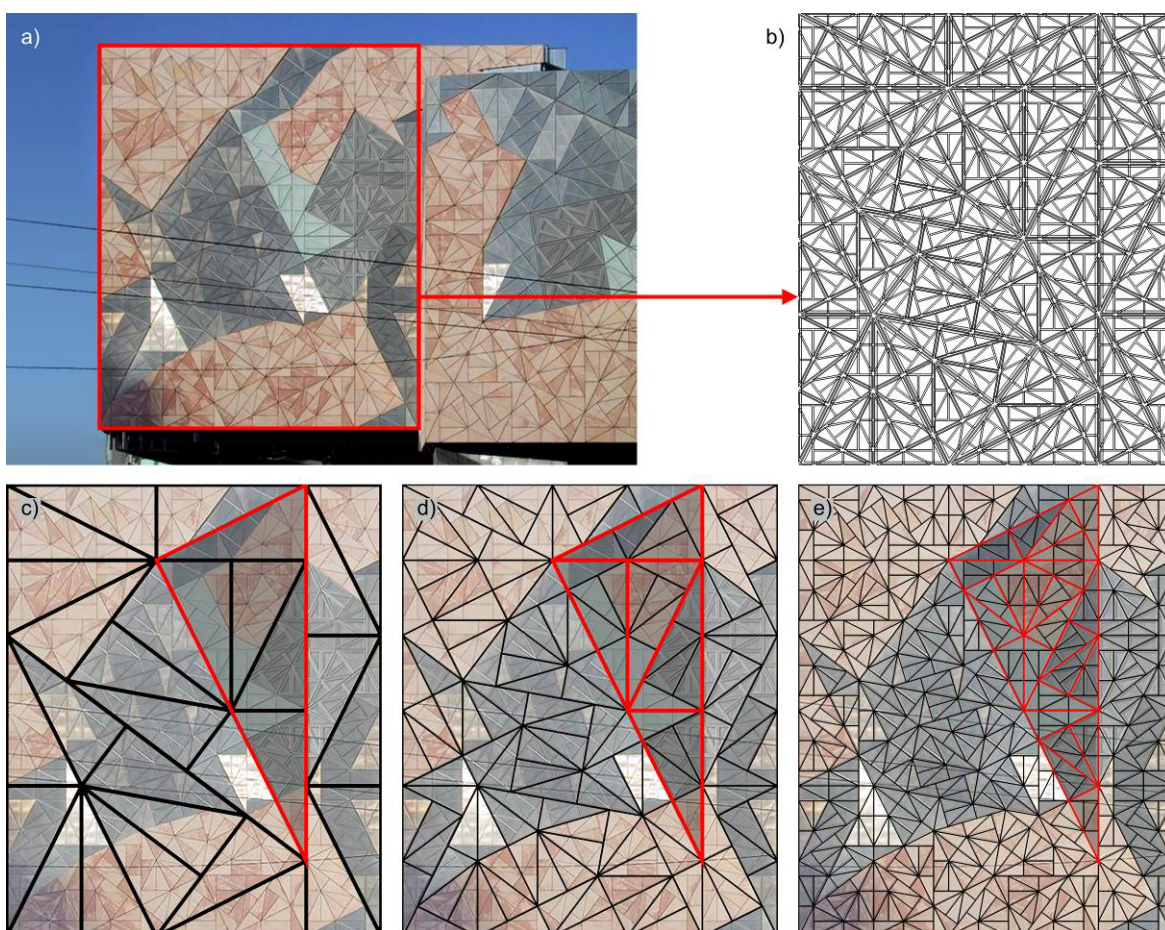
²⁹⁹ Żychowska M., „Nowa architektura” [w:] *TEKA Komisji Architektury* (...), Lublin 2006, s. 73-79.

³⁰⁰ Popatrz rozdział 2.3.

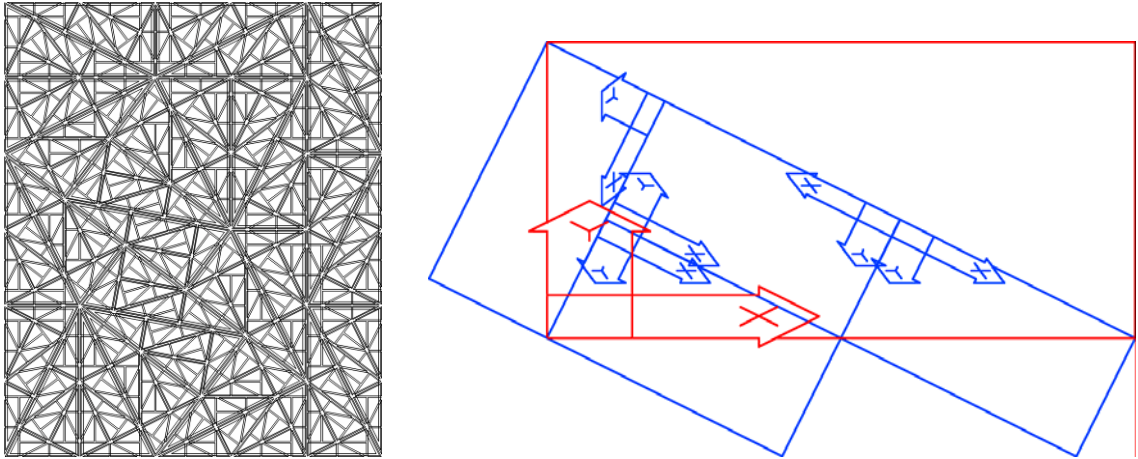
³⁰¹ Konstrukcja 'pinwheel tiling' została spopularyzowana w połowie lat 90., m.in.: Berry A., "Off-the-wall ideas win through", *Sunday Telegraph*, 1994/09/25, s. 21; Stewart I., "Bathroom tiling to drive you mad", *New Scientist IPC Magazine*, 1994/09/24, s. 14



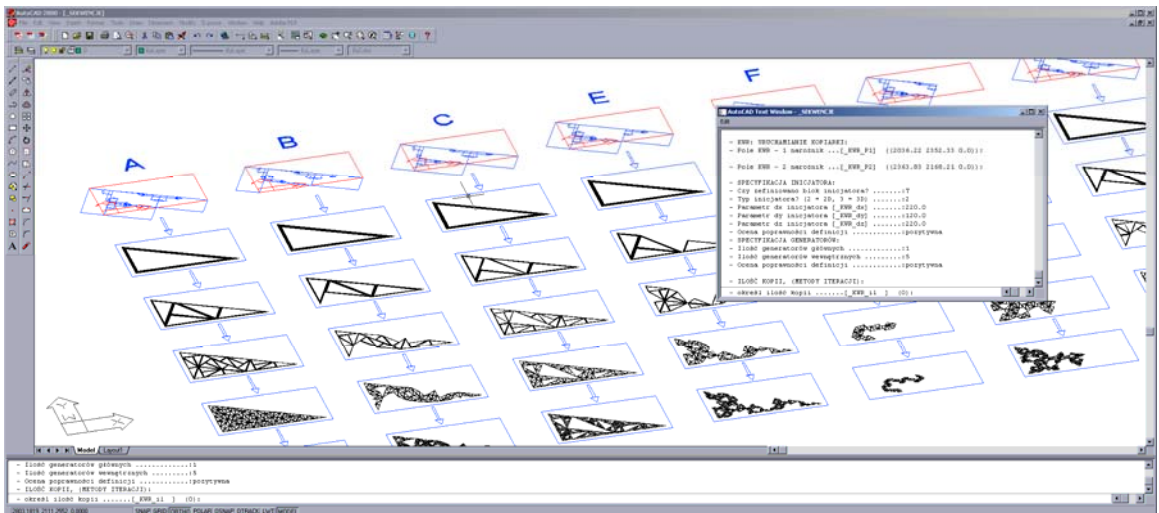
Ryc. 62. Federation Square w Melbourne – widok założenia architektoniczno-urbanistycznego, proj. Lab Architecture Studio (arch. Donald Bates, arch. Peter Davidson), 1997-2003. Źródło: fot. Saunders



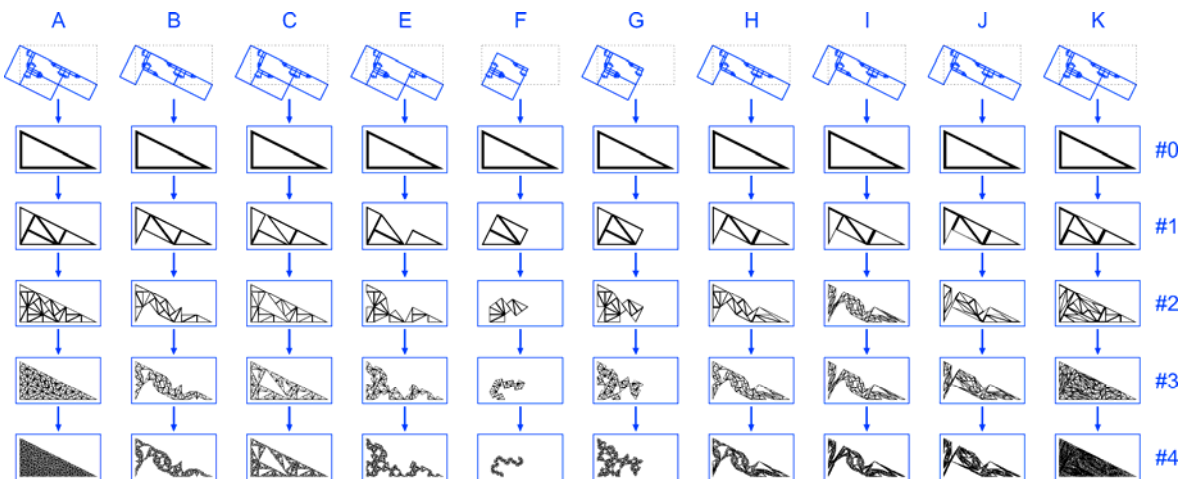
Ryc. 63. Kompozycja elewacji Federation Square – oparta o zasadę matematycznego podziału tzw. *pinwheel tiling* (opis w tekście): a) widok fragmentu elewacji jednego z budynków należących do kompleksu; b) obrys elewacji, ukazujący jej wizualną złożoność; c, d, e) zasada konstrukcji (oparta na podziale trójkąta na 5 mniejszych, o identycznych proporcjach). Źródło: a) fot. Radin, b-e) opr. autora (2007)



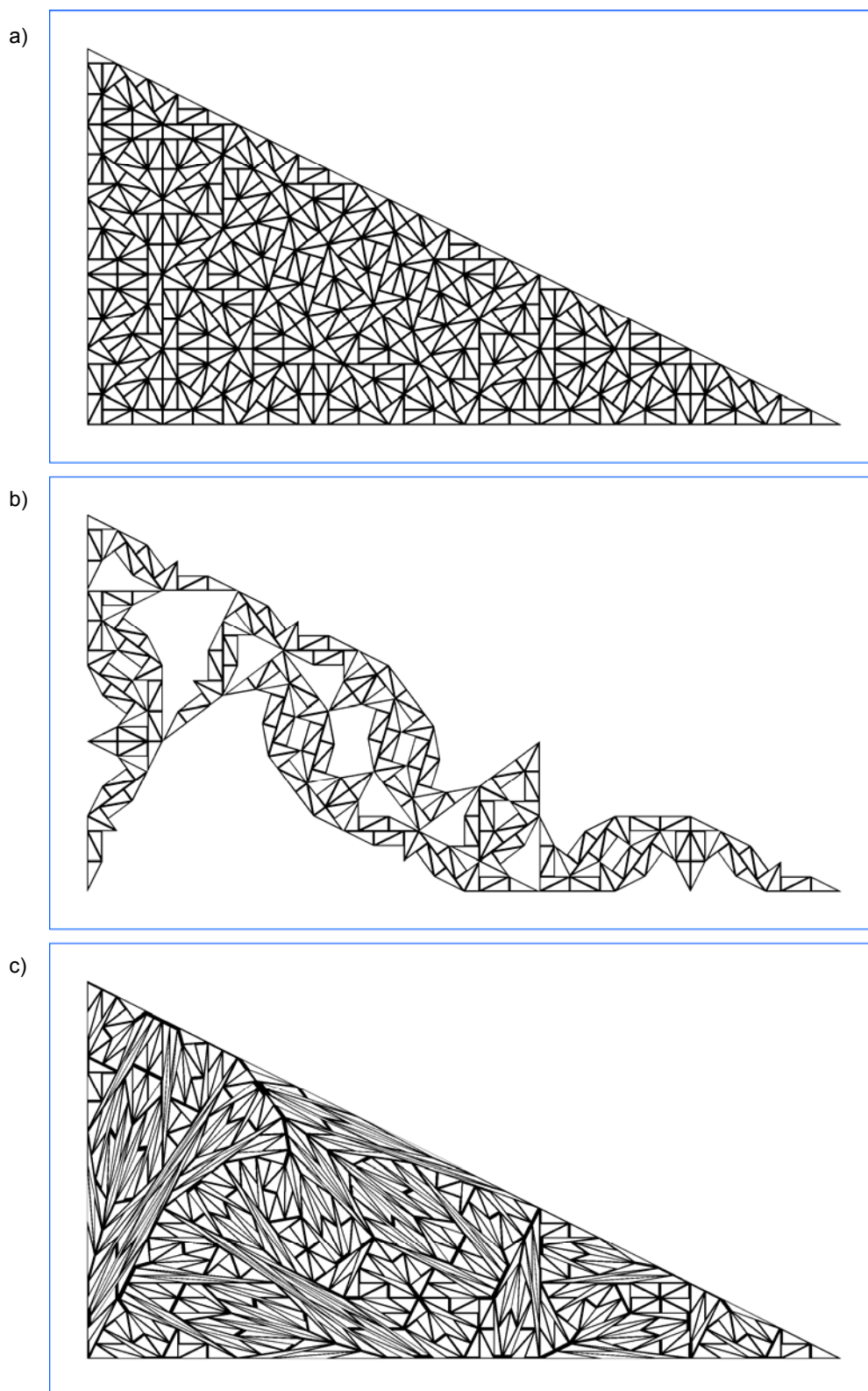
Ryc. 64. Porządek wyższego rzędu (rozpoznany) w podziale elewacji Federation Square. Po lewej: obrys jej fragmentu, prezentujący wysoką złożoność wizualną kompozycji. Po prawej: interpretacja konstrukcji za pomocą schematu IFS (metoda omówiona w rozdziale 3.3). Skomplikowana forma jest jednoznacznie zdefiniowana za pomocą stosunkowo małej ilości informacji, zapisanej w schemacie. Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 65. Modelowanie elewacji za pomocą specjalnie opracowanego programu (nakładka w języku LISP pod AutoCAD). Szerszy opis tego programu przedstawiony jest w załączniku nr 1 (prog. nr 7). Umożliwia on automatyczne generowanie form fraktalnych w metodzie IFS. Źródło: opr. autora (2005-2007)



Ryc. 66. Przykłady 'przeprojektowania' kompozycji elewacji z zachowaniem porządku wyższego rzędu. Przedstawione sekwencje rysunków pokazują efekt nieznacznej zmiany schematu IFS, polegającej na odjęciu lub obrocie jednego z jego elementów (ściślej – generatorów IFS). Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 67. Powiększenia wybranych form przedstawionych na poprzedniej ilustracji (rys. 65): a) kompozycja A-4, która odpowiada podziałowi elewacji Federation Square, b) kompozycja B-4, c) kompozycja K-4. Niewielka modyfikacja reguł budowy powoduje znaczące przeobrażenie uzyskanych form. Symulacje ilustrują przykładowy proces projektowania formy oparty na stosowaniu porządku wyższego rzędu. Proces taki ma znamiona eksperymentu, w którym relacja między schematem formowania a wynikiem, jest trudna do intuicyjnego rozpoznania – wymaga badania. Źródło: opr. autora (2007)

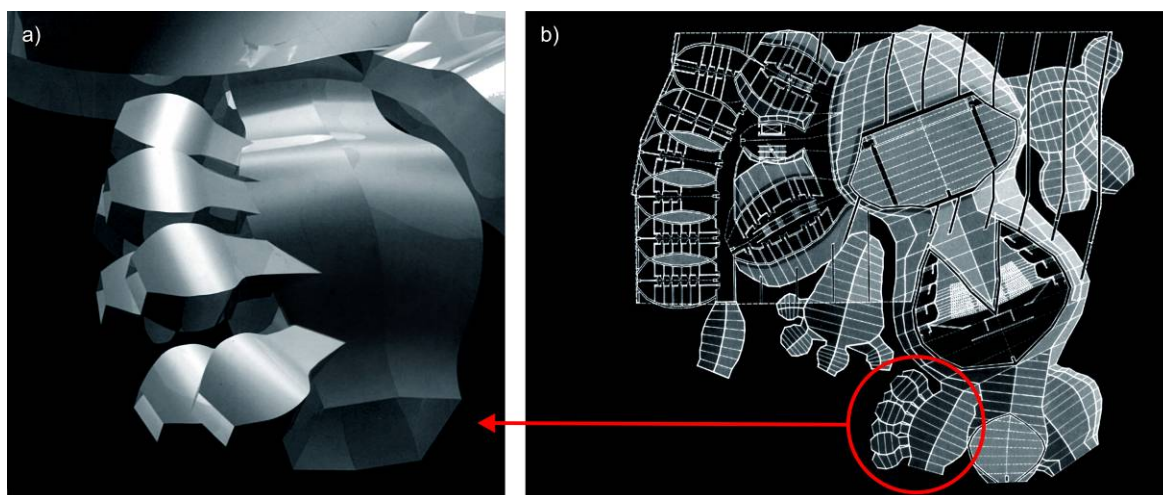
ANALIZA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW ARCHITEKTONICZNYCH
Cardiff Bay Opera House, proj. Greg Lynn (1994)

Projekt na nową operę w Cardiff (Wielka Brytania) autorstwa amerykańskiego architekta Grega Lynna (cytowanego w części studialno-analitycznej pracy), przygotowano na międzynarodowy konkurs. Koncepcja nie została jednak wyróżniona i projekt nie został zrealizowany. Niemniej pozostaje on intrygującą wizją, która szczególnie w latach 90. była często cytowana. Szerszy opis architekt przedstawił w publikacji *Animate Form*³⁰².

W omawianej koncepcji odnajdujemy czytelne cytaty z projektu *Endless House* Fridericka Kieslera (z końca lat 50.)³⁰³. Jednak wiodącą ideą było nawiązanie formą nowego obiektu do kształtu linii brzegowej. Gmach opery, położony nad zatoką, miał być kontynuacją sekwencji akwenów (kanał Bristolski, zatoka Cardiff, basen *Oval Basin*).

W realizacji projektu Lynn zastosował (po raz pierwszy) metodę formowania określaną przez niego mianem 'branchingu'³⁰⁴. Zgodnie z nazwą polega ona na pewnym rozgałęzieniu kompozycji oraz stosowaniu podobnych form w różnych skalach. Choć poza tym, w projekcie pojawiały się też inne metody i procesy formowania, to jednak zastosowanie 'branchingu' było najistotniejszym jego wyróżnikiem. Technika ta może być również interpretowana jako proces oparty na stosowaniu porządku wyższego rzędu.

Przedstawione dalej analizy zostały ukierunkowane na realizację następujących celów: 1) symulację trójwymiarowej formy obiektu (wyłącznie) w oparciu o zastosowanie odpowiednich schematów fraktalnych, 2) pokazanie możliwości i sposobów przekształceń formy, poprzez modyfikację tychże schematów.

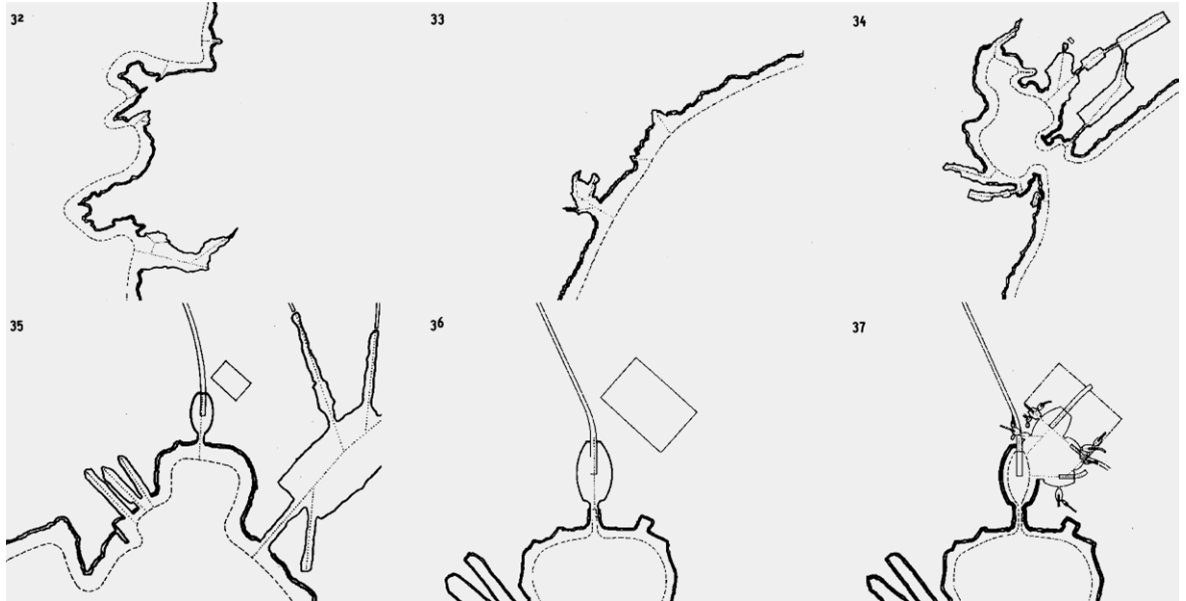


Ryc. 68. Cardiff Bay Opera House, proj. Greg Lynn (1994): a) wizualizacja fragmentu formy budynku, b) rzut trzeciego piętra. Źródło: Lynn 1999, ilustracja z okładki (a), str. 100 (b).

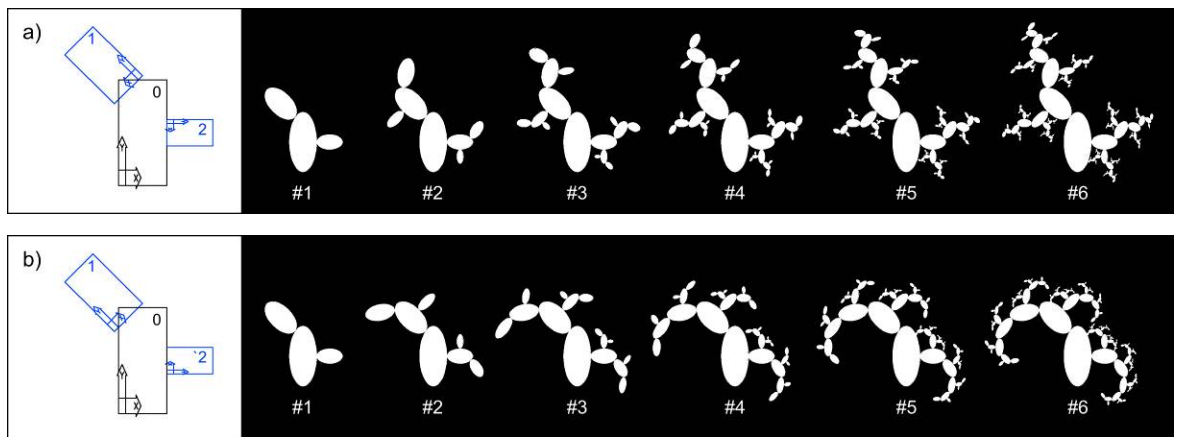
³⁰² Lynn, *Animate Form*, op. cit., s. 83–92.

³⁰³ Por. Jencks 2002, op. cit., s. 221-222.

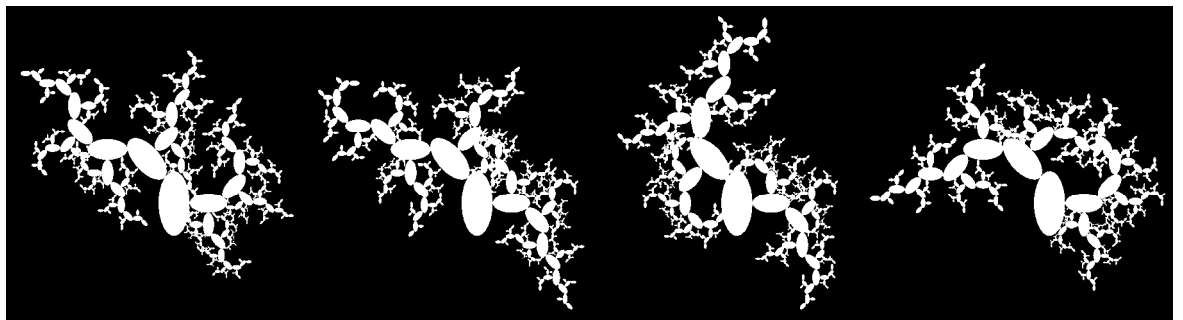
³⁰⁴ Patrz m.in.: →<http://www.glform.com/> → Branching



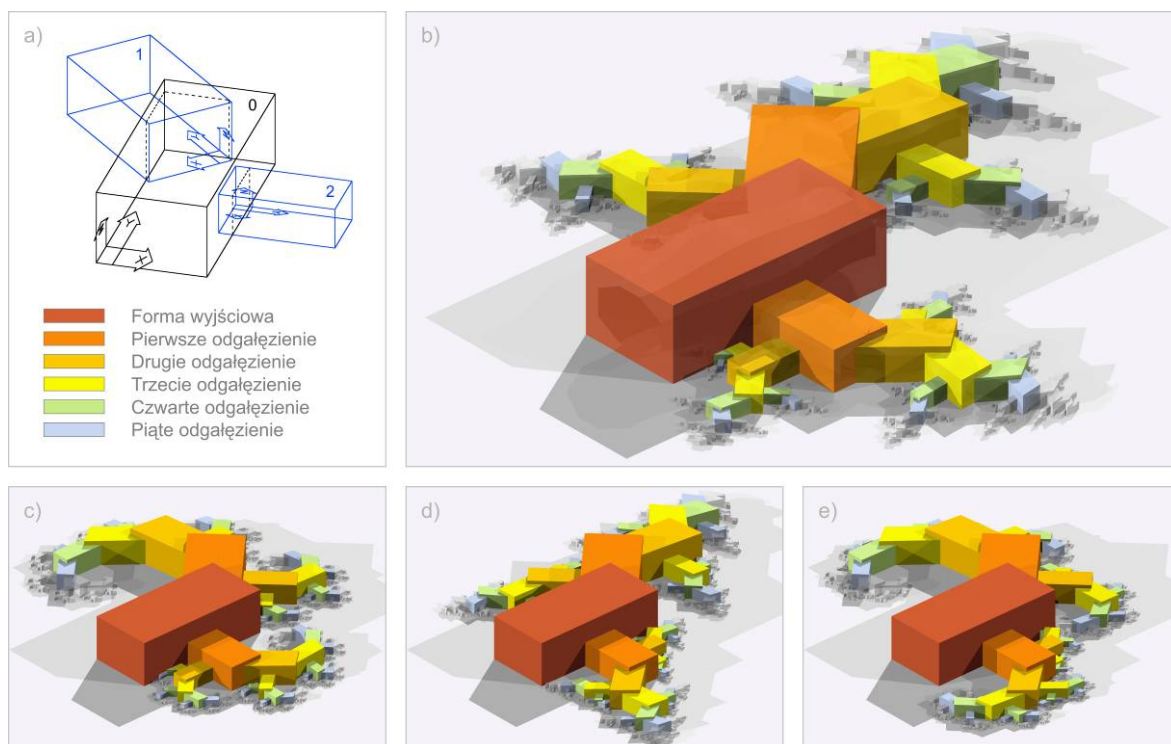
Ryc. 69. Zasada kształtowania formy opery Cardiff oparta o metodę 'branchingu' – zainspirowanego fraktalną strukturą linii brzegowej Wielkiej Brytanii. Na ilustracji (począwszy od góry i od lewej) pokazane są kolejne przybliżenia wybrzeża. Zarys formy opery stanowi ich naturalną kontynuację. Źródło: Lynn 1999, s. 84



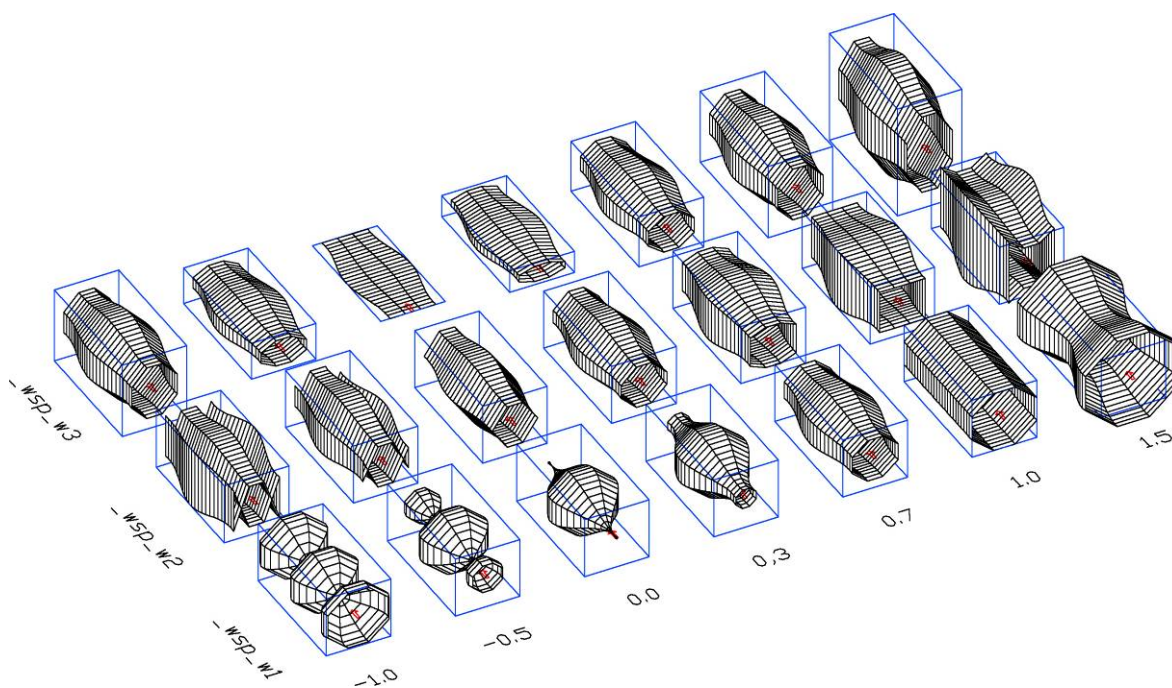
Ryc. 70. Zasada kształtowania formy budynku w Cardiff – symulacje opracowane z zastosowaniem modelu fraktalnego: a) schemat IFS i kolejne etapy konstrukcji formy, b) przekształcenia formy poprzez nieznaczną modyfikację schematu (odbicie lustrzane generatora nr 2). Źródło: opr. autora (2007)



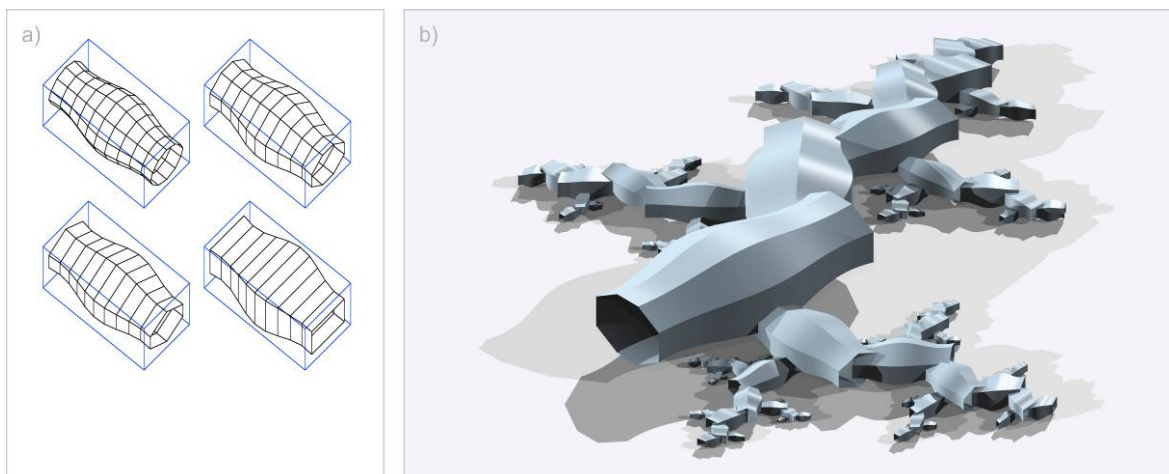
Ryc. 71. Formy fraktalne skonstruowane za pomocą metody 'branchingu' z uwzględnieniem czynnika losowego. Złożone i z pozoru swobodne kompozycje (podobnie jak symulacje opery w Cardiff) są wynikiem deterministycznej metody formowania – organizującej ściśle układ ponad 500 elementów w każdej z czterech form, przedstawionych na ilustracji. Źródło: opr. autora (2007)



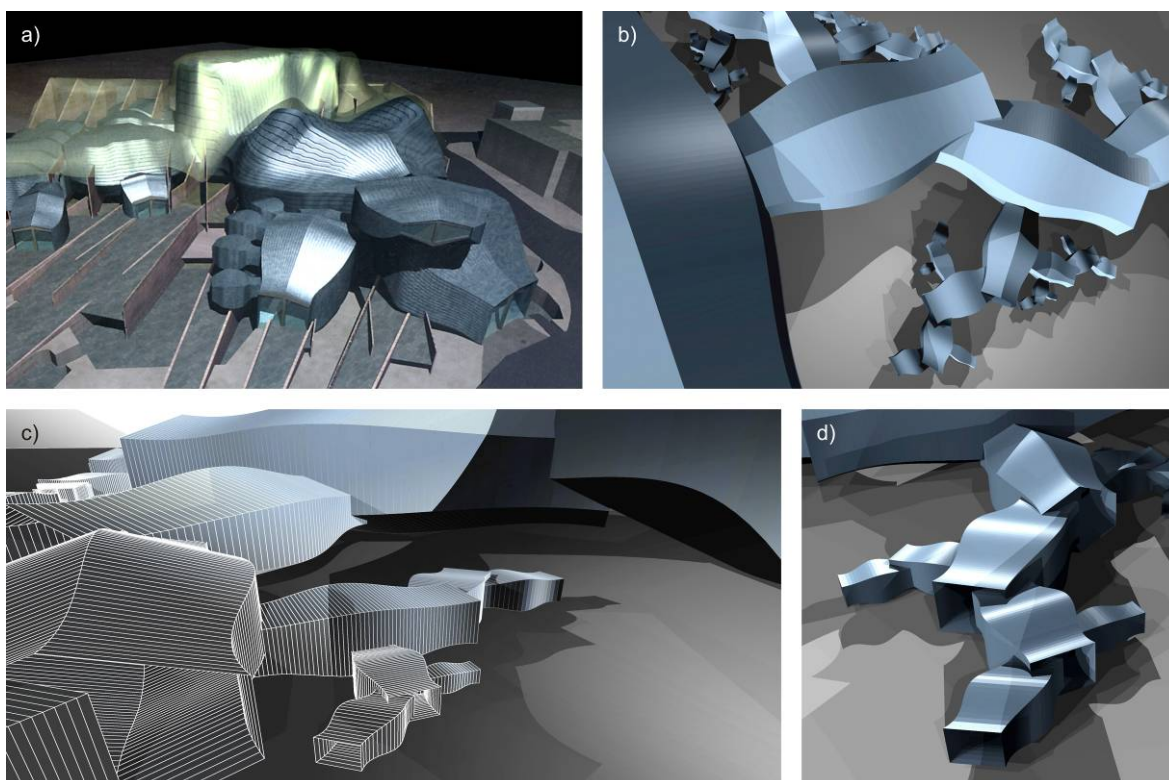
Ryc. 72. Symulacja formy opery w Cardiff z zastosowaniem ściśle deterministycznej reguły konstrukcji (uporządkowanie wyższego rzędu). Etap pierwszy – ustalanie schematu fraktalnego organizującego elementy składowe: a) zasada konstrukcji IFS; b) wstępna symulacja formy; c, d, e) przebudowa formy przez modyfikację jej schematu fraktalnego (odbicia lustrzane generatorów nr 1, 2). Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 73. Symulacja formy opery w Cardiff – etap drugi. Projektowanie kształtu elementów składowych, zrealizowane tutaj z zastosowaniem prostego modelu parametrycznego (technika ta została szerzej omówiona w części studialno-aplikacyjnej pracy, w rozdziale 2.4). Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 74. Symulacja formy opary w Cardiff – etap trzeci. Zastosowanie kształtu elementów składowych w układzie fraktalnym: a) cztery typy elementów wyjściowych (o przekroju 4-, 6-, 8- i 12-kąta); b) forma wynikowa. Dobór elementów odbywał się w sposób automatyczny, w zależności od ich wielkości. Przekrój 12-kątny występuje w największym elementach, a przekroje 4-kątne w – najmniejszych. Źródło: opr. autora (2007)



Ryc. 75. Cardiff Bay Opera House: a) oryginalna wizualizacja projektu konkursowego; b, c, d) symulacje opracowane z zastosowaniem ściśle deterministycznych reguł formowania (przedstawionych na poprzednich ilustracjach). Forma rozgałęzia się sześciokrotnie. Złożona jest ze 127 stopniowo zmniejszających się elementów. W projekcie Grega Lynna (a), ich układ został potraktowany bardziej swobodnie i podporządkowany programowi funkcjonalnemu obiektu. Niemniej cechy fraktalne budynku pozostały wyraźne, jak również pokrewieństwo względem symulacji (d). Układ elementów wydaje się być w znacznym stopniu swobodny, trudny do opisanego i zapamiętania. W rzeczywistości wynika on z prostych, deterministycznych reguł formowania (zapisanych w programie komputerowym). Źródło: a) Lynn 1999, s. 141; b-d) opr. autora (2007)

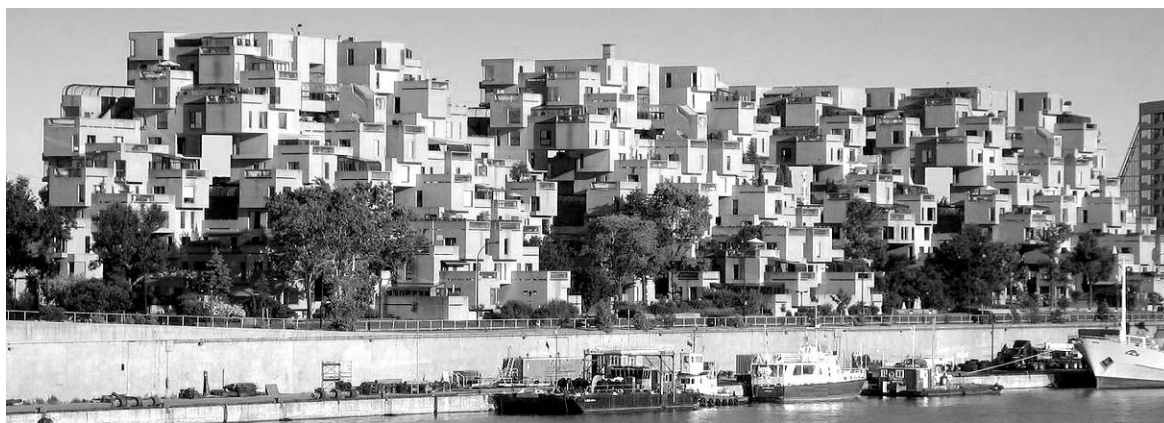
ANALIZA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW ARCHITEKTONICZNYCH Habitat '67, proj. Mosh Safdie (1967)

Budynek Habitatu'67 był wcześniej omawiany w części studialno-analitycznej pracy, gdzie prezentowano go jako przykład stosowania *metody rozproszenia* w architekturze³⁰⁵. Jednak, jak to zostało wcześniej zaznaczone, złożona forma nie jest efektem swobodnego lub czysto losowego rozplanowania modułów mieszkalnych w przestrzeni.

Obiekt został zaprojektowany przez architekta Moshe Safiego, na światową wystawę Expo w Montrealu. Zawiera łącznie 158 mieszkań. W bryle można wyodrębnić 354 prostopadłościenne moduły. W pierwotnych planach miał być większy i obejmować dodatkowo hotel, 2 szkoły i przestrzeń usługową (razem 1200 modułów).

Ideą autora projektu było stworzenie wrażenia, że obiekt ten jest zespołem połączonych domów jednorodzinnych, a nie – klasycznie rozumianych mieszkań³⁰⁶. Założeniem było, że każde z nich ma być wyposażone w niezależny taras z ogrodem, wejście, itp. Safdie odnalazł rozwiązanie nadając obiektowi niestandardową formę. Nie była ona celem, ale wynikiem dążenia do spełnienia przyjętego założenia – podobnie jak forma drzewa jest pochodną konieczności zapewnienia liściom dostępu do światła³⁰⁷.

W prezentowanym ujęciu, forma Habitatu'67 może być traktowana jako przykład uporządkowania wyższego rzędu. Kształt jest bowiem zdeterminowany przez prostą regułę określającą wzajemne relacje między modułami bryły. Przypomina to omawiany wcześniej *model emergentny*. Celem przedstawionych dalej badań było pokazanie możliwości emulacji podobnych form przez prostą regułę formowania³⁰⁸.



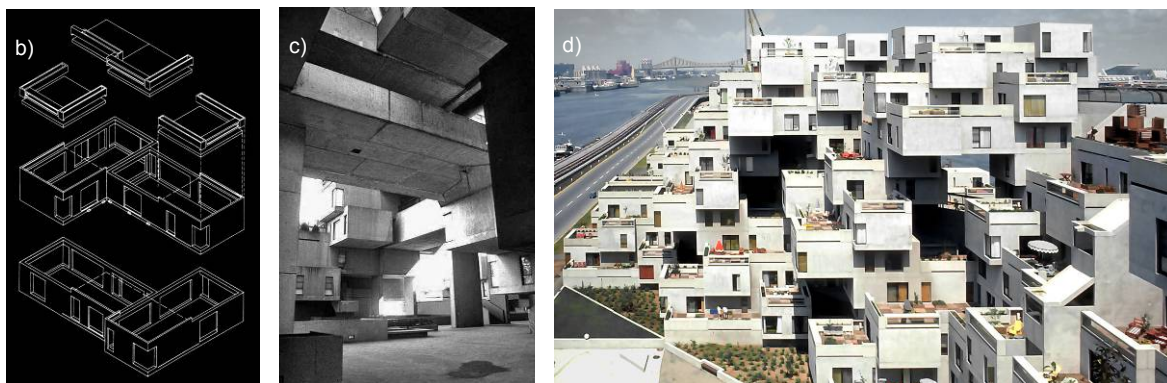
Ryc. 76. *Habitat'67* w Montrealu, proj. arch. Moshe Safdie, światowa wystawa Expo 1967. Forma budynku mieszkalnego złożona jest 354 modułów (boxów) – widok od strony rzeki. Źródło: patrz zestaw. ilustracji

³⁰⁵ Patrz: rozdział 2.5.

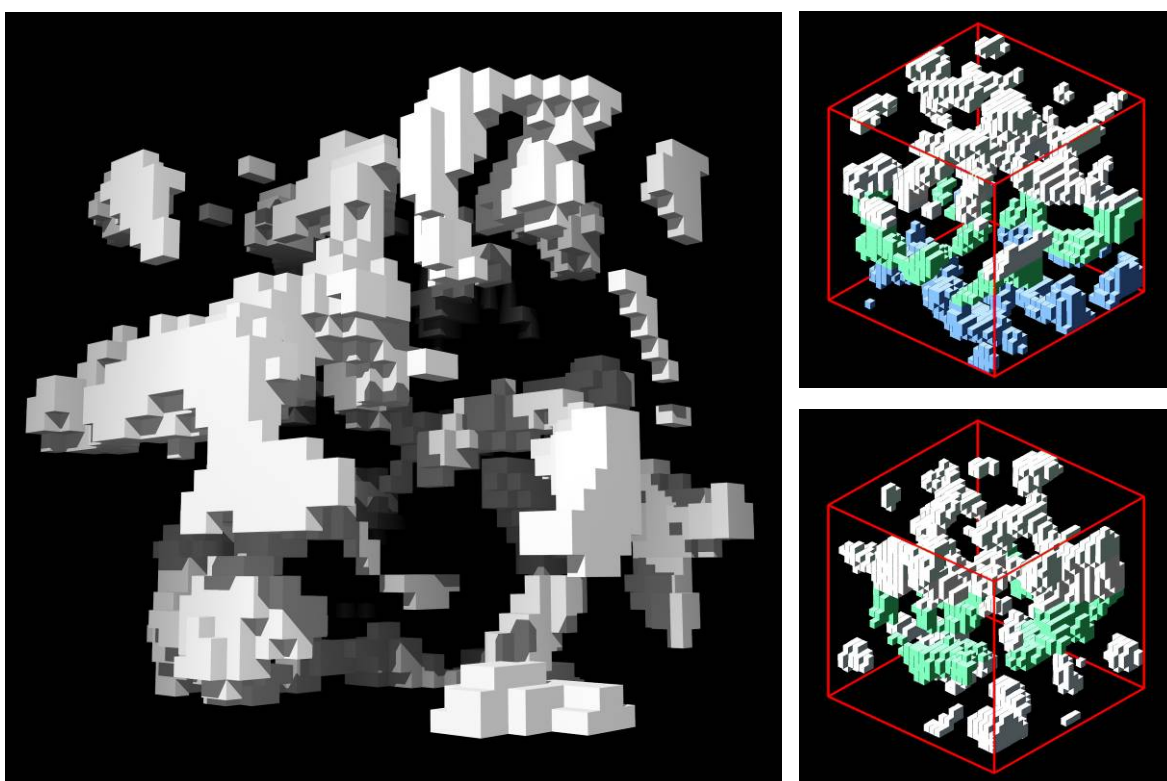
³⁰⁶ Por. Safdie M., *Little boxes: Habitat '67*, wywiad dla CBC-TV, 1966/02 (patrz: →<http://archives.cbc.ca>).

³⁰⁷ Por. Watanabe M. S., *Induction Design – A Method for Evolutionary Design*, Birkhäuser 2002, s. 17

³⁰⁸ Zagadnienie kompozycji formalnej budynku *Habitat '67* analizowane było przez autora w innych publikacjach: Rubinowicz 2000, "Chaos and Geometric Order...", op. cit., s. 204-206; Rubinowicz P., "Gra o przestrzeń...", op. cit., s. 198-201. Przedstawione tam badania podjęte zostały później przez Bradley Brauna z Uniwersytetu w Calgary: m.in. Braun B., "Architecture as Social Practice: the Negotiation of Space", *FLCYurb – ISCTE/CIES*, Lisboa 2007.



Ryc. 77. *Habitat'67*: a) rozwinięcie aksonometryczne wybranego mieszkania, c) widok z wnętrza założenia, d) widok z jednego z tarasów. Źródło: patrz zestawienie ilustracji



Ryc. 78. Emulacja formy zbliżonej do bryły *Habitat '67*, za pomocą trójwymiarowego automatu komórkowego. Zasada konstrukcji została omówiona w rozdziale 3.4 (tyle że w tym przypadku dotyczy ona formy przestrzennej). Stan wyjściowy symulacji opisany był przez losowe ułożenie komórek. W kolejnych cyklach rozproszona struktura automatu uległa pewnej konsolidacji – komórki zorganizowały się w większe grupy. Choć uzyskana forma wydaje się być ukształtowana w sposób swobodny, w rzeczywistości jest wynikiem oddziaływania między komórkami opisanego wedle ściśle określonych reguł. Automat oparty jest o sieć złożoną z ok. 30 tys. komórek (matryca 31x31x31). Źródło: opr. autora (2000-2006)

4.1. PODSUMOWANIE CZĘŚCI STUDIALNO-ANALITYCZNEJ

PODSUMOWANIE ZAKRESU BADAŃ

Przedmiotem dotychczas przedstawionych badań był wybrany obszar współczesnej twórczości architektonicznej, w którym zaobserwowano wyraźne dążenia różnych architektów do projektowania form o wysokiej złożoności. Badania nie charakteryzują więc pełnego tła rozwojowego współczesnej architektury, a jedynie taki jego wycinek, w którym obserwujemy ową tendencję do form złożonych. Zgodnie ze wstępnie przyjętymi założeniami³⁰⁹, analizie problemowej poddawane były przede wszystkim realizacje i projekty z ostatnich 30 lat, a więc powstające w okresie od 1980 do 2010 roku. Zakres ten ustalono w taki sposób, aby objął on rozwój myśli architektonicznej poczynając od pierwszych realizacji architektury dekonstrukcji, aż po czas obecny. Ustalona cezura czasowa została poszerzona o (nieliczne) odwołania do wcześniejszych przykładów. Dotyczyło to jednak prawie wyłącznie architektury 20. wieku³¹⁰.

Reasumując, w badaniach zostały omówione wybrane aspekty twórczości kilkudziesięciu architektów³¹¹ z ostatnich 30 lat oraz – kilkunastu innych³¹², których aktywność zawodowa przypada na wcześniejsze lata minionego wieku. Przytoczono ogółem 76 realizacji architektonicznych. Z czego część została zilustrowana (ok. 50%), a pozostałe scharakteryzowano w części tekstowej lub wymieniono w przypisach. Zdecydowana większość omawianych projektów lub realizacji powstała w kluczowym (dla badań) okresie, czyli po 1980 roku (ok. 85%). Z tego ponad połowa (55%), dotyczy architektury najnowszej, a więc tworzonej po roku 2000. Pomijając nieliczne przykłady czysto teoretyczne³¹³, większość przytaczanych projektów została zrealizowana lub była planowana do realizacji w 14 krajach

³⁰⁹ Zostały one przedstawione w rozdziale 2.1: *Zakres badań*.

³¹⁰ Wyjątek stanowią analizy prowadzone w rozdziale 2.2., gdzie odwoływano się również do wcześniejszych, historycznych realizacji architektonicznych i urbanistycznych.

³¹¹ **Architekci współcześni, do których twórczości z lat 1980-2010 odwoływano się w badaniach** (wymienieni wg kolejności alfabetycznej): Vito Acconci, William Alsop, Ben van Berkel, Bernard Cache, Rebecca Carpenter, Peter Cook, William MacDonald, Mick Eekhout, Peter Eisenman, Brendan MacFarlane, Norman Foster, Colin Fournier, Bernhard Franken, Frank O. Gehry, Mark Goulthorpe, Nicholas Grimshaw, Zaha Hadid, Jacques Herzog, Krzysztof Ingarden, Toyo Ito, Dominique Jakob, Philip Johnson, Sulan Kolatan, Ferda Kolatan, Tomasz Konior, Rem Koolhaas, Tom Kovac, Ilona Lenard, Daniel Libeskind, Greg Lynn, Pierre de Meron, Philip Morel, Farshid Moussavi, Jean Nouvel, Marcos Nowak, Kas Oosterhuis, Zbigniew Paszkowski, Ieoh Ming Pei, Dominique Perrault, Stephen Perrella, Alejandro Zaera Polo, Wolf D. Prix, Hani Raschid, Paweł Rubinowicz, Fabian Scheurer, Patrik Schumacher, Bahram Shirdel, Lars Spuybroek, Helmut Swiczinski, Bernard Tschumi, Jean-Paul Viguier, Mark Wigley.

³¹² **Architekci 20. wieku, do których twórczości sprzed 1980 roku odwoływano się w badaniach** (wymienieni wg kolejności alfabetycznej): Le Corbusier, Otto Frei, Antonio Gaudi, Kisho Kurokawa, Pier Luigi Nervi, Eero Saarinen, Moshe Safdie, Hans Scharoun, Kenzo Tange, Jorn Utzon, Robert Venturi, Otto Wagner, Frank Lloyd Wright, Minoru Yamasaki.

³¹³ Mowa tu o projektach modelowych, pozbawionych z założenia określonej lokalizacji. Wśród omawianych w pracy przykładów współczesnych dotyczy to trzech projektów: Embryological House, proj. Grega Lynna; Data-Driven Form, proj. Marcosa Nowaka; Möbius House Study, proj. Stephena Perrelli.

na świecie³¹⁴ (głównie jednak w Europie). Znamienne jest to, że co drugi z obiektów został zaprojektowany przez architektów zagranicznych (a nie – przez tych, działających lokalnie na terenie krajów, w których powstają dane realizacje).

W badaniach przytaczane były jedynie wybrane przykłady architektoniczne, ilustrujące tendencję do form złożonych oraz prezentujące różnorodne jej aspekty. Niemniej już nawet taki zakres badań wykazuje ogólny charakter (powszechność) omawianej tendencji. Po pierwsze, dotyczy ona twórczości wielu współczesnych architektów (jak to wynika choćby z przedstawionej wcześniej systematyki). Po drugie, odpowiednie projekty i realizacje powstają w różnych krajach na świecie (wśród tych cytowanych, dotyczy to 10 krajów europejskich i 4 krajów poza Europą). Po trzecie, prezentowane przykłady powstawały w ramach różnych nurtów architektonicznych (dekonstrukcja, fałdowanie, architektura blobów, metabolizm i inne³¹⁵). Należy też zwrócić uwagę, że zakres analiz mógłby być znacząco poszerzony. W twórczości wielu cytowanych architektów odnajdujemy szereg nie omówionych tu realizacji o wysokiej złożoności formalnej³¹⁶. Wśród protagonistów takich działań wymienić można również innych, wybitnych architektów³¹⁷. Pod kątem oceny trafności doboru zakresu badań dla realizacji założonych celów badawczych, wyróżniono jeszcze trzy istotne aspekty – przedstawione kolejno, w dalszej części podsumowania.

Pierwszy aspekt dotyczy awangardowego charakteru przytaczanych projektów i realizacji. Prawie wszystkie omówione przykłady ilustrują niestandardowe działania twórcze. Ilość tego typu realizacji stanowi z reguły nieznaczny odsetek współczesnych inwestycji. Czy zatem zogniskowanie badań tylko na takich awangardowych projektach nie jest zbyt-nim ograniczeniem ich zakresu; oraz – czy poczynione obserwacje mogą być miarodajne dla szerszej pojmowanej³¹⁸ architektury współczesnej? Zarysowany tu problem pojawia się często w krytyce architektonicznej, również w tej – analizującej okresy historyczne³¹⁹.

Wydaje się, że znacznie istotniejszy od procentowego udziału w wypełnianiu przestrzeni miast jest inny (pozamaterialny) aspekt oddziaływania awangardowych realizacji. Obiekty takie wywierają bowiem silny wpływ na kształtowanie świadomości kolejnych pokoleń architektów oraz studentów tej profesji. Wyznaczają kierunki nowych poszukiwań. Stanowią punkt odniesienia dla interpretacji wielu późniejszych działań twórczych. Ma to miejsce, niezależnie od tego, czy traktujemy je jako wzorce pozytywne, czy negatywne. W praktyce zawodowej istotny jest sam fakt porównywania własnych poszukiwań z awangardą (odbywający się często w sposób podświadomy). Oryginalne rozwiązania formalne wyzna-

³¹⁴ **Lokalizacja cytowanych projektów i realizacji na świecie** (lista krajów uszeregowana wg ilości omówionych przykładów z lat 1980-2010 – wymienianej w nawiasach): Niemcy (12), Francja (9), Stany Zjednoczone (8), Austria (5), Wielka Brytania (5), Holandia (4), Japonia (4), Polska (4), Hiszpania (3), Chiny (2), Zjednoczone Emiraty Arabskie (2), Dania (1), Kanada (1), Szwajcaria (1).

³¹⁵ M.in. niektóre realizacje neomodernistyczne przytaczane w rozdziale 2.5.

³¹⁶ Nie zostały one przytoczone z uwagi na konieczność syntezy materiału badawczego.

³¹⁷ M.in.: niemieckiego dekonstruktywistę Güntera Behnisha, hiszpańskiego architekta Enrica Mirallesa, architekta japońskiego Shuhei Endo (bardzo indywidualna interpretacja *foldingu*) oraz Amerykanina Thoma Mayne'a, laureata nagrody Pritzкера z 2005 roku.

³¹⁸ Tzn. również tej typowej – nie awangardowej.

³¹⁹ Przykładowo, wyznacznikiem Gotyku jest prawie wyłącznie architektura sakralna (katedry gotyckie). Tymczasem, ówczesna typowa zabudowa mieszkalna umyka zwykle uwadze, choć była znaczenie liczniejsza.

czane przez awangardę, przenikają do standardowego języka architektury. Płaszczyzną propagacji nowatorskiej myśli twórczej w coraz większym stopniu staje się Internet. Obecność określonych realizacji architektonicznych w tym medium może być miernikiem faktycznego zakresu ich oddziaływania. Przykładowo, informacje o Muzeum Guggenheima w Bilbao odnajdujemy na przeszło dwóch milionach stron internetowych³²⁰. Kwestia interpretacji oddziaływania obiektu architektonicznego i jego odbioru pojawia się też w badaniach m.in.: Eisenmana (pojęcie aury)³²¹, Żórawskiego (pojęcie pola stanu wewnętrznego)³²², Bonenberga (pojęcie narracji architektonicznej)³²³.

Drugi aspekt (istotny dla oceny zakresu badań) dotyczy szerszej interpretacji pojęcia złożoności w architekturze. Kwestia ta została już poruszona w rozdziale 2.1. Przyjęto tam ograniczenie zakresu badań tylko do złożoności, która uwidacznia się w budowie formy architektonicznej. Jednocześnie wskazano, że pojęcie to może dotyczyć też rozwiązań funkcjonalnych. Czytelnym tego przykładem są choćby rynki lub główne place miejskie (np. Rynek Główny w Krakowie, Piazza del Campo w Sienie – ryc. 79a-b). W ujęciu formalnym są to zwykle proste wnętrza urbanistyczne. Generują one jednak często wielką złożoność występujących w nich zdarzeń społecznych i kulturalnych.

W architekturze współczesnej odnajdujemy liczne próby poszukiwań twórczych zmierzające nie tylko do projektowania form złożonych pod względem geometrycznym (wizualnym), ale również – form szczególnie podatnych na występowanie w nich złożonych funkcji. Obserwujemy to m.in. w nurcie dekonstrukcji (*architektura wydarzeń*³²⁴, teorie Bernarda Tschumiego³²⁵). Poszukiwania takie odnajdujemy także wśród realizacji, które były cytowane w pracy z uwagi na ich złożoność formalną. W projekcie Parc la Villette³²⁶ program funkcjonalny jest równie istotny jak sama kompozycja. Założeniem jest tu rozbijanie, przeplatanie i przenikanie różnych rodzajów aktywności. Zmierza to do ogólnego rozproszenia różnorodnych funkcji na obszarze parku. Z kolei forma terminalu portowego w Jokohamie³²⁷ ewidentnie podąża za złożoną konfiguracją strumieni ruchu pasażerów – pozostaje więc w ścisłej relacji z funkcją. Berliński Pomnik Holokaustu³²⁸ generuje różnorodne zachowania zwiedzających (ryc. 79c-d), wykraczające poza refleksję nad treścią monumentu (błądzenie po labiryncie, zabawa w chowanego, rodzinny piknik, wypoczynek, chodzenie po blokach betonowych, itp.)³²⁹. Choćby więc w tych przytoczonych tu realiza-

³²⁰ Wynik wskazany przez popularną wyszukiwarkę *Google* (dokładnie 2 340 000 linków).

³²¹ Kozina 2007, op. cit., s. 51.

³²² Żórawski, op. cit., s. 133-134.

³²³ Bonenberg W., *Narracja architektoniczna a kontekst kulturowy* [w:] *Nowa architektura w kontekście kulturowym miasta*, Wydawnictwo TaP, Gliwice 2006, s. 51-58.

³²⁴ Pojęcie to zostało wspomniane w pracy przy omawianiu metody rozbicia; patrz: rozdział 2.3.

³²⁵ Prezentowanych m.in. w jego eseju *Six Concepts (Sześć Pojęć)*. Jego zdaniem architektura jest (zawsze): *kombinacją przestrzeni, zdarzeń i ruchu – bez hierarchii i bez pierwszeństwa między tymi pojęciami* (tłum. autora) – Tschumi, *Six Concepts*, op. cit., s. 255.

³²⁶ Projekt arch. Bernarda Tschumiego; patrz: rozdział 2.3 (rozbicie), ryc. 10.

³²⁷ Projekt grupy architektonicznej FOA; patrz: rozdział 2.4 (deformacja).

³²⁸ Projekt arch. Petera Eisenmana; patrz: rozdział 2.5 (rozproszenie), ryc. 32.

³²⁹ Zastosowane rozwiązanie architektoniczne prowokuje w pewien sposób takie zachowania. Nie mają charakteru profanacji monumentu. Wydaje się, że efekt ten był wcześniej przewidziany i zaplanowany przez autora; por. Schäfer B., *Labirynt Eisenmana* [w:] *A&B* 2006/05, s. 45.

cjach, obserwujemy nie tylko złożoność formalną (uzyskiwaną przez różne metody, kolejno: rozbicia, deformacji i rozproszenia), ale także tę – dotyczącą funkcji.

Trzeci aspekt, dotyczy natomiast szerszej interpretacji pojęcia formy architektonicznej. W pracy rozumiane jest ono jako materialnie istniejący (lub przewidziany do zbudowania) kształt obiektu architektonicznego wraz z uwzględnieniem zastosowanych materiałów i kolorystyki³³⁰. Przedstawiona tu definicja związana jest z przestrzenią rzeczywistą i nie obejmuje tej wirtualnej. Tymczasem w architekturze współczesnej wątek wirtualności jest coraz wyraźniejszy. Nie dotyczy to symulowania rzeczywistości za pomocą komputera, ale traktowania przestrzeni cybernetycznej jako równorzędnej dla tworzenia architektury. Znany, pionierskim przykładem takiej realizacji jest wirtualna sala transakcyjna nowojorskiej giełdy (ryc. 79e) autorstwa architektów z grupy Asymptote³³¹. Sposób prezentacji danych giełdowych stał się tu przedmiotem projektu architektonicznego³³².

Zagadnienie projektowania cyberprzestrzeni jest wielowątkowe. Dla podjętych tu badań istotne jest natomiast spostrzeżenie, że przestrzeń wirtualna oferuje nowe możliwości dla tworzenia w niej form złożonych. Przede wszystkim architektura nie musi być już statyczna³³³. Wirtualny budynek może zmieniać swój kształt podobnie jak formy występujące w przyrodzie. Może wchodzić w interakcję z użytkownikiem. Przekładem tego jest m.in. projekt 'Trans-Ports' autorstwa holenderskiego architekta Kasa Oosterhuisa (cytowanego wcześniej), prezentowany na Weneckim Biennale w 2000 roku³³⁴. Bardziej jeszcze fundamentalną granicę przełamuje amerykański architekt Marcos Novak (również wspomniany już w badaniach). W jego twórczości odnajdujemy m.in. próby kształtowania obiektów czterowymiarowych³³⁵ (ryc. 79f-g). Kolejny wymiar nie jest tu ekwiwalentem czasu. Jest on *sensu stricto* geometryczny i równorzędny do trzech pozostałych³³⁶. W takim ujęciu, pojęcie złożoności formalnej zyskuje nowe znaczenia. Nie wynika więc ono tylko

³³⁰ Definicja ta jest generalnie zgodna z tą, którą przedstawia Żórawski. Patrz: Żórawski, op. cit., s. 23.

³³¹ Architekci: Hani Rashid i Lise Anne Couture.

³³² Dane te obrazowane są na bieżąco w odpowiednio zakomponowanej przez architektów przestrzeni wirtualnej. Różne widoki (wirtualnej) sali transakcyjnej prezentowane są na kilkunastu monitorach zainstalowanych w (materialnie istniejącym) centrum operacyjnym nowojorskiej giełdy; por. Kurkiewicz D., *Architektura Cyberprzestrzeni* [w:] A&B, 2002/05, s. 37-38. Patrz też: *10x10_1*, op. cit., s. 62; *Architecture Now 1*, op. cit., s. 90.

³³³ Realnie istniejące formy w architekturze są statyczne. Ich zmienność jest możliwa tylko w bardzo wąskim zakresie i dotyczy: a) wieloletnich przemian wynikających z wprowadzanych modyfikacji i procesu starzenia budynku (por. analiza elewacji kamienicy w Barcelonie, ryc. 27) lub – b) dynamicznego rozproszenia (opisanego w rozdziale 2.5, por. m.in. ryc. 31). Przełamanie tej bariery statyczności i możliwość ożywienia formy architektonicznej w przestrzeni wirtualnej ma kluczowy wpływ na jej złożoność. Opis budowy formy zmieniającej swój kształt w czasie, będzie zawsze bardziej złożony od opisu analogicznej formy statycznej. Dla porównania, ciało galopującego konia w każdym ułamku sekundy przybiera inny kształt. Zapis tego dynamicznego zdarzenia wymaga więc skompensowania całej sekwencji różnych form w czasie.

³³⁴ Patrz: Oosterhuis K., *Hyperbodies (IT Revolution in Arch.*, ed. A. Saggio), Birkhäuser, 2003, s. 12-13, 48.

³³⁵ M.in. w projektach: *4DParis*, 1997-1998 i *TransAura*, 2001. Patrz kolejno: *10x10_1*, op. cit., s. 286; *Architecture Now 2*, op. cit., s. 246.

³³⁶ Pojęcie wyższych wymiarów znane jest w matematyce od połowy 18. wieku (za sprawą badań i teorii niemieckiego matematyka Bernharda Reimanna), a więc na długo przed ideą czasoprzestrzeni Einsteina. Wraz z rozwojem technik komputerowych, w latach 80. pojawiły się pierwsze próby symulacji form czterowymiarowych. Aplikacja tego zagadnienia w komputerze nie jest szczególnie trudna – por. Abelson H., di-Sessa A.A., *Geometria żółwia – komputer jako środek poszukiwań w matematyce*, WNT, Warszawa 1992 (wyd. org. MIT Press 1980), s. 163 / 13 [P**]. Wyzwaniem jest natomiast odnalezienie w takiej abstrakcyjnej (hiper)przestrzeni miejsca dla kształtowania form architektonicznych, czego podjął się w swoich projektach Marcos Novak.

z geometrii projektowanej bryły, ale również z samej specyfiki czterowymiarowej hiperprzestrzeni³³⁷. W pracach wielu architektów podejmowane są też próby łączenia przestrzeni rzeczywistej z wirtualną i budowania obiektów na styku między nimi. Architekturze



Ryc. 79. Wybrane aspekty szerszej interpretacji pojęcia złożoności w architekturze: a-d) złożoność wynikająca z różnorodności zdarzeń występujących w przestrzeni zbudowanej; e-f) złożoność w przestrzeni wirtualnej. Kolejno: a) Piazza del Campo w Sienie, b) tenże plac w czasie *Palio delle contrade* po zakończeniu gonitwy konnej; c-d) Pomnik Holokaustu w Berlinie, proj. Petera Eisenmana (patrz ryc. 32) – jako forma generująca różnorodne zachowania zwiedzających; e) Virtual Trading Floor NYSE, proj. grupy Asymptote (1998-1999) – jako przykład pionierskiej realizacji architektonicznej w przestrzeni wirtualnej; f-g) *4DParis*, proj. arch. Marcosa Novaka (1997-1998) – wybrane widoki kompozycji zaprojektowanej w hiperprzestrzeni czterowymiarowej. Źródło: a) fot. autora (2006), b) Agrituristica Palmerini S.r.L, c-d) fot. autora (2005), e-f) *10x10_1*, s. 62, 286

³³⁷ Przedrostek 'hiper-' oznacza uogólnienie przestrzeni lub form geometrycznych do postaci n -wymiarowej. Płaszczyzna jest więc hiperprzestrzenią 2-wymiarową. Złożoność wszelkich form przestrzennych jest większa niż odpowiadających im form płaskich. Sześciąt jest bardziej złożony od kwadratu. Analogicznie, hipersześciąt 4-wymiarowy jest bardziej złożony od sześciąt (ma 16 wierzchołków, 32 krawędzie i 8 trójwymiarowych ścian). Wzrost złożoności wynika tu wprost ze zwiększania wymiaru formy (3D→4D).

cyberprzestrzeni poświęcone są liczne opracowania, wśród nich – dwa wydania specjalne *Architectural Design* redagowane przez Stephena Perrellę³³⁸ oraz (w Polsce) praca zbiorowa zatytułowana *Cyberprzestrzeń* pod redakcją Krzysztofa Gasidła³³⁹

Wymienione trzy aspekty określają pole do potencjalnego pogłębiania analiz. Wskazują inne obszary szerszej interpretacji podjętego problemu badawczego (dotyczącego złożoności w architekturze współczesnej). Zostały one przedstawione tu jedynie sygnalnie, m.in. z uwagi na to, że po części dotyczą twórczości cytowanych wcześniej architektów oraz – celem oceny zakresu badań. Reasumując, przyjęto w nim następujące ograniczenia. Po pierwsze, architektura współczesna utożsamiana jest z realizacjami awangardowymi. Po drugie, badania dotyczą tylko formy, z pominięciem problematyki funkcji (m.in. generowania złożonych zdarzeń w przestrzeni i różnorodności zachowań ludzkich). Po trzecie, forma architektoniczna traktowana jest w sposób klasyczny, a więc nie uwzględniający przestrzeni wirtualnych. Badania zmierzały natomiast do jak najefektywniejszej analizy pojęcia złożoności formalnej w architekturze współczesnej. Stąd też, skupienie ich na budowie formy oraz jej geometrycznej interpretacji było wiodącym elementem przeprowadzonego wywodu. Omówione tu dodatkowe aspekty złożoności w architekturze, nie miały istotnego znaczenia dla realizacji założonych celów badawczych.

SYNTEZA WYODRĘBNIONYCH METOD FORMOWANIA

W ramach dotychczas przedstawionych badań, wyodrębnione zostały trzy metody formowania złożonych kompozycji przestrzennych (w architekturze współczesnej). Są to kolejno metody: rozbicia, deformacji i rozproszenia. Zostały one szczegółowo scharakteryzowane w odrębnych rozdziałach 2.3, 2.4, 2.5. Przytoczono tam różnorodne przykłady ich stosowania w najnowszej twórczości architektonicznej. Przeanalizowano je też w ujęciu teoretycznym, za pomocą odpowiednich schematów i symulacji. Jednak dopiero w kontekście całościowego zestawienia i podsumowania tych badań możliwa jest ich głębsza synteza. Zmierza ona tu do pełniejszej charakterystyki i bardziej precyzyjnej definicji omawianych metod. Zgodnie z przyjętym planem badań³⁴⁰, omawiane metody zostały wykorzystane do systematyki projektów i realizacji. Stanowiły one rodzaj filtra umożliwiającego lepsze grupowanie cytowanych przykładów architektonicznych. Jednak ich znaczenie w pracy jest szersze i wykracza poza tę funkcję porządkującą. Metody te były narzędziem interpretacji budowy współczesnej formy. Ich dobór zmierzał do skonstruowania określonego systemu. Zostały one ustalone tak, by się wzajemnie się uzupełniały i obejmowały razem jak najszerszy obszar możliwych rozwiązań formalnych (o wysokiej złożoności). Rozbicie, deformacja i rozproszenie polegają na stosowaniu zupełnie innych działań kompozycyjnych. Kolejne metody są wręcz biegunowo różne. Wynika to z ich definicji (przedstawionych dalej opisowo) oraz z porównawczego zestawienia ich schematów (ryc. 80).

³³⁸ *Hypersurface Architecture (AD)*, ed. Perrella S., John Wiley & Sons, Londyn 1998; *Hypersurface Architecture II (AD)*, ed. Perrella S., John Wiley & Sons, Londyn 2000.

³³⁹ *Cyberprzestrzeń – architektura@urbanistyka* 1/2007, red. Gasidło K., Politechnika Śląska 2007 (recenzja Paszkowski Z., opublikowana w: *Przestrzeń i Forma* Nr3, PAN, Szczecin 2006, s. 195-200).

³⁴⁰ Patrz: rozdział 2.1: *Metoda badań*

1) Definicja metody rozbicia

Głównym wyznacznikiem metody jest celowe rozbijanie i radykalne przekształcanie struktury formy³⁴¹ zmierzające do poszukiwania nowych wartości kompozycyjnych i estetycznych. Opiera się ona na dwóch podstawowych działaniach: (A) na dzieleniu formy i wyodrębnianiu w niej określonych fragmentów, w sposób nie wynikających z jej budowy (logiki organizacji formy)³⁴²; (B) na komponowaniu formy z części – nie poprzez dopasowywanie ich kształtów, ale przez wzajemne ich zderzanie z dopuszczaniem możliwości przenikania. Metoda rozbicia może być stosowana do przebudowy formy wyjściowej (najpierw działanie A, potem – B)³⁴³ lub do konstruowania nowej formy (tylko działanie B)³⁴⁴. Celem jest podkreślanie heterogeniczności budowy formy, oparte na silnej artykulacji różnorodności jej części oraz ich geometrycznej niezależności.

2) Definicja metody deformacji

Podstawowym wyznacznikiem metody jest uplastycznienie struktury formy przy jednoczesnym zachowaniu jej niepodzielności. Przedmiotem działań kompozycyjnych jest forma, traktowana jako całość. Zawarta jest ona w jednym określonym kształcie, któremu podporządkowane są wszystkie elementy składowe. Proces kształtowania formy opiera się na dwóch podstawowych działaniach: (A) na stosowaniu deformacji z zachowaniem powiązań między elementami; (B) na budowaniu formy z części – poprzez ich płynne scalanie, zmierzające do ich wzajemnej unifikacji. Metoda deformacji może być stosowana do przebudowy formy wyjściowej (działanie A)³⁴⁵ lub do konstruowania nowej formy (działanie B)³⁴⁶. Celem jest podkreślanie homogeniczności budowy formy, oparte na jednoczeniu jej części oraz na pełnym ich podporządkowywaniu ogólnej geometrii tejże formy.

3) Definicja metody rozproszenia

Wyznacznikiem metody jest zastosowanie czynnika losowego w procesie kształtowania formy. Niezbędne jest przy tym wyodrębnienie w niej znacznej ilości równorzędnych elementów składowych (zależnie od rodzaju kompozycji – min. 20). Duża ich ilość zwiększa wyrazistość efektu rozproszenia. Konstruowanie formy polega na niezależnym przekształcaniu jej elementów składowych (przesuwanie, obracanie, zmiana proporcji, koloru itp.). Zakłada się przy tym, że względem wszystkich elementów stosowany jest jeden, określony typ przekształcenia³⁴⁷. Natomiast sposób jego użycia (dla każdego elementu) uzależniany jest od zmiennej losowej. Metoda rozproszenia może służyć jedynie do przebudowy formy wyjściowej, o uporządkowanej strukturze. W procesie modyfikacji takiej formy, jej struktura ulega stopniowej transformacji tracąc pierwotną czytelność³⁴⁸.

Przedstawione tu definicje podsumowują najważniejsze założenia i podstawowe reguły metod formowania, które zostały wyodrębnione w pracy (rozbicie, rozproszenia i deforma-

³⁴¹ Struktura formy, czyli organizacja elementów składowych w formie.

³⁴² Np. podział wieży z drewnianych klocków za pomocą piły.

³⁴³ Przypadek taki został przedstawiony na schemacie – ryc. 80a. Patrz też: ryc. 8.

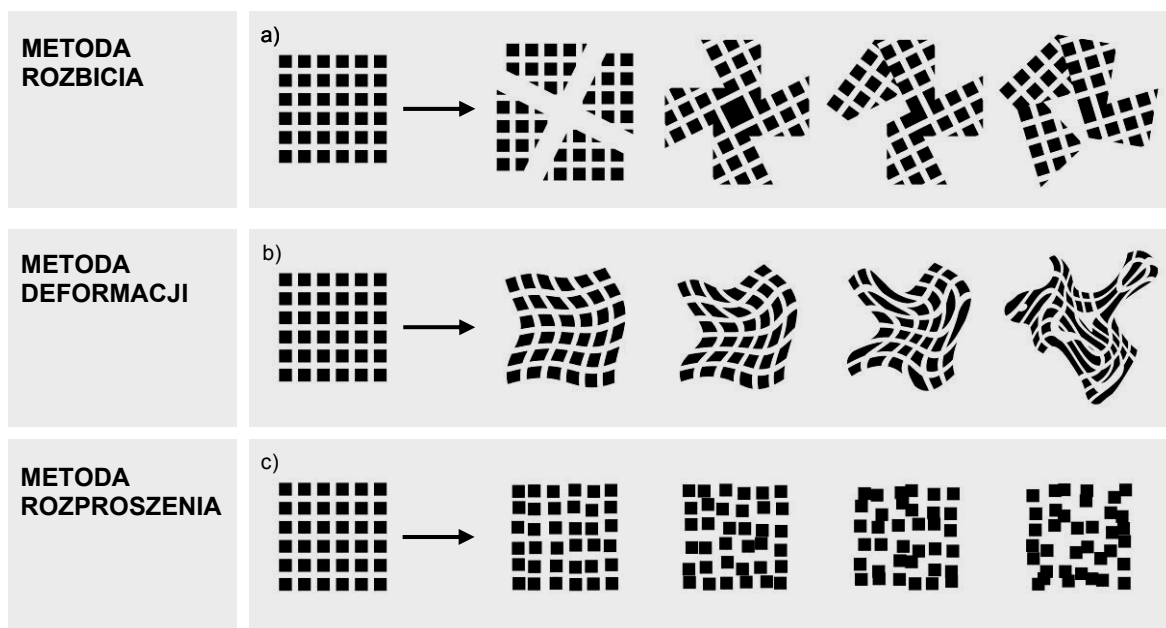
³⁴⁴ Np. nakładanie kolejnych warstw kompozycyjnych w projekcie Parc de la Villette. Patrz: rozdział 2.3.

³⁴⁵ Zostało to przedstawione na schemacie – ryc. 80b. Patrz też: ryc. 17.

³⁴⁶ Np. łączenie blobów. Patrz: rozdział 2.4, ryc. 26b-d.

³⁴⁷ Lub zestaw takich przekształceń, np. przesunięcie i obrót. Por. ryc. 26.

³⁴⁸ Odbywa się to na rzecz tworzenia nowych, bardziej złożonych organizacji jej elementów.



Ryc. 80. Wynikowe zestawienie schematów kształtowania form złożonych w architekturze współczesnej, według (wyodrębnionych w pracy) metod: rozbicia, deformacji i rozproszenia. Niniejsza ilustracja stanowi syntezę schematów, przedstawionych wcześniej na ryc. 8, ryc. 15 i ryc. 26. Zostały one tu ujednoczone w taki sposób, by umożliwić lepsze porównanie prezentowanych metod formowania. W każdym z nich przyjęto identyczną formę wyjściową. Była ona kolejno rozbijana, deformowana i rozpraszana. Poszczególne działania doprowadziły do uzyskania wyraźnie odmiennych kompozycji o wysokiej złożoności. Źródło: opr. autora (2008)

cja). Nie są one ujęte w pełni ściśle pod względem geometrycznym. Wyrażone są raczej ogólnym językiem budowy formy. Wnika to choćby z tego, że terminy takie jak: *forma*, *części formy*, *element*, mają w architekturze charakter pojęć pierwotnych i rozpoznawane są intuicyjnie³⁴⁹. Żadna z przedstawionych metod nie dotyczy bezpośrednio kwestii estetycznych i nie zakłada dążenia do uzyskania konkretnego wyglądu formy. Zamiast tego, ich definicje wyraźnie koncentrują się na mechanizmie formowania. W każdym przypadku, został on określony na tyle ogólnie, żeby objąć jak największe obszary twórczości architektonicznej. Przytaczane w pracy przykłady realizacji wyraźnie wskazują na różnorodność możliwych rozwiązań w ramach poszczególnych metod³⁵⁰. Żadna z nich nie zakłada też wprost wymogu dążenia do złożoności, choć najczęściej taki właśnie efekt jest uzyskiwany (o różnym natężeniu). Sekwencja deformacji przedstawiona na schemacie (ryc. 80b) oraz wcześniej – na trójwymiarowej symulacji (ryc. 17) może być czytana również w przeciwnym kierunku. Deformacją nazwiemy zatem również przekształcenie bardziej złożonego kształtu na prostszy (o ile oczywiście transformacja taka odbywać się

³⁴⁹ Precyzyjne zdefiniowanie tych pojęć jest trudne do przeprowadzenia. Nie zawsze są one też rozumiane jednoznacznie. Wiadomo, że forma składa się z części oraz element jest częścią formy. Jednak czy kwadrat jest jednym elementem? Można założyć również, że składa się on z 4 elementów (4 wierzchołki) – lub 8 elementów (4 wierzchołki i 4 krawędzie). W linii łamanej łatwo wyodrębniamy kolejne odcinki. Czy jednak po interpolacji tej linii łamanej i zamienieniu jej na swobodną krzywą, elementy te będą dalej wyróżnialne? Czy fałda może być również elementem formy? Pytania te dowodzą, że kwestia wyodrębniania elementów formy może być rozumiana wieloznacznie. Jest to zależne od konkretnej interpretacji.

³⁵⁰ Tokijski biurowiec firmy Nunotani (ryc. 11c) i Muzeum Żydowskie w Berlinie (ryc. 14f-h) są przykładami zastosowania rozbicia – choć ich formy są zupełnie różne. Przykładem deformacji jest zarówno kanciasta bryła berlińskiego hotelu Max-Reinhardt-Haus (ryc. 19) jak też opływowa forma muzeum sztuki w Grazu (ryc. 25). Rozproszenie odnajdujemy w barcelońskim wieżowcu Torre Agbar (ryc. 29), jak też w berlińskim Pomniku Holocaustu (ryc. 32) – mimo ewidentnych różnic dzielących te realizacje.

będzie wedle ustalonych reguł). Zestawienie przedstawionych tu definicji wykazuje również bardzo wyraźne różnice między poszczególnymi metodami. Pod wieloma względami są one wzajemnie przeciwstawne³⁵¹. Konfrontacja tych metod uwzględniająca wybrane kryteria porównawcze została przedstawiona w załączonej dalej tabeli (tab. 1).

Tab. 4. Analiza porównawcza metod formowania względem wybranych 8 kryteriów. Charakteryzowane są kolejno metody: rozbicia, deformacji i rozproszenia. Przyjęte kryteria dotyczą budowy form, których konstrukcja opiera się o stosowanie omawianych metod. Szerszy komentarz przedstawiony jest w tekście

ROZBICIE	DEFORMACJA	ROZPROSZENIE
Kryterium 1 – Ingerencja w strukturę formy wyjściowej		
<u>RADYKALNA</u> Struktura podlega rozbiciu oraz radykalnemu przekształceniu.	<u>CZĘŚCIOWA</u> Struktura jest uplastyczniana, jednak pozostaje niepodzielna.	<u>CZĘŚCIOWA</u> Struktura ulega przekształceniu w sposób stopniowy.
Kryterium 2 – Siła artykulacji części / elementów składowych formy		
<u>DUŻA</u> Heterogeniczność formy: silna artykulacja niezależności części.	<u>BARDZO MAŁA</u> Homogeniczność formy: ujednolicenie i płynne połączenie części.	<u>ŚREDNIA</u> Elementy są wyróżnialne, jednak istotniejsza jest ich struktura.
Kryterium 3 – Określenie ilości części / elementów składowych w formie		
<u>MINIMUM 2</u> ³⁵² Nieokreślona, z reguły jest policzalna, minimalnie 2.	<u>DOKŁADNIE 1</u> ³⁵³ Forma jest niepodzielna i stanowi jedną całość.	<u>MINIMUM ok. 20</u> Wielość elementów, umożliwiająca uzyskanie efektu rozproszenia.
Kryterium 4 – Zastosowanie metody do przebudowy formy wyjściowej		
<u>TAK</u> – wg schematów (ryc. 80)	<u>TAK</u> – wg schematów (ryc. 80)	<u>TAK</u> – wg schematów (ryc. 80)
Kryterium 5 – Zastosowanie metody do konstruowania nowej formy		
<u>TAK</u> – przez zderzenie	<u>TAK</u> – przez łączenie	<u>NIE</u> – brak takiej możliwości
Kryterium 6 – Różnicowanie kształtu elementów w procesie formowania		
<u>GENERALNIE NIE</u> Tylko wtedy gdy podział formy powoduje rozbicie elementu.	<u>ZAWSZE</u> Wraz z deformacją formy elementy ulegają różnicowaniu.	<u>NIKIEDY</u> Np. gdy zakładamy losową zmianę proporcji elementów.
Kryterium 7 – Możliwość prostej kontynuacji formy		
<u>NIE</u> – brak takiej możliwości	<u>NIE</u> – brak takiej możliwości	<u>TAK</u> – przez dodanie elementów
Kryterium 8 – Zachowanie ciągłości procesu formowania		
<u>NIE</u> – brak ciągłości procesu	<u>TAK</u> – pełna ciągłość procesu	<u>TAK</u> – pełna ciągłość procesu

³⁵¹ Wynika to z założenia, że powinny się one wzajemnie uzupełniać – tworząc system obejmujący najszerszy zakres możliwych rozwiązań formalnych stosowanych w architekturze współczesnej.

³⁵² Forma jednoelementowa nie może być wynikiem zastosowania metody rozbicia. Natomiast odpowiednie zderzenie dwóch elementów w formie może stworzyć już wrażenie jej heterogeniczności.

³⁵³ Określenie ilości elementów w takiej formie nie jest jednoznaczne. Generalnie stanowi ona jedną całość, w której trudno jest wyróżnić części (por. ryc. 17, 24). Przy dokładniejszej analizie można wskazać elementy składowe takie jak: np. poszczególne tafle szklane w zadaszeniu stacji kolejki linowej w Innsbrucku (ryc. 22), lub zniekształcone kwadraty w kompozycjach przedstawionych na schemacie (ryc. 80b). Takie rozumienie elementu zostało przyjęte z kolei w analizie kryterium 6.

Przedstawiona w tabeli analiza porównawcza metod rozbicia, deformacji i rozproszenia, precyzuje sposób ich rozumienia w pracy, systematyzuje ich zasady oraz wskazuje dostrzeżone prawidłowości. W analizie zastosowano system ośmiu kryteriów. Część z nich została omówiona w przytoczonych wcześniej definicjach metod lub wynika w prosty sposób z załączonego zestawienia schematów (ryc. 80). Inne wymagają dalszych wyjaśnień. **Kryteria 1., 2., 3.** analizują podstawowe reguły konstruowania form (obowiązujące w poszczególnych metodach). Określają zakres ingerencji w strukturę form i relację form do ich części. Założenia te wynikają wprost z przyjętych definicji i nie wymagają komentarza. **Kryteria 4., 5.** dotyczą zakresu stosowania metod. Na schematach przedstawiano je wyłącznie w kontekście przekształcania określonej formy wyjściowej (ryc. 80). Tymczasem, w przypadku metod rozbicia i deformacji, możliwe jest też komponowanie form poprzez zestawianie kolejnych elementów. Opiera się to odpowiednio na ich zderzeniu (np. superpozycja w proj. Parc de la Villette³⁵⁴) lub jednoczeniu (np. interakcja blobów wg schematów Lynna³⁵⁵). Natomiast stosowanie metody rozproszenia polega wyłącznie na przebudowie formy wyjściowej. Obecność takiej formy można wskazać we wszystkich przytoczonych w pracy przykładach architektonicznych (opartych na metodzie rozproszenia)³⁵⁶. **Kryterium 6.** określa czy w procesie tworzenia formy jej elementy składowe ulegają zróżnicowaniu (zmieniają kształt). W przypadku metody deformacji zjawisko takie jest regułą (por. ryc. 80b). Przykładem architektonicznym, ilustrującym omawianą kwestię, jest m.in. opisany wcześniej projekt stacji kolejki linowej w Innsbrucku³⁵⁷. W pozostałych metodach (rozbicie, deformacja) różnicowanie elementów następuje tylko w niektórych sytuacjach. **Kryterium 7.** dotyczy zagadnienia prostej kontynuacji formy, co oznacza tutaj możliwość jej naturalnej i automatycznej rozbudowy (podobnie jak kontynuacja wątku cegieł w murze). Cecha taka występuje tylko w metodzie rozproszenia (por. ryc. 80c). W pozostałych metodach (deformacja, rozbicie) ewentualna kontynuacja wymaga podjęcia działań kompozycyjnych. Rozbudowa formy polega więc na innej zasadzie i nie jest ona oczywista³⁵⁸. **Kryterium 8.** dotyczy ciągłości procesu formowania. Pojęcie to, można najprościej wyjaśnić odwołując się bezpośrednio do zestawienia schematów (ryc. 80). Między kolejnymi etapami sekwencji form konstruowanych według metody deformacji i rozproszenia można wyznaczyć dowolną ilość etapów pośrednich. Taka cecha jest właśnie wyznacznikiem ciągłości procesu formowania. Przypomina to technikę morfingu znaną z reklam telewizyjnych. Tworzenie form pośrednich odbywa się jednak w inny sposób. Polega wyłącznie na stosowaniu reguł obowiązujących w danej metodzie formowania³⁵⁹.

³⁵⁴ W projekcie autorstwa arch. Bernarda Tschumiego zastosowano nałożenie lub wzajemne zderzenie wyraźnie odmiennych układów kompozycyjnych (przykład superpozycji); patrz: rozdział 2.3, ryc. 10.

³⁵⁵ Lynn 1999, *Animate Form*, op. cit., s. 31. Zagadnienie konstruowania blobów omówiono w rozdziale 2.4.

³⁵⁶ Przykładowo: w biurowcu Cœur Défense (proj. Jeana-Paula Viguiera, ryc. 30) formą wyjściową dla rozproszonej kompozycji elewacji jest stan, gdy wszystkie żaluzje okienne są zasunięte; w Pomniku Holokaustu (proj. Petera Eisenmana, ryc. 32) – stan, w którym betonowe bloki byłyby wyprostowane i wyrównane; w wieżowcu Torre Agbar (proj. Jeana Novela, ryc. 29, 33) – regularny układ okien. Patrz: rozdział 2.5.

³⁵⁷ W projekcie tym, skomplikowane formy zadaszeń (uzyskane w wyniku stosowania deformacji) przełożyły się na całkowitą niepowtarzalność elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych. Dokładnie każdy z nich miał inny kształt. Projekt autorstwa arch. Zahy Hadid. Patrz: rozdział 2.4, ryc. 22.

³⁵⁸ Zastosowanie prostej kontynuacji w tych metodach deformacji i rozbicia nie jest więc możliwe.

³⁵⁹ W metodzie deformacji formy pośrednie konstruuje się poprzez uplastycznianie formy, a w metodzie rozproszenia – poprzez odpowiednią modulację roli czynnika losowego.

WNIOSKI

1. Tendencja do form złożonych w architekturze współczesnej

Przedstawione w tej części pracy badania wykazują, że w architekturze współczesnej występuje określona tendencja do stosowania form złożonych. Dowodzą tego właściwie wszystkie przykłady projektów i realizacji (przytoczone w rozdziałach 2.3, 2.4, 2.5). Odnajdujemy w nich wyraźne dążenia autorów do unikania prostych rozwiązań formalnych oraz do poszukiwania tych – o bardziej skomplikowanej, nieoczywistej budowie geometrycznej. Tendencja ta przejawia się w twórczości wielu współczesnych architektów, realizujących swoje prace w różnych krajach na świecie³⁶⁰. Wyraża się ona najpełniej w najnowszej architekturze awangardowej, ale zauważamy ją często również w innych (zwykajnych, nie prestiżowych) współczesnych realizacjach. Przykładowo, metoda rozproszenia jest dość powszechnie stosowana przez różnych architektów. Odpowiedni efekt może być wyrażony za pomocą prostych (i nie kosztotwórczych) środków formalnych³⁶¹.

Wyróżniona tendencja może być traktowana jako jedna, lecz nie jedyna z gałęzi rozwoju współczesnej architektury. Równolegle bowiem, w najnowszej twórczości wielu architektów, zauważamy dążenia do form prostych – wynikające m.in. z kontynuacji purystycznej estetyki modernizmu (minimalizm, neomodernizm). Nie podważa to omawianej tendencji do form złożonych. Świadczy natomiast o tym, że architektura współczesna jest wielowątkowa i rozwija się jednocześnie w wielu kierunkach – także przeciwnych. Omawiana tendencja nie określa też wymogu dążenia do maksymalnej złożoności. Istotny jest sam fakt stosowania złożoności jako środka wyrazu w formie, a nie siła jego oddziaływania. Może być on bardzo wyrazisty (np. Experience Music Project³⁶² autorstwa Franka O. Gehry'ego) lub subtelny (np. elewacja Biblioteki Narodowej w Paryżu³⁶³ proj. Dominique'a Perrault).

W kontekście przeanalizowanych przykładów architektonicznych, zauważamy również, że dążenie do złożoności (samo w sobie) nie jest bezpośrednim i autonomicznym celem działań twórczych. Jest to zwykle pewien rezultat szerszych poszukiwań formalnych (wynikających z różnorodnych inspiracji i podstaw ideowych). Złożoność jest więc często cechą wspólną realizacji powstających w ramach wyraźnie odmiennych nurtów³⁶⁴. Między innymi z tego względu, owa tendencja do złożoności ma w architekturze pewien walor uniwersalny. Wydaje się też, że wraz z rozwojem cywilizacyjnym rośnie akceptacja społeczna dla stosowania większej złożoności w kształtowaniu przestrzeni zbudowanej (co jest również jednym z przejawów omawianej tu tendencji)³⁶⁵.

³⁶⁰ Por. *Podsumowanie i ocena zakresu badań*, w niniejszym rozdziale.

³⁶¹ Np. ruchome rolety okienne rozpraszające rysunek elewacji – por. ryc. 30, 31. Również m.in. dobór materiałów wykończeniowych lub ich odpowiednie zakomponowanie – patrz: rozdział 2.5.

³⁶² Projekt wspomniany w rozdziale 2.4. Por. Jencks 2002, op. cit., s. 257-258; Skude F., "Experience Music Project...", CA → <http://www.rockwool.dk/inspiration/current+architecture/experience+music+project>.

³⁶³ Projekt opisany w rozdziale 2.5, patrz: ryc. 30.

³⁶⁴ Przykładowo: nurty dekonstrukcji i fałdowania są pod wieloma względami we wzajemnej opozycji. Stąd też rozwiązania przestrzenne kształtowane w ramach tych nurtów są całkowicie odmienne. Jednak wspólną cechą znacznej części tych rozwiązań jest właśnie złożoność. Można to zilustrować dowołując się twórczości Zahy Hadid z okresu dekonstrukcji i fałdowania. Patrz kolejno: ryc. 9, 18.

³⁶⁵ Por. rozdział 2.2. – fragment dot. analizy pojęcia *złożoności optymalnej* w architekturze.

2. Przyczyny stosowania złożoności w kreacji architektonicznej

Na genezę omawianej tendencji do stosowania form złożonych w architekturze składa się szereg niezależnych przyczyn. Podsumowując pod tym kątem materiał badawczy przedstawiony w części studialno-analitycznej pracy, można wskazać najistotniejsze z nich. Zostały one wymienione dalej (ustalona tu kolejność nie odzwierciedla ich znaczenia):

a) Złożoność jako reakcja na architekturę modernistyczną

Jedną z kluczowych przyczyn stosowania złożoności w architekturze jest współczesna reakcja na puryzm formalny wynikający z założeń modernizmu. Pojawienie się tego nurtu na początku minionego wieku i późniejsze jego upowszechnienie było bezprecedensowym przełomem w historycznym rozwoju architektury. Siła tego zwrotu była tak wielka, że modernizm w dalszym ciągu stanowi istotny kontekst (porównawczy) dla wszelkich zjawisk w architekturze współczesnej łącznie z tą najnowszą. Późniejsze nurty postmodernistyczne³⁶⁶, na fali krytyki modernistycznego puryzmu formalnego zmierzały często, w różny sposób, do form o wyższej złożoności. Wyrazistym tego przykładem jest architektura dekonstrukcji, ale dotyczy to też innych nurtów³⁶⁷.

b) Wpływ nowych prądów filozoficznych

Dla rozwoju tendencji do form złożonych bez wątpienia istotne znacznie mają także inspiracje płynące z najnowszej filozofii. Między innymi, pod ich wpływem rozwijała się architektura awangardowa ostatnich dwóch dekad 20. wieku. Największą rolę odegrała twórczość francuskich filozofów: Jacques'a Derridy i Gilles'a Deleuze'a. W ich poglądach rysował się nowy sposób postrzegania świata – wskazujący właśnie jego złożoność, wieloznaczność, wieloaspektowość³⁶⁸. Próby transpozycji tego na grunt architektury skutkowały często różnorodnymi dążeniami do złożoności formalnej. Obaj filozofowie uczestniczyli też bezpośrednio w dyskursie architektonicznym³⁶⁹. Poglądy Derridy wpłynęły na skrytykowanie się w latach 80. nurtu dekonstrukcji, natomiast poglądy Deleuze'a – na pojawienie się w architekturze nurtu fałdowania, w latach 90.³⁷⁰

c) Nowe techniki modelowania komputerowego

Kolejnym czynnikiem, koncentrującym uwagę architektów na formach złożonych, są nowe możliwości ich komputerowego modelowania (powierzchnie NURBS, modelowanie parametryczne, techniki generowania blobów itp.³⁷¹). Twórcze poszukiwania w tej dziedzinie obserwujemy u wielu współczesnych architektów, zwłaszcza tych z młodszego pokole-

³⁶⁶ Postmodernizm rozumiany jest tu w szerokim znaczeniu – jako ogół nurtów architektonicznych następujących po modernizmie, podobnie jak prezentuje to Jencks (por. Jencks 2002, op. cit., podtytuł). W rozumieniu potocznym, pojęcie to utożsamiane jest często tylko z postmodernizmem eklektycznym, historyzującym (a więc w relacji m.in. do twórczości i poglądów Roberta Venturiego, por. rozdział 2.2).

³⁶⁷ Architektura dekonstrukcji jest także wyrazem sprzeciwu na traktowanie formy w kategoriach adekwatności względem określonej funkcji oraz – na stosowanie jedynie prostych i w pełni logicznych zasad jej budowy. Z drugiej strony, dekonstrukcja ewidentnie prezentuje modernistyczne rozumienie formy w ujęciu abstrakcyjnym (a nie figuratywnym). Późniejsze nurty (m.in. *folding*), kontynuują taką relację do modernizmu.

³⁶⁸ Abstrahując tu od różnic dzielących poglądy Derridy i Deleuze'a.

³⁶⁹ Wskazać można tu choćby wspólną książkę Petera Eisenmana i Derridy: *Chora L Works*, op. cit. oraz artykuł Deleuze'a w redagowanej przez Grega Lynna publikacji *Folding in Architecture*, op. cit., s. 33-37.

³⁷⁰ Skrócowa geneza obu nurtów została przedstawiona w pracy. Patrz: rozdział 2.3, rozdział 2.4.

³⁷¹ Zagadnienia te omówiono w rozdziale 2.4.

nia³⁷². Nowe narzędzia komputerowe stale się upowszechniają. W kolejnych latach, ich oddziaływanie na kształt współczesnej architektury staje się coraz wyraźniejsze. O ile w okresie dekonstruktywizmu nie miało to jeszcze istotnego znaczenia, o tyle już nurt fałdowania pozostaje pod silnym wpływem nowych technik komputerowych³⁷³. Ścisła zależność od tych technik uwidacznia się najpełniej w architekturze blobów³⁷⁴.

d) Techniki sterowania numerycznego w budownictwie (CNC)

Istotny wpływ na rozwój tendencji do form złożonych ma także upowszechnianie się nowych technik w budownictwie – opartych o wykorzystanie sterowania numerycznego³⁷⁵. Naturalną barierą dla tworzenia rozwiązań architektonicznych o wysokiej złożoności formalnej jest znaczny koszt ich realizacji. Zaś ważnym czynnikiem kosztotwórczym jest wysokie zróżnicowanie elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych. Tymczasem zastosowanie wspomnianych technik budowlanych sukcesywnie osłabia znaczenie tego czynnika. Sterowane cyfrowo wycinarki i obrabiarki CNC pozwalają (właśnie) na prefabrykowanie elementów o niepowtarzalnych, indywidualnych kształtach³⁷⁶. Tworzy to zupełnie nowe perspektywy dla projektowania form złożonych w architekturze.

e) Intuicyjne dążenie do złożoności optymalnej

Wszystkie wyróżnione wcześniej przyczyny tendencji do form złożonych mają charakter obserwacji obiektywnych. Wynikają one z różnorodnych czynników zewnętrznych, które w określony sposób wpłynęły na rozwój architektury współczesnej lat 1980-2010³⁷⁷. Natomiast dążenie do złożoności może być również efektem trudnej do zwerbalizowania intuicji twórczej. Prezentowane wcześniej pojęcie złożoności optymalnej zakłada osadzenie dzieła architektonicznego w granicach między dwoma biegunami: *zbyt proste* i *zbyt złożone*³⁷⁸. Wydaje się, że przyczyną zwiększania złożoności formy architektonicznej jest często intuicyjne odczucie zbytnej jej prostoty i monotonii. Na gruncie praktyki zawodowej jest to dość typowe doświadczenie, występujące w fazie tworzenia projektu. Na różne sposoby dążymy do niwelacji takiego, niekorzystnego efektu. W historycznym przebiegu architektury (poprzedzającym modernizm) naturalnym środkiem wyrazu służącym zwiększaniu złożoności był ornament. Wydaje się, że prezentowana w pracy kategoria form rozproszonych stanowi jego substytut w architekturze współczesnej. Częste stosowanie (m.in.) tej metody potwierdza więc obecność dążeń do złożoności optymalnej.

³⁷² Cytowani wcześniej w pracy, to m.in.: Bernhard Franken, Mark Goulthorpe, Greg Lynn, Kas Oosterhuis, Lars Spuybroek. Patrz też: Pongratz, Perbellini, 2000 (*Natural Born CAADesigners...*), op cit.

³⁷³ Nie dotyczy to wykorzystywania typowych programów CAD do przygotowywania dokumentacji technicznej i wizualizacji. Mowa tu raczej o odpowiednim oprogramowaniu, umożliwiającym modelowanie form, których zaprojektowanie i rozrysowanie w sposób manualny jest praktycznie niemożliwe. Patrz: rozdział 2.4.

³⁷⁴ Sposób kształtowania formy w ramach tego nutu wynika często wprost ze stosowania technik softwarowych takich jak *meta-balls* i *meta-clay*. Zatem, określony model matematyczno-komputerowy leży u podstaw pewnego stylu w architekturze. Patrz: rozdział 2.4.

³⁷⁵ Zagadnienie to zostało szerzej omówione w rozdziale 2.4 – m.in. w kontekście realizacji Muzeum Guggenheima w Bilbao (Frank O' Gehry) oraz stacji kolejki linowej Nordpark w Innsbrucku (Zaha Haid). Patrz też: Gorczyca 2003, op. cit., s. 168-180; Lindsey 2001, op. cit.

³⁷⁶ Pozwala to m.in. na automatyczne tworzenie form negatywowych do odlewów z betonu, wycinanie dowolnego kształtu elementów ze stali, formowanie szkła itp.

³⁷⁷ Dotyczy to więc kolejno: oddziaływania modernizmu, wpływu nowych prądów filozoficznych, nowych technik modelowania komputerowego i cyfrowej prefabrykacji.

³⁷⁸ Pojęcie optimum złożoności było omawiane w rozdziale 2.2; por. Lenartowicz 2001, op. cit., s. 78.

3) Metody kształtowania form złożonych w architekturze

Badania przedstawione w tej części pracy dowodzą również, że mimo oczywistej różnorodności architektury współczesnej, można w niej wskazać określone metody kształtowania formy – wspólne dla wielu architektów, projektów, realizacji. Złożoność współczesnych form architektonicznych nie wynika wyłącznie ze swobody komponowania. W ich budowie można wyodrębnić pewne reguły i zasady organizacji (lub też kontrolowanej dezorganizacji, zmierzającej do uzyskiwania większej złożoności). Zaproponowany w pracy system trzech metod: rozbicia, deformacji i rozproszenia może być jednym ze sposobów odczytania i interpretacji złożoności formalnej w architekturze współczesnej. Kolejne metody zostały omówione i poddane analizie w rozdziałach 2.3, 2.4, 2.5. Szersza ich syntezę przedstawiono wcześniej³⁷⁹, w niniejszym rozdziale. Wynikające z niej obserwacje i konkluzje mogą być traktowane w kategorii wniosków cząstkowych.

³⁷⁹ Patrz: rozdział 4.1 – *Synteza wyodrębnionych metod formowania*.

4.2. PODSUMOWANIE CZĘŚCI TEORETYCZNO-APLIKACYJNEJ

POSUMOWANIE ZAKRESU BADAŃ

Zakres badań został podporządkowany realizacji głównego celu badawczego założonego w części teoretyczno-aplikacyjnej pracy. Wywód ukierunkowany był więc na ocenę możliwości kształtowania złożonych form architektonicznych poprzez stosowanie prostych procesów formowania. Jak to zostało wspomniane we wprowadzeniu (rozdział 3.1.) zasada organizacji takich form określana jest w pracy mianem porządku wyższego rzędu.

Przedstawione analizy i symulacje zmierzały do rozpoznania tego zagadnienia na gruncie doświadczalnym. Opracowane zostały specjalne programy komputerowe, które umożliwiły przeprowadzenie odpowiednich eksperymentów dotyczących kształtowania formy. Wyniki innych badań naukowych uwzględniane były tylko wtedy, gdy ich rezultat zweryfikowano w pracy za pomocą wspomnianych programów autorskich.

Zakres badań omówionych w tej części pracy obejmował analizy teoretyczne, które zostały uporządkowane w ramach trzech modeli: matematycznego, fraktalnego i emergentnego³⁸⁰. Przedstawiono także analizy aplikacyjne, które miały pokazać możliwość zastosowania narzędzi teoretycznych w projektowaniu architektonicznym. Badania dotyczyły trzech projektów: Federation Square w Melbourne (proj. Donald Bates i Peter Davidson), Cardiff Bay Opera House (proj. Gereg Lynn), Habitat '67 (proj. Moshe Safdi).

OMÓWIENIE NAJISTOTNIEJSZYCH WYNIKÓW BADAŃ

Po pierwsze, badania dowiodły, że porządek wyższego rzędu istnieje. Wykazano, że za pomocą prostych (elementarnych) reguł formowania, stosując je w sposób ściśle ustalony (deterministyczny) można uzyskać formy o bardzo wysokiej złożoności wizualnej. Obserwacja ta jest próbą transpozycji wcześniejszych badań naukowych w dziedzinie teorii chaosu – na grunt architektoniczny. Przedstawione metody formowania mogą być wyrażone językiem budowy formy, który stosowany jest w architekturze³⁸¹.

Po drugie, pokazane zostały wybrane metody, za pomocą których można kształtować formę architektoniczną według porządku wyższego rzędu. Istotne znaczenie miały przytoczone analizy konkretnych projektów architektonicznych. Wykazano możliwość konstruowania złożonych form, w wyniku elementarnych procesów formowania (a więc takich,

³⁸⁰ Sposób rozumienia tych modeli w pracy przedstawiono w rozdziale 3.1.

³⁸¹ Przykładem są m.in. wskazane w badaniach współczesne rozwiązania projektowe (roz. 3.4). Ponadto, sposób definiowania formy w niektórych metodach (np. IFS) może być wyrażany językiem typowym dla architektury, np. za pomocą prostych schematów; por. ryc. 49, 50.

które można zapisać za pomocą prostej procedury, algorytmu, reguły, schematu – z użyciem relatywnie małej ilości informacji)³⁸².

Po trzecie, badania wykazały wysoką wrażliwość form kształtowanych według porządku wyższego rzędu na zmiany zasad formowania. Zostało to zaobserwowane zarówno w zaprezentowanych eksperymentach teoretycznych, jak też podczas analizy przykładów architektonicznych. Ma to istotny wpływ na sposób projektowania takich form. Relacja między zastosowanym formowaniem, a uzyskaną formą jest trudna do intuicyjnego rozpoznania. Projektowanie ma więc wyraźne cechy procesu empirycznego.

ZNACZENIE BADAŃ W ARCHITEKTURZE

Przedstawione w tej części pracy badania poszerzają wiedzę teoretyczną dotyczącą złożoności formy architektonicznej. Wskazują też określone kierunki poszukiwań twórczych, oparte na stosowaniu porządku wyższego rzędu. Konfrontacja uzyskanych wyników z wcześniejszymi badaniami, które ujęto w części studialno-analitycznej, pozwala wyodrębnić nową kategorię form złożonych. Jej wyróżnikiem w procesie projektowania jest następująca **formuła, która polega na: dążeniu do konstruowania złożonych form w wyniku uporządkowanego procesu formowania**. Kryterium rozpoznawczym porządku wyższego rzędu jest więc określanie relacji złożoności formy do złożoności jej formowania.

Proces formowania może być zapisywany i realizowany na różne sposoby. Zastosowanie technik komputerowych (projektowania generatywnego, algorytmicznego) może ułatwiać poszukiwania. Jednak stosowanie tych narzędzi nie jest wyznacznikiem wyodrębnionego typu złożoności. Współczesne techniki cyfrowe, umożliwiają np. realizację śmiałych wizji Franka O. Gehrego. Jednak jego twórczość zdecydowanie nie jest przykładem stosowania porządku wyższego rzędu (co nie umniejsza jej wartości). Jest to raczej autorska projekcja arbitralnych decyzji o budowie formy i wszystkich jej składników.

Natomiast prezentowane (w części teoretyczno-aplikacyjnej) badania wskazują inny sposób projektowania form złożonych, którego głównym wyróżnikiem jest proste formowanie. Analizując przedstawione symulacje (począwszy od tych stricte matematycznych, a skończywszy na tych zastosowanych już w architekturze), można się zastanawiać nad źródłem pochodzenia obserwowanej tam złożoności. Nie jest ona wymyślona (jak np. bryła Muzeum Guggenheima), tylko raczej zaczerpnięta 'z porządku natury', który został zauważony w matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego.

Zaproponowana w pracy formuła – *dążenia do konstruowania złożonych form w wyniku uporządkowanego procesu formowania* – wyczerpuje definicję omawianej tu, nowej kategorii form złożonych. Sposób jej aplikacji jest kwestią wtórną. Jednak odpowiednie techniki komputerowe mogą ułatwić poszukiwania formalne. W ostatnich latach (od około 2000 roku) obserwujemy stały wzrost zainteresowania architektów programowaniem, definiowaniem problemów projektowych w sposób generatywny, za pomocą odpowiednich algorytmów, modelowaniem parametrycznym, itp. Na rynku pojawiają się nowe rozwiązania

³⁸² Por. ryc. 64.

softwarowe. Wiele liczących się uczelni prowadzi kursy lub nawet odrębne kierunki studiów dotyczące *projektowania komputacyjnego*³⁸³. Symptodem przemian może być także wystawa *Scripted-by-Purpose* w Filadelfii (2007), gdzie prezentowane awangardowe rozwiązania formalne młodych architektów i studentów tej profesji były zdefiniowane wyłącznie w postaci programów i skryptów komputerowych³⁸⁴.

Nowe techniki mogą kierunkować poszukiwania twórcze, naprowadzając je m.in. na eksplorację porządku wyższego rzędu w projektowaniu. Na tej podstawie można też prognozować zwrot w architekturze ku stosowaniu *nowej złożoności*. Kodowanie procesu formowania w postaci algorytmów i programów wprowadza wymóg precyzyjnego definiowania zasad kształtowania formy. Na tyle precyzyjnego, by można je jednoznacznie zapisać w postaci kodu komputerowego. Im będzie on prostszy (np. mniej linii), a uzyskana forma – bardziej złożona, tym w większym stopniu owa złożoność będzie efektem *porządku wyższego rzędu*, a nie dziełem intuicji. Godnym uwagi przykładem (który nie był analizowany w pracy) jest olimpijskie centrum sportów wodnych w Pekinie z 2008 roku, określane jako *Water Cube* i inspirowane fraktalną strukturą piany³⁸⁵. Złożona forma wynika przede wszystkim z optymalizacji konstrukcji. Często, podobnie jak w przyrodzie, najbardziej racjonalne rozwiązania znajdują się w zbiorze form złożonych, a nie – prostych.

³⁸³ Np. kierunek studiów *Adaptive Architecture and Computation* na University College of London.

³⁸⁴ Przedmiotem ekspozycji były oczywiście wizualizacje i modele stereolitograficzne form architektonicznych, choć na niektórych planszach umieszczono także fragmenty komputerowego kodu. Kuratorami wystawy byli amerykańscy architekci z dyplomami londyńskiej szkoły AA, Marc Fornes i Skylar Tibbits.

³⁸⁵ Por: Pohl E.B., *Watercube: The Book*, DPR editorial, Barcelona 2008, s. 58-61, 232-247; Carfrae T., "Box of Bub-bles", *Ingenia Magazine*, Issue 33, 2007/12, s.44-51. Projekt: PTW Architects (arch: John Bilton, Mark Butler, Chris Bosse) we współpracy z firmą ARUP.

4.3. WNIOSKI KOŃCOWE

W badaniach zostały omówione wybrane aspekty twórczości kilkudziesięciu architektów³⁸⁶ z ostatnich 30 lat oraz – kilkunastu innych³⁸⁷, których aktywność zawodowa przypada na wcześniejsze lata minionego wieku. Przyniesiono ogółem 76 realizacji architektonicznych. Z czego część została zilustrowana (ok. 50%), a pozostałe scharakteryzowano w części tekstowej lub wymieniono w przypisach. Zdecydowana większość omawianych projektów lub realizacji powstała w kluczowym (dla badań) okresie, czyli po 1980 roku (ok. 85%). Z tego ponad połowa (55%), dotyczy architektury najnowszej, a więc tworzonej po roku 2000. Pomijając nieliczne przykłady czysto teoretyczne³⁸⁸, większość przytaczanych projektów została zrealizowana lub była planowana do realizacji w 14 krajach na świecie³⁸⁹ (głównie jednak w Europie).

Badania zaprezentowane w części studialno-analitycznej, wykazały czytelną tendencją do stosowania form złożonych w architekturze współczesnej. W kontekście przeanalizowanych przykładów realizacji, zauważono, że dążenie do złożoności nie jest bezpośrednim i autonomicznym celem działań twórczych. Jest to zwykle raczej rezultat szerszych poszukiwań formalnych wynikających z różnorodnych inspiracji i podstaw ideowych. Omawiana tendencja nie określa też wymogu dążenia do maksymalnej złożoności. Istotny jest sam fakt stosowania złożoności jako środka wyrazu w formie, a nie siła jego oddziaływania. Ważnym wynikiem badań jest wyodrębnienie ogólnych, (wzajemnie odmiennych) metod kształtowania form złożonych, które zaobserwowano we współczesnej kreacji architektonicznej (rozbicie, deformacja i rozproszenia – ryc. 7a,b,c)³⁹⁰.

Badania zaprezentowane w części teoretyczno-aplikacyjnej, wykazały natomiast możliwość konstruowania form według definiowanego w pracy *porządku wyższego rzędu*. Za pomocą prostych (elementarnych) reguł formowania, stosując je w sposób ściśle ustalony (deterministyczny) można uzyskać formy o bardzo wysokiej złożoności wizualnej (ryc. 37a,b,c). Przykłady tego zaprezentowano, stosując odpowiednie symulacje komputerowe – począwszy od tych czysto abstrakcyjnych, po takie, które mogą być aplikowane w architekturze. Pokazano także, sposoby kontynuacji działań formalnych, polegające na przekształcaniu tego typu kompozycji z zachowaniem spójności formuł ich budowy. Dowiedziono, że nawet nieznaczna zmiana odpowiednich zasad konstrukcji, może prowadzić do radykalnej reorganizacji form wynikowych³⁹¹. Relacja między zastosowanym formowaniem, a uzyskaną formą jest trudna do intuicyjnego rozpoznania. Projektowanie form złożonych przez stosowanie porządku wyższego rzędu ma wyraźne cechy procesu empirycznego.

Zastawienie wyników badań obu części pracy (studialno-analitycznej i teoretyczno-aplikacyjnej), wykazuje, że choć tendencja do kreowania form złożonych w architekturze jest bezsporna, to jednak sposób uzyskiwania tej złożoności jest w przeważającej mierze rozbieżny z tym, który wynikał-

³⁸⁶ Patrz: rozdział 4.1.

³⁸⁷ Ibidem.

³⁸⁸ Ibidem.

³⁸⁹ Ibidem.

³⁹⁰ Definicja i szczegółowa analiza tych metod przedstawione zostały w rozdziale 4.1

³⁹¹ Patrz: ryc. 66-67

by z reguła porządku wyższego rzędu. Wstępne próby stosowanie tej *nowej złożoności* w architekturze, można zaobserwować jedynie w bardzo nielicznych realizacjach³⁹². Nowe techniki komputerowe (np. *projektowanie komputacyjne*³⁹³) mogą kierunkować poszukiwania twórcze, naprowadzając je m.in. na eksplorację porządku wyższego rzędu w projektowaniu.

Analizując symulacje przedstawione w części teoretyczno-aplikacyjnej pracy, można się zastanawiać nad źródłem pochodzenia obserwowanej tam złożoności. Nie jest ona wymyślona (jak np. bryła Muzeum Guggenheima w Bilbao), tylko raczej zaczerpnięta 'z porządku natury', który został zauważony w matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego. Trudno jest przesądzać o znaczeniu omawianej tu nowej kategorii złożoności dla architektury oraz o wartościach estetycznych kształtowanych tak form. W pewnym zakresie wymykają się one spod możliwości racjonalnej oceny, podobnie jak trudno jest wartościować estetykę krajobrazu naturalnego, form organicznych oraz całej makro- i mikro struktury kosmosu. Z pewnością natomiast stosowanie porządku wyższego rzędu w architekturze ma istotny wpływ na przebieg procesu projektowego, w którym architekt przestaje być arbitralnym kreatorem i staje się raczej wnikliwym obserwatorem i badaczem formy. Nadal jednak poprzez twórczą decyzję wyboru architekt może kontrolować i stymulować rozwój formy architektonicznej i kształt projektowanej przestrzeni.

Przeprowadzone w pracy badania dowodzą założonych tez oraz możliwości wykorzystania teorii chaosu w analizie kompozycji, interpretacji złożonych uformowań w architekturze współczesnej i jako inspiracji w praktyce projektowej.

Analizowane zagadnienia są stosunkowo nowe i w małym zakresie ugruntowane naukowo. Z tego względu ujęte w pracy rozważania mają charakter badań wstępnych. Wykazują jednak, że matematyka chaosu deterministycznego może znajdować potencjalne zastosowania w dziedzinie teorii i praktyki architektonicznej.

Ujęte w tytule pojęcie porządku wyższego rzędu, zostało jednoznacznie zdefiniowane w pracy. Porządek ten jest więc wynikiem takiego konstruowania formy, gdzie jej złożoność jest efektem elementarnie prostego procesu formowania.

³⁹² W pracy przytoczono trzy projekty, rozdział 3.5. Innym przykładem jest centrum sportów wodnych w Pekinie *Water Cube* z 2008 roku

³⁹³ Patrz: rozdział 4.2.

BIBLIOGRAFIA

- 10x10 / 3:100 Architects, 010 Critics**, red. Editors of Phaidon Press, Londyn 2009.
- 10x10:100 Architects, 010 Critics**, red. Editors of Phaidon Press, Londyn 2004 (2000).
- 10x10_2:100 Architects, 010 Critics**, red. Editors of Phaidon Press, Londyn 2005.
- Abelson H., diSessa A.A.**, *Geometria żółwia – komputer jako środek poszukiwań w matematyce*, WNT, Warszawa 1992 (wyd. org. MIT Press 1980).
- Achramowicz R.**, „Podłoże kulturowe przemian”, *Architektura współczesna wobec natury*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2002, s. 59-68.
- Alexander C.**, *The Phenomenon of Life: Nature of Order*, CES Publishing, 2001
— *The Process of Creating Life: Nature of Order*, CES Publishing, 2003
— *A Vision of a Living World: The Nature of Order*, CES Publishing, 2004
— *The Luminous Ground: The Nature of Order*, CES Publishing, 2003
- Barr S.**, *Experiments in Topology*, Dover Publications, Inc., New York, 1989.
- Batty M.**, *Cities and Complexity*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2005.
- , **Longley P.**, *Fractal Cities*, Academic Press Limited, San Diego 1994.
- Beim M.**, *Modelowanie procesu suburbanizacji w aglomeracji poznańskiej z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i automatów komórkowych – dysertacja*, UAM Poznań 2007.
- Berry A.**, „Off-the-wall ideas win through”, *Sunday Telegraph*, 1994/09/25, s. 21.
- Betsky A.**, *Zaha Hadid. The Complete Buildings and Project*, Rizzoli, Nowy Jork 1998.
- Bonenberg W.**, *Narracja architektoniczna a kontekst kulturowy [w:] Nowa architektura w kontekście kulturowym miasta*, Wydawnictwo TaP, Gliwice 2006, s. 51-58.
- Bovill C.**, „Fractal Geometry as Design Aid”, *Journal for Geometry and Graphics*, Volume 4, Number 1, Heldermann Verlag, Lemgo (Germany) 2000, str. 71-79
— *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Birkhäuser, Boston, USA 1996
- Braun B.**, „Architecture as Social Practice: the Negotiation of Space”, *FICYUrb – ISCTE/CIES*, Lisboa 2007.
- „The Dance of Disorder: Can an Understanding of Chaos and Fragmentation Lead to a Design Approach for a Socially Inclusive Public Realm?”, *EAD07: Dancing With Disorder: Design, Discourse & Disaster*, Izmir (Turcja) 2007.
- Carfrae T.**, „Box of Bubbles”, *Ingenia Magazine*, Issue 33, 2007/12, s. 44-51.
- Ciorra P.**, *Peter Eisenman. Bauten und Projekte*, D. Verlags-Anstalt, Stuttgart 1995.
- Coates P.S., Lamb C., Healy C., Voon V.W.**, „The use of Cellular Automata to explore bottom up architectonic rules”, *Eurographics 96 ICST*, London 1996.
- Coveney P., Highfield R.**, *Granice złożoności – w poszukiwaniu porządku w chaotycznym świecie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997, (*Frontiers of Complexity – The Search for Order In a Chaotic World*, 1995).
- Cyberprzestrzeń – architektura@urbanistyka 1/2007**, red. Gasidło K., Politechnika Śląska 2007.

- Deleuze G.**, *The Fold: Leibniz and the Baroque. The Pleats of Matter* [w:] *Folding in Architecture* (2004), s. 33-37.
- *The Fold: Leibniz and the Baroque*, (tłum. Tom Conley), University of Minnesota Press, 1993.
- DeLuca F., Nardini M.**, *Behind the scenes. Avant-garde Techniques in Contemporary Design (IT Revolution in Architecture)*, ed. Antonino Saggio, Birkhäuser 2004.
- Di Cristina G.**, *The Topological Tendency in Architecture* [w:] *Architecture and Science*, Di Cristina G. (ed.) Wiley Academy, 2001, s. 7-13.
- Eglash R.**, *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*, Rutgers University Press, 1999.
- Eisenman P.**, "Visions' unfolding: architecture in the age of electronic media", *Domus*, No 734, 1992, s. 20-24.
- , **Rajchman J.**, *Unfolding Frankfurt*, Ernst & Sohn, Berlin 1991.
- Emmer M.**, "Mathland – From Topology to Virtual Architecture", *Proceedings of the Generative Art 2004 Conference*, Mediolan 2004.
- *Mathland (IT Revolution in Architecture)*, ed. Antonino Saggio, Birkhäuser 2004.
- Folding in Architecture**, ed. Lynn G., John Wiley & Sons, Londyn 2004 (oryginalne wydanie w: *Architectural Design* 8/1993, Academy Editions, Londyn 1993).
- Frank O. Gehry. 13 Projects after Bilbao**, *GA Document* 68, ed. Futagawa Y., EDITA, Tokyo 2002.
- From Control to Design: Parametric/Algorithmic Architecture**, ed. Sakamoto T., Ferec A., Actar 2008.
- Furmanek P.**, *Struktury fraktalne jako źródło inspiracji w kształtowaniu formy architektonicznej – dysertacja*, Politechnika Wrocławska, WA, 2002.
- Gleick J.**, *Chaos – Narodziny nowej nauki*, Zysk i S-ka, Poznań 1996, (*Chaos – Making a New Science*, Penguin USA, 1987)
- Gorczyca A.**, "Motion as modern way of expressing architecture", *Internet-Journal: CG&G*, vol. 7, no 3, s. 22-40, MEPhI, Moskwa 2005, →<http://www.cgg-journal.com/2005-3/04.htm>.
- *Interakcja technik komputerowych nowej generacji z metodami projektowania. Nowe kierunki poszukiwań i możliwości wykorzystania narzędzi – dysertacja*, Politechnika Warszawska WA, 2003.
- Gössel P., Leuthäuser G.**, *Architektura XX wieku*, Taschen/TMC-Art 2006.
- Greg Lynn Form**, ed. Rappolt M., Rizzoli, NY 2008.
- Grzybowski A.**, *Daniela Libeskinda Muzeum Żydowskie w Berlinie w fotografii*, wyd. Muzeum Architektury we Wrocławiu, Wrocław 2005.
- Haduch B.**, "bez Zaha-mowań", *Architektura & Biznes* 2008/02, s. 60-65.
- Herr C.M.**, "Generative Architectural Design and Complexity Theory", *Proceedings of the Generative Art 2002 Conference*, Mediolan 2002.
- , **Kavan T.**, "Using Cellular Automata to Generate High-Density Building Form", *CAAD futures Conference*, Vienna University of Technology, Vienna 2005.
- Horn B.**, "Escape From the Future: Architecture, Language, and the Computational Turn", *Future Feeder: Journal of Architecture and Computation Culture*, 2006.
- Hypersurface Architecture (AD)**, ed. Perrella S., John Wiley & Sons, Londyn 1998.
- Hypersurface Architecture II (AD)**, ed. Perrella S., John Wiley & Sons, Londyn 2000.
- Jencks C.**, *Architektura Postmodernistyczna*, Arkady 1987 (wyd. org. Academy Ed. 1984).
- *The Architecture of the Jumping Universe*, Academy Editions, Londyn 1995.
- *Ecstatic Architecture*, Academy Editions, Londyn 1999.

- *The New Paradigm in Architecture. The Language of Post-Modernism*, Yale University Press, 2002.
- Jodidio P.**, *Architecture Now 6*, Taschen, Kolonia 2009.
- *Architecture Now 5*, Taschen, Kolonia 2008 (2007).
- *Architecture Now 4*, Taschen, Kolonia 2006.
- *Architecture Now 3*, Taschen, Kolonia 2004.
- *Architecture Now! vol 2.*, Taschen, Kolonia 2007 (pierwsze wyd. 2002).
- *Architecture Now!*, Taschen, Kolonia 2001.
- Johnson P., Wigley M.**, *Deconstructivist Architecture*, wyd. MoMA, Nowy Jork 1988.
- Jong C. de, Mattie E.**, *Architectural Competitions 1950-Today*, Taschen Verlag, Kolonia 1994.
- Kantor J.-M.**, "A Tale of Bridges: Topology and Architecture", *Nexus Network Journal*, vol. 7, no 2., Birkhäuser 2005, s. 13-21.
- Kolatan F.**, "Responsive Architecture through Parametric Design", *NKS2006 (Wolfram Science Conference)* → <http://www.wolframscience.com/conference/2006/presentations/kolatan.html>.
- Kozień, M.**, *Głos za uznaniem złożoności*, w: Czasopismo Techniczne, Z.11-A/2005 rok 102, s. 57.
- Kozina I.**, „Chaos i uporządkowanie oraz ich znaczenie dla interpretacji form architektonicznych”, *Alma Mater*, nr 91 (2007/04), Kraków 2007, s. 49-51.
- Krawczyk R.**, *The Codewriting Workbook*, Princeton Architectural Press 2008.
- "Experiments in Architectural Form Generation Using Cellular Automata", ACSA Conference On Growth and Form, University of Waterloo, 2001.
- Kucza-Kuczyński J.**, "Biblioteka Francuska", *Architektura & Biznes*, 1995/01, s. 12-13.
- Kurkiewicz D.**, *Architektura Cyberprzestrzeni* [w:] *Architektura & Biznes*, 2002/05, s. 32-39.
- Lenartowicz J.K.**, "W poszukiwaniu złożoności miasta", *Materiały międzynarodowej konferencji z okazji jubileuszu prof. S. Latoura: Historia Miasto i Współczesność*, Szczecin 2001, s. 78-85.
- Lenartowicz J.K.**, *Słownik psychologii architektury*, Kraków 2005.
- Lindsey B.**, *Digital Gehry – Material Resistance Digital Construction*, (*IT Revolution in Architecture*, ed. A. Saggio), Birkhäuser, 2001.
- Lorenz E.**, "Deterministic Nonperiodic Flow" [w:] *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 20, 1963/03, s.130-141.
- Lorenz W.E.**, *Fractals and Fractal Architecture* – dysertacja, Wiedeń 2002.
- Lynn G.**, *Animate Form*, Princeton Architectural Press, NY 1999.
- *Architectural Curvilinearity: The Folded, the Pliant and the Supple* [w:] *Folding in Architecture* (2004), s. 24-31 (pierwsza publikacja w: *Architectural Design* 8/1993, Londyn 1993)
- Mandelbrot B.**, *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York 1983.
- Martel M.**, "Tractable Shape II", *Open Form Architecture*, 2007/07, →<http://openformarchitecture.wordpress.com>.
- New Science = New Architecture?**, *Architectural Design Profile* No 124, ed. Jencks C., John Wiley & Sons, Londyn 1997.
- Nowatorska K.**, „Kłopoty z marką?”, *Architektura & Biznes*, 2006/5, s. 50-57.
- Oosterhuis K.**, *Hyperbodies (IT Revolution in Architecture)*, ed. A. Saggio, Birkhäuser, 2003.
- Ostwald, M.J.**, "Fractal Architecture": Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry", *Nexus Network Journal*, vol. 3, no. 1, Birkhäuser, Bazylea 2001.
- Paszkowski Z.**, *Tradycja i innowacja w twórczości architektonicznej*, wyd. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1997.
- „Cyberprzestrzeń – recenzja”, *Przestrzeń i Forma* Nr3, PAN, Szczecin 2006, s. 195-200.

- , **Rubinowicz P.**, "Toward the Parametric Modeling in Architecture and Design", *Proceedings of 7th ICECGDG*, Kraków 1996, s. 33-36.
- Pearson D.**, *New Organic Architecture – the Breaking Wave*, University of California Press, Los Angeles 2001.
- Pęczek G.**, *Podejście topologiczne w architekturze na przełomie XX/XXI wieku – dysertacja*, Politechnika Gdańska, WA, 2007.
- Peitgen H., Juergens H., Saupe D.**, *Granice chaosu. Fraktale. Cz.1*, PWN 1997 (*Fractals for the Classroom. Part 1: Introduction to Fractals and Chaos*, Springer Verlag, Nowy Jork 1992).
- *Granice chaosu. Fraktale. Cz.2*, PWN 1996 (*Fractals for the Classroom. Part 2: Complex Systems and Mandelbrot Set*, Springer Verlag, Nowy Jork 1992).
- Petresin V., Robert L.P.**, "The Double Möbius Strip Studies", *Nexus Network Journal*, vol. 4 no. 2, Birkhäuser, Bazylea 2002.
- Pikoń A.**, *AutoCAD 13*, Helion, Gliwice 1995.
- Platon**, *Fileb*, wyd. ANTYK Marek Derewiecki, 2002.
- Pohl E.B.**, *Watercube: The Book*, DPR editorial, Barcelona 2008.
- Pokrzywnicka K.**, "O próbach poszukiwania odniesień ładu do chaosu, czy też chaosu do ładu w rozwoju myśli architektonicznej", Konferencja *Architektura współczesna wobec natury*, Gdańsk 2002.
- Pongratz C., Perbellini M.R.**, *Natural Born CAADesigners: Young American Architects*, (IT Revolution in Architecture, ed. A. Saggio), Birkhäuser, 2000.
- Portugali J.**, *Self-Organization and the City*, Springer, Berlin 2000.
- Prusinkiewicz P., Lindenmayer A.**, *The Algorithmic Beauty of Plants*, Springer-Verlag 1990.
- Radin C.**, "The Pinwheel Tilings of the Plane", *The Annals of Mathematics*, Second Series, Volume 139, Issue 3, 1994, s. 661-702.
- *Miles of Tiles*, American Mathematical Society, 1999.
- Reas C., Fry B.**, *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*, MIT Press, 2007.
- Rescher N.**, *Complexity – A Philosophical Overview*, Transaction Publishers, USA 1998.
- Rewers E.**, *Zdarzenie w przestrzeni miejskiej [w:] Formy estetyzacji przestrzeni publicznej*, Warszawa 1998 → <http://bylecoq.w.interia.pl/text/zdarzenie.htm>.
- Reynoso C.**, *Análisis y diseño de la ciudad compleja: Perspectivas desde la antropología urbana*, Editorial Sb, Buenos Aires 2010.
- Rozwadowski T.**, *Dynamika przemian przestrzennych miasta i jej symulacja z wykorzystaniem modelu komórkowego na przykładzie rozwoju urbanistycznego aglomeracji gdańskiej – dysertacja*, Politechnika Gdańska WA, Gdańsk 2006.
- Rubinowicz P.**, "Chaos and Geometric Order in Architecture and Design", *Journal for Geometry and Graphics*, Volume 4, Number 2, Heldermann Verlag, Lemgo 2000, s. 197-207 (Proceedings of 9th ICGG, Johannesburg, South Africa 2000, s. 127-128).
- "Gra o przestrzeń i jej teoretyczny model", Materiały V. Sympozjum PAN *Teoria a Praktyka w Architekturze Współczesnej*, Rybna 2000, s. 196-201.
- "The Computer Program OBJECT 1.4 in Teaching of DG for Architects", *Proceedings of SDG*, Drezno 2000, s. 128-132.
- "Nauka o chaosie a architektura", Materiały Sesji Naukowej PAN: *Architektura – sztuka, umiejętność, nauka*, Kraków 1999, s. 79-84.
- "Parametryczne modelowanie powierzchni w programie OBIEKT 1.4", *Biuletyn Polskiego Towarzystwa Geometrii i Grafiki Inżynierskiej*, Gliwice 1999, s. 48-59.
- "Parametric Modeling – Random Factors in Architecture", *Proceedings of 8th ICECGDG*, Austin, USA 1998, s. 81-85.

- "Computer Parametric Modeling as a New Design Strategy", *CAD Creativeness Proceedings of the 4th International Conference*, Białystok 1996, s. 205-214.
- Safdie M.**, *Little boxes: Habitat '67*, wywiad dla CBC-TV, 1966/02 (patrz: →<http://archives.cbc.ca>).
- Sala N.**, *Chaos and Complexity in Arts and Architecture*, Nova Science Publisher, Hauppauge 2007.
- Salingaros N.**, "Connecting the Fractal City", *5th Biennial of towns and town planners in Europe*, Barcelona 2003 (→<http://applied.math.utsa.edu/~salingar/connecting.html>).
- Satkiewicz-Parczewska A.**, "Chaos a natura architektury aleatorycznej", Konferencja *Architektura współczesna wobec natury*, Gdańsk 2002.
- *Kompozycja architektoniczna i jej percepcja*, wyd. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2001.
- Schäfer B.**, „Labirynt Eisenmana”, *Architektura & Biznes* 2006/05, s. 38-45.
- Schlam P.C., Flagge I., Visscher J., Kisho Kurokawa – Metabolism and Symbiosis**, Jovis, Berlin 2005.
- Schumacher P.**, *Digital Hadid – Landscapes in Motion (IT Revolution in Architecture*, ed. Antonino Saggio), Birkhäuser, Bazylea 2004.
- *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto* [na:] *Dark Side Club, 11th Architecture Biennale*, Venice 2008 (tekst wystąpienia: →<http://www.patrikschumacher.com/>).
- Sietnicka O.**, *Znaczenie pojęć w teorii architektury współczesnej – dysertacja*, Politechnika Śląska WA, 2003.
- Sietnicki M.**, *Pozaestetyczne znaczenie architektury lat 90-tych – dysertacja*, Politechnika Śląska WA, 2002.
- Silver M.**, "Automason Version 1.0", *Future Feeder: Journal of Architecture and Computation Culture*, 2006 →<http://futurefeeder.com/index.php/archives/2006/08/06/automason-version-10/>.
- Skude F.**, "Blind Folding: The Ordrupgaard Extension by Zaha Hadid", *Current Architecture*, →<http://www.rockwool.dk/inspiration/current+architecture/blind+folding>.
- Skude F.**, "Experience Music Project. A sculptural masterpiece by Frank Gehry", *Current Architecture*, →<http://www.rockwool.dk/inspiration/current+architecture/experience+music+project>.
- Sławińska J., Kościuk J.**, "Ład, chaos i architektura", *Architectus* 2 (8), Wrocław 2000, s. 55÷60.
- Soos A., Lima A. P.**, "Fractal analysis of architectural objects", Konferencja ISAMA 2002, Freiburg 2002.
- Stöbe S.**, *Chaos und Ordnung in der modernen Architektur*, Strauss Verlag, Podstdam 1999.
- Stacey M.**, *Digital Fabricators*, University of Waterloo School of Arch. Press, 2004.
- Stec B.**, „O fałdowaniu w architekturze”, *Kwartalnik Archivolta*, Nr 1(5)/2000, s. 14-18.
- Steward I.**, *Czy Bóg gra w kości? Nowa matematyka chaosu*, PWN, 1996, (*Does God Play Dice? The New Mathematics of Chaos*, Basil Blackwell, Oxford, Great Britany 1990).
- "Bathroom tiling to drive you mad", *New Scientist IPC Magazine*, 1994/09/24, s. 14.
- Szalapaj P.**, *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*, Architectural Press, 2005.
- Thompson J.C.**, *40 Architects under 40*, Taschen, Kolonia 2000.
- Thulaseedas J., Krawczyk R.**, "Mobius Concepts in Architecture", *ISAMA / Bridges 2003 – Conference, Mathematical Connections in Art, Music, and Science*, Granada University, 2003.
- Torrens P.M.**, "Automata-based models of urban systems" [w:] *Advanced Spatial Analysis*, ed. Longley P., Batty M., Redlands, ESRI Press, 2003, s. 61-79.
- Trzeciak P.**, *Pochwała różnorodności* [w:] *Sztuka świata*, t. 10, Arkady 1996.
- Tschumi B.**, *Abstract Mediation and Strategy* [w:] *Architecture and Disjunction*, MIT Press, 1996.
- *Six Concepts* [w:] *Architecture and Disjunction*, MIT Press, 1996.
- Tyrała P.**, „Geometria, Gaudi i wulkaniczna gra kolorów”, *Architektura & Biznes*, 2006/11, s. 36-43.

- Uffelen C.**, *Paris Architecture & Design*, teNeues, 2004.
- Ullman J. M.**, „Dekonstrukcjonizm komputerowy. Przyczynek historyczny”, *CAD Space – Proceedings of the 3th International Conference*, Białystok 1995, s. 159-170.
- Venturi R.**, *Complexity and Contradiction in Architecture*, MoMA, Nowy Jork 2002 (1966).
- , **Izenour S.**, **Brown D.S.**, *Learning from Las Vegas – Revised Edition: The Forgotten Symbolism of Architectural Form*, The MIT Press, 1977, wyd. 3, 1999.
- Verbeeck K.**, *Randomness as a Generative Principle in Art and Architecture*, MIT, Cambridge, USA 2006.
- Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho Ecological Design**, AD Profile No 192, ed. Hensel M., Menges A., Wiley & Sons, Londyn 2008.
- Watanabe M.S.**, *Induction Design – A Method for Evolutionary Design (IT Revolution in Architecture, ed. Antonino Saggio)*, Birkhäuser 2002.
- Widera B.**, „Matematyka chaosu a zjawiska w modzie i architekturze na przełomie lat 80. i 90. XX wieku”, *Materiały VI sympozjum Moda w Architekturze*, Rybna 2001.
- Winskowski P.**, *Modernizm przebudowany. Inspiracje techniką w architekturze u progu XXI wieku*, Universitas, Kraków 2000.
- Wolfram S.**, *A New Kind of Science*, Wolfram Media Inc., 2002.
- Żarnowiecka J. C.**, *Przestrzeń informatyczna i architektura regionalna*, Politechnika Białostocka, Białystok 2004.
- Żórawski J.**, *O budowie formy architektonicznej*, Arkady, Warszawa 1973.
- Żychowska M.J.**, „Nowa architektura” [w:] *TEKA Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajo-
brazowych*, t.2, red. Gliński J., Wyd. Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin 2006, s. 73-79.

SPIS ILUSTRACJI

Ryc. 1. Złożoność formalna w architekturze współczesnej a złożoność zaobserwowana w matematyczno-fizycznej teorii chaosu deterministycznego: a) projekt teoretyczny Data-Driven Form, Marcos Novak (1998); b) fraktalna struktura zbioru Mandelbrota.

Źródło:

- a) 10x10_1, s. 286
- b) opr. autora (2006)

Ryc. 2. Zastosowanie autorskich programów komputerowych do symulacji i analizy procesów kształtowania formy architektonicznej – jako istotny element warsztatu badawczego. Kolejno od lewej: formułowanie założeń określonych badań formalnych w postaci komputerowego kodu; robocze wizualizacje nałożenia kilku powierzchni topologicznych; symulacje formy Domu Zdrojowego w Sopocie. Przegląd programów komputerowych zastosowanych w pracy przedstawiony jest w załączniku.

Źródło: opr. autora (2006)

Ryc. 3. Geometryczny porządek manifestujący prostotę formy i kształtowana spontanicznie złożoność – jako różne bieguny estetyki w architekturze: a) mauzoleum Izaaka Newtona, proj. Étienne-Louis Boullée, 1784; b) szklana piramida na dziedzińcu Luwru w Paryżu, proj. Ieoh Ming Pei, 1989; c) fotomontaż – panorama włoskiego miasta San Gimignano (po lewej) i fragment panoramy dolnego Manhattanu, Nowy Jork (po prawej).

Źródło:

- a) Goessel-Leuthaeuser 1990, s. 12
- b) fot. autora (2006)
- c) fot. autora (1998-2006)

Ryc. 4. Złożoność przypadkowych nawarstwień substancji urbanistycznej miasta historycznego oraz dążenie do złożoności jako zamierzone działanie projektowe w architekturze współczesnej: a) spiętrzenie elewacji kamienic średniowiecznej Sieny; b, c) złożona geometria dachów tego miasta w widokach z Torre del Mangia w Palazzo Publico; d) dekonstruktywistyczna wizja The Peak Club w Hongkongu, proj. Zahy Hadid, 1982-1993; e, f) nadbudowa budynku nad ulicą Falkestrasse we Wiedniu, proj. grupy architektów Coop Himmelb(l)au, 1983-1988.

Źródło:

- a-c) fot. autora (2006)
- d) Betsky 1998, s. 24
- e-f) fot. autora (2006)

Ryc. 5. Złożoność w detalu architektonicznym: a) wrażenie większej złożoności uzyskane poprzez zastosowanie materiału – ściana z cegły malowana białą farbą nadaje jej charakterystyczną frakturę; b) prefabrykowane bloki betonowe zaprojektowane przez F.L. Wrighta i zastosowane w kilku realizacjach kalifornijskich rezydencji z lat 20. (kolejno od góry i od lewej: Barnsdall House, Ennis House, Freeman House, Storer House).

Źródło:

- a) fot. autora (2005)
- b) Frank Lloyd Wright Foundation (Internet 2006)
→<http://www.franklloydwright.com> (dostępne z: →<http://www.franklloydwright.org>)
→<http://www.franklloydwright.com/browse.cfm/2,244.html>

Ryc. 6. Percepcja form prostych i złożonych na zasadzie wzajemnego kontrastu: kompozycja regularnie uporządkowana na swobodnie ukształtowanym tle (po lewej); kompozycja złożona na tle – regularnej (po prawej). Kontrast między obszarami o zróżnicowanej złożoności wyróżnia się na tyle mocno, że ich kontury wydają się być ostro zarysowane – choć w rzeczywistości nie są. Obie grafiki złożone są z ponad 2000 elementów. Na całej powierzchni obu kompozycji zachowana została średnia gęstość elementów.

Źródło:

opr. autora (2000) – symulacja w autorskim programie *MODEL* (→ zał., program A). Materiał został zaprezentowany przez autora na konferencji *9-th ICGG* w Johannesburgu, RPA w 2000 r. oraz – opublikowany w: Rubinowicz 2000, „Chaos and Geometric Order...”, s. 198

Ryc. 7. Metody kształtowania form złożonych, które zostały zaobserwowane i wyodrębnione we współczesnej kreacji architektonicznej (w części studialno-analitycznej pracy): a) rozbicie, b) deformacja, c) rozproszenia. Powyżej przedstawiono wybrane przykłady architektoniczne, poniżej – schematy kształtowania formy. Na ilustracji: a) biurowiec korporacji Nunotani w Tokio, proj. Peter Eisenman; b) Muzeum Fundacji Guggenheima w Bilbao, proj. Frank O. Gehry, c) wieżowiec Torre Agbar w Barcelonie, proj. Jean Nouvel.

Źródło:

a) Ciorra 1995, s. 175,
b,c) fot. autora (2006)
schematy opr. autora

Ryc. 8. Schemat ilustrujący ogólną zasadę kształtowania formy w metodzie rozbicia: zasada konstrukcji (powyżej), formy wynikowe (poniżej). Sekwencja dekonstrukcji kwadratu została uzyskana poprzez podział formy wyjściowej na części i ponowne ich scalenie – w innych układach. W kolejnych etapach procesu (z wyjątkiem pierwszego) modyfikowane było położenie tylko jednego elementu. W wyniku tych działań powstały nowe, wyraźnie odmienne i bardziej złożone kompozycje.

Źródło: opr. autora (2006)

Ryc. 9. Kształtowanie formy w architekturze dekonstrukcji zmierzające do uzyskiwania większej jej złożoności, na przykładzie twórczości arch. Zahy Hadid z lat 90. Zdjęcie przedstawia zestawienie modeli roboczych, obejmujące różne etapy poszukiwań formalnych w projektach: Lycée Français Charles de Gaulle (Londyn 1995), Spittelauer Lände (Wiedeń 1994), Pancras Lane (Londyn 1996).

Źródło: Betsky 1998, s. 15

Ryc. 10. Pawilony Parc de la Villette (*folies*) jako wczesny przykład dekonstrukcji w architekturze, oparty (w tym przypadku) o zasadę rozbicia formy sześcianu – projekt architekta Bernarda Tschumiego, Paryż, 1982-1998: a) folie 4: *Janvier* – zderzenie pawilonu z zabudową historyczną; b,d) folie 7: *Antenne de Secours*; c) folie 19: *Kiosque à Musique*; e) folie 8: *Café*; f) folie 11: *Folie du Charolais* – kręte schody pozbawione funkcji użytkowej; g) pawilony parkowe na osi zadaszonego pasażu *Galerie de la Villette*.

Źródło: fot. autora (2006)

Ryc. 11. Dążenie do wysokiej złożoności formy w twórczości amerykańskiego architekta Petera Eisenmana na przełomie lat 80. i 90.: a, b) model niezrealizowanego projektu rozbudowy oddziału Biozentrum uniwersytetu we Frankfurcie nad Menem, 1987; c) budynek biurowy korporacji Nunotani w Tokio, 1990-1992; d) wejście do biurowca Nunotani.

Źródło:

a) Norris-Benjamin 1993, s. 28
b) Ciorra 1995, s. 113
c) ibidem, s. 174
d) ibidem, s. 175

Ryc. 12. Studium formy biurowca korporacji Nunotani w Tokio (patrz: ryc. 11c,d). Przedstawiony tutaj autorski diagram Petera Eisenmana ilustruje zasadę uzyskiwania złożonej bryły obiektu – w rzucie poziomym (powyżej) oraz w elewacji (poniżej). Metoda oparta jest o zasadę rozbicia i ponownego scalania formy (por. ryc. 8), gdzie formy cząstkowe wzajemnie się przenikają.

Źródło: opr. autora (2005, odrys) – na podstawie Ciorra 1995, s. 28

Ryc. 13. Zastosowanie metody rozbicia w komponowaniu bryły biurowca firmy Koizumi Sangyo w Tokio, proj. Peter Eisenman, 1988-1990: a-b) autorska analiza budowy formalnej narożnika obiektu, c) studium narożnika w modelu Petera Eisenmana; d) widok roboczy symulacji (a-b) w programie *MODEL* (opis w tekście i przypisie); e) widok biurowca z poziomu ulicy.

Źródło:

a-b) opr. autora (1998) – symulacja w programie *MODEL* (→ zał., program A). Materiał został zaprezentowany przez autora na konferencji *8-th ICECCDG* w Austin, USA w 1998 r.

c) Arquite.com → <http://www.geocities.com/arquite/peter/peterkb.html> (→ <http://arquite.com/>)

d) opr. autora (1998) – jak wyżek (a-b)

e) [pushpullbar]² architecture + design forum → <http://www.pushpullbar.com/forums/japan/>

Ryc. 14. Różnorodne interpretacje twórcze idei rozbicia formy w architekturze dekonstrukcji: a, b) multikino UFA Palast w Dreźnie, proj. grupy Coop Himmelb(l)au (Wolf D. Prix, Helmut Swiczinsky), 1993-1998; c) UFA Palast – widok wnętrza głównego hallu; d) zespół mieszkalny Spittelauer Lände we Wiedniu, proj. Zaha Hadid, 1994-2005; e) Spittelauer Lände – widok wzdłuż historycznego wiaduktu; f-g) Muzeum Żydowskie w Berlinie, proj. Daniel Libeskind, 1988-1999, h) Muzeum Żydowskie – widok wnętrza obiektu wzdłuż głównej osi komunikacyjnej, tzw. Schodów Nieskończoności.

Źródło: fot. autora (2005-2006)

Ryc. 15. Schemat ilustrujący zasadę kształtowania formy poprzez zastosowanie deformacji. Kolejne kompozycje powstają jedna z drugiej, w wyniku powielania określonego przekształcenia geometrycznego. W toku symulacji wzrasta złożoność uzyskiwanych form. Identyczne elementy składowe formy wyjściowej (36 kwadratów) ulegają zróżnicowaniu. W ostatnim etapie symulacji zacierają się również ortogonalna struktura ich układu. Wyznacznikiem przedstawionej metody jest operowanie całością formy – z zachowaniem struktury jej składników (tutaj: ilości oraz relacji wzajemnych jej elementów składowych).

Źródło: opr. autora (2007)

Ryc. 16. Rysunki opracowane przez D'Arcy Thompsona i opublikowane w 1917 roku, w jego kluczowej książce: *On Growth and Form (o wzroście i o formie)*, tłum. autora). Angielski biolog i matematyk wykazywał wzajemne pokrewieństwo, różnych form organicznych poprzez (topologiczną) deformację opisanych na nich siatek modularnych. Przedstawiona tu analiza dotyczy skorupiaków (*crustacea*). Istotnym aspektem jest obserwacja odwrotna, tzn. że stosowanie deformacji topologicznej może prowadzić do uzyskiwania znacząco odmiennych form.

Źródło: Lynn 1999, s. 27 (przedruk z Thompson DA, *On Growth and Form*, Dover, NY 1992)

Ryc. 17. Trójwymiarowa deformacja prostopadłościanu (z zastosowaniem programów komputerowych opracowanych przez autora, opis w tekście) (...). Pod względem topologicznym wszystkie formy na ilustracji są homeomorficzne (można je wzajemnie przekształcać w sposób ciągły bez rozbijania ich struktury). Analogicznie do prostopadłościanu, każda z nich ma: 8 wierzchołków, 12 krzywiznowych krawędzi i 6 ścian w kształcie odrębnych powierzchni.

Źródło: opr. autora (2006) z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 8

Ryc. 18. Zwrot od dekonstrukcji ku deformacji w twórczości arch. Zaha Hadid (por. ryc. 9) – wybrane modele projektów autorki spośród prezentowanych na wystawie *Forest of Towers* w Londynie, w 2006 roku: a) Dancing Towers, Dubai (proj. 2006); b) Hotel Tower w Hamburgu; c) wioska olimpijska w Nowym Jorku (proj. 2004, niezrealizowany); d) Soho China Tower w Pekinie (proj. 2004); e) olimpijskie centrum sportów wodnych w Londynie (proj. 2005, w trakcie realizacji); f) mediateka w Peuu we Francji (proj. 2004, niezrealizowany); g) Dubai Opera House (proj. 2006).

Źródło:

zestawienie autora na podstawie materiałów Kenny Schachter / Rove
→<http://www.rovetv.net/zh2-index.html>

Ryc. 19. Pionierskie przykłady stosowania deformacji w wybranych projektach Petera Eisenmana na początku lat 90.: projekt Max-Reinhardt-Haus w Berlinie przy Friedrichstrasse nad Sprewą, 1992 – hotel z szeregiem funkcji towarzyszących (po lewej); plan osiedla Rebstockpark we Frankfurcie nad Menem, z 1990 roku realizowany od 2002 roku (po prawej). Obie prace powstały m.in. na bazie inspiracji filozofią Gilles’a Deleuze’a i miały istotny wpływ dla kształtowania nurtu fałdowania w architekturze (...)

Źródło:

Po lewej Ciorra 1995, s. 202;

Po prawej Rebstock Projektgesellschaft mbH

→http://www.rebstockpark-ffm.de/rebstockpark_eisenman.htm

Ryc. 20. Łączenie przestrzeni i zacieranie granic formalnych w wybranych współczesnych realizacjach architektonicznych: a) Rozbudowa Muzeum Ordrupgaard w Kopenhadze, proj. Zaha Hadid, 2001-2005 – charakterystyczny widok bryły; b) – zawinięcie przestrzeni zewnętrznej do wnętrza obiektu; c) – widok tej fałdy od zewnątrz; d) *Wyspa na rzece Mur (Murinsel)* w Grazu (Austria), proj. Vito Acconci, 2003 – widok ogólny założenia; e) – widok z centralnej części obiektu, przy małym amfiteatrze; f) – spiralne zawinięcie formy w widoku panoramicznym z kładki pieszej.

Źródło:

a-c) fot. autora (2008)

d-g) fot. autora (2006)

Ryc. 21. Kumulacja wielu odrębnych deformacji w jednym obiekcie, charakterystyczna dla twórczości arch. Franka O. Gehry’ego, na przykładzie Muzeum Fundacji Guggenheima w Bilbao, 1991-1997: a) widok z mostu nad rzeką Nervion; b) charakterystyczne ujęcie obiektu z drugiego brzegu rzeki; c,d,e,f) wybrane kadry ukazujące wysublimowaną *grę* powierzchni wyznaczających bryłę obiektu.

Źródło: fot. autora (2006)

Ryc. 22. Całkowita niepowtarzalność kształtów elementów budowlanych jako konsekwencja stosowania deformacji w projektowaniu formy oraz przełamywanie wynikających z tego barier technologicznych (z użyciem technik CNC) – na przykładzie realizacji 4 stacji kolejki linowej w Innsbrucku (Nordpark), proj. Zaha Hadid, 2004-2007, współpraca przy wykonaniu Design-to-Production (arch. Fabian Scheurer): a) charakterystyczne szklane zadaszzenia; b,c) konstrukcja zadaszzeń (stacja Löwenhaus w trakcie budowy); d) jeden z ok. 2500 polietylenowych profili do mocowania tafli szkła (każdy o innym kształcie) – na etykietce zamieszczony jest odpowiedni kod określający miejsce montażu oraz widok aksonometryczny konkretnego elementu; e) paleta zawierająca ok. 320 profili (1/8 wszystkich profili użytych w 4 stacjach).

Źródło:

Design-to-Production →<http://www.designtoproduction.ch/content/view/9/33/>
(część ilustracji dostępna też w: *From Control to Design* 2008, s. 180-185)

Ryc. 23. Projektowanie deformacji z zastosowaniem komputerowej metody modelowania parametrycznego (wybrane przykłady): a) Dom Zdrojowy w Sopocie (niezrealizowany), proj. opracowany we współpracy autora z zespołem APA URBICON Sp. z o.o., 1996; b) salon samochodowy firmy Hessing przy autostradzie pod Utrechtlem zintegrowany z barierą akustyczną, proj. holenderskiej firmy ONL (arch. Kas Oosterhuis, Ilona Lenard), 2004-2006 – widok wnętrza obiektu; c) – parametryczne modelowanie złożonej formy obiektu.

Źródło:

a) opr. autora (1996) – modelowanie formy Domu Zdrojowego w autorskim programie *MODEL* (→ **zał., program 11 / program A**). Materiał był prezentowany przez autora na: konferencji *7-th ICECCDG* w Krakowie w 1996 r.; konferencji *CAD Creativeness* w Białymstoku w 1996 r.; sympozjum PAN w Rybnej w 1999 r. oraz – został opublikowany (w zbliżonej formie) w: Rubinowicz 1996, s. 212; Paszkowski, Rubinowicz 1996, s. 33; Paszkowski 1997, s. 60; Rubinowicz 1999, "Komputer w procesie kształcenia ...", s. 157

b-c) ONL Architecture →<http://www.oosterhuis.nl> | ...building processes →2005:Hessing Cockpit

Ryc. 24. Komputerowe modelowanie blobów: a) Embryological House, proj. teoretyczny Grega Lynna, 1998; b-d) symulacja komputerowa ilustrująca zasadę konstruowania blobów. Symulacja (b-d) została wykonana z użyciem programu *Bryce 5.5* – umożliwiającego stosowanie obiektów typu *meta-ball*. Uzyskana w toku symulacji forma wynikowa (d) jest wyraźnie jednorodna i nie można, w precyzyjny sposób, wyodrębnić określonych jej części.

Źródło:

a) Greg Lynn Form (www.glform.com) →<http://www.embryological.com/>

b-d) opr. autora z użyciem programu *Bryce 5.5* (2009)

Ryc. 25. Architektura blobów jako podzbiór rozwiązań formalnych możliwych do uzyskania w wyniku stosowania deformacji – na przykładzie Kunsthausu w Grazu (muzeum sztuki współczesnej), proj. Peter Cook, Colina Fournier, 2001-2003: a) widok zdeformowanej powierzchni obiektu; b,c) awangardowa forma architektoniczna w jej kontekście urbanistycznym (ekspozycja ze wzgórza zamkowego); d) styk blobu z płaską ścianą zewnętrzną w parterach; e,f) fragmenty blobu na tle zabudowy historycznej.

Źródło: fot. autora (2006)

Ryc. 26. Schemat ilustrujący zasadę kształtowania formy poprzez zastosowanie metody rozproszenia. Powyżej: rozproszenie polegające na zmianie położenia i obrocie poszczególnych elementów składowych formy. W pierwszym etapie ortogonalna struktura układu wyjściowego jest jeszcze czytelna. W kolejnych, wyraźnie wzrasta złożoność uzyskiwanych kompozycji. Poniżej: rozproszenie formy polegające na zmianie koloru elementów z zachowaniem stałego ich położenia (szerszy opis w tekście). Ubywają tak elementy, kolejno: 2, 8, 16 i 32. Formy rozproszone powstają w dwóch ostatnich etapach konstrukcji.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 9**

Ryc. 27. Samoczynne rozproszenie formy jako naturalna cecha przemian przestrzeni zbudowanej, na przykładzie analiz kompozycji elewacji jednej z kamienic w historycznej części Barcelony (przy Carrer d'En Robador): a) fot. kamienicy z 1995 roku; b) uporządkowana kompozycja elewacji wynikająca z projektu; c) komputerowa analiza zdjęcia (rozgraniczanie obszarów o zbliżonym gradientie szarości), wykazująca faktycznie postrzeganą złożoność.

Źródło:

opr. autora (2000) – do symulacji wykorzystano zdjęcie z materiałów konkursu UIA'96. Materiał był prezentowany na konferencji *9-th ICGG* w Johannesburgu, RPA w 2000 r.– został opublikowany (w zbliżonej formie) w: Rubinowicz 2000, "Chaos and Geometric Order...", s. 202

Ryc. 28. Budynek Wyższej Szkoły Sztuki i Projektowania w Toronto jako przykład formy rozproszonej statycznej; (Ontario College of Art & Design: OCAD – Sharp Centre for Design), proj. SMC Alsop Architects (arch. William Alsop), 2004. Rozproszenie uwidacznia się tu w sposobie zaprojektowania powierzchni obiektu. Charakterystyczny wzór uzyskany jest poprzez zastosowanie czarnych i białych paneli z blachy falistej oraz losowe rozmieszczenie otworów okiennych.

Źródło: Alsop Architects → <http://www.alsoparchitects.com/> | szukaj: *Sharp Centre*

Ryc. 29. Zastosowanie metody rozproszenia w kompozycji elewacji biurowca Torre Agbar, proj. Jean Nouvel, 1999-2006 (uzyskane przez losowe rozmieszczenie okien, odpowiednią kolorystykę oraz dodatkową warstwę zewnętrznych łamaczy światła o stałych ustawieniach): a) widok wieżowca; b) zbliżenie ilustrujące fluktuacje szklanych paneli; c) zbliżenie fragmentu elewacji budynku; d) przezroczyste i matowe panele szklane rozpraszające światło słoneczne; e) widok wnętrza holu wejściowego; f) aranżacja przestrzeni publicznej przy obiekcie poprzez zastosowanie losowego rozmieszczenie siedzisk.

Źródło: fot. autora (2006)

Ryc. 30. Zastosowanie dynamicznego rozproszenia w kształtowaniu współczesnych elewacji. Powyżej: Biblioteka Narodowa w Paryżu, proj. arch. Dominique Perrault, 1989-1996. Poniżej: Biurowiec Cœur Défense, Paryż (dzielnica La Défense), proj. arch. Jean-Paul Viguier, 1992-2001. W obu przykładach zastosowanie prostych zabiegów formalnych wprowadza nowy wątek kompozycyjny, przełamujący monotonię płaszczyzn elewacji. W Bibliotece Narodowej użyto drewnianych, obrotowych przesłon o wysokości całej kondygnacji. W biurowcu Cœur Défense zastosowano typowe białe żaluzje.

Źródło: fot. autora (2006)

Ryc. 31. Mobilne elewacje – jako przykłady dynamicznych form rozproszonych: a-c) kamienica przy ulicy Rue des Suisses w Paryżu, proj. HdeM (arch. Jacques Herzog, Pierre de Meuron), 1995-2000; d-f) Carabanchel Social Housing pod Madrytem, proj. FOA (arch. Farshid Moussavi i Alejandro Zaera Polo), 2007. Pierwszy obiekt (a-c) został zaprojektowany w taki sposób, by w nadać jak największe znaczenie formalne różnorodnym ustawieniom przesłon. Gdy wszystkie one są ściśle zasunięte elewacja tworzy jednorodną, płaską powierzchnię (...)

Źródło:

a-c) fot. autora (2006)

d-e) MIMOA online → <http://www.mimoa.eu/> | szukaj: *Carabanchel*

f) FLICKR Ettubrute's photostream → <http://www.flickr.com/photos/ettubrute/with/2834810356/>

Ryc. 32. Wybrane przykłady stosowania przestrzennych form rozproszonych w architekturze współczesnej. Powyżej: teoretyczna koncepcja cmentarza na wyspie Grodzkiej w Szczecinie, proj. autora z 1997/04 – wizualizacja fragmentu założenia (po lewej); schemat kompozycji, ilustrujący zasadę losowego układu 3500 betonowych płyt nagrobnych (po prawej). Poniżej: Pomnik Holokaustu w Berlinie (pełna, oficjalna nazwa: Pomnik Pomordowanych Żydów Europy), proj. arch. Petera Eisenmana i Richarda Serry, 1997/11-2005.

Źródło:

Powyżej opr. autora (1997) z użyciem programu *MODEL* (→ **zał., program A**). Materiał był prezentowany przez autora na: konferencji *8-th ICECCDG* w Austin w 1998 r.; sympozjum PAN w Rybnej w 1999 r.; sesji naukowej PAN: *Architektura – sztuka, umiejętność, nauka* w Krakowie w 1999 r. oraz – został opublikowany w: Rubinowicz 1998, s. 84-85 (zbliżona forma); Rubinowicz 1999, "Komputer w procesie kształcenia ...", s. 157; Rubinowicz 1999, "Nauka o chaosie...", s. 84

Poniżej fot. autora (2005)

Ryc. 33. Rozwinięcie fragmentu elewacji biurowca Torre Agbar w Barcelonie z wyróżnieniem układów otworów okiennych. Stopień ich *zaęszczenia* jest zróżnicowany i zależy od nasłonecznienia – po północnej stronie elewacji jest większy (lewa część rysunku) niż od południa (prawa część).

Źródło:

opr. autora (2008) na podstawie dokumentacji technicznej udostępnionej przez Ateliers Jean Nouvel →<http://www.jeannouvel.com/> | ...Torre Agbar →Drawings →Interior Elevation

Ryc. 34. Pawilon polski na wystawę Expo2000 w Hanowerze, projekt współautorski opracowany w zespole Autorskiej Pracowni Architektonicznej URBICON Sp. z o.o. w Szczecinie, 1999.: plan sytuacyjny (po lewej); rzut przyziemia (po prawej). Zastosowanie lekkiej konstrukcji i maksymalnych przeszkleń miało na celu eksponowanie głównego wątku formalnego – zmiennych układów przesłon na elewacjach oraz na dachu pawilonu, tworzących kompozycje rozproszone (patrz ryc. 35).

Źródło: rysunki z plansz konkursowych – projekt współautorski (1999)

Ryc. 35. Zastosowanie metody rozproszenia w praktyce projektowej (autora) w koncepcji pawilonu polskiego na wystawę Expo2000 w Hanowerze: rzuty fragmentu dachu (powyżej), widoki z poziomu z kolejki linowej 'Sky Line' (poniżej). Ilustracja przedstawia sekwencję różnych układów formalnych tworzonych przez system regulowanych automatycznie i sterowanych komputerowo przesłon. Forma obiektu zdefiniowana została jako odpowiedni model parametrycznych, pozwalający na symulację efektu rozproszenia i animację zmienności formy w czasie.

Źródło: opr. autora (1999-2000) – w *MODEL* (→ zał., program 12 / program A)

Ryc. 36. Symulacja przestrzennych form rozproszonych z zastosowaniem programu *MODEL*: a) roboczy podgląd przykładowej symulacji w oknie programu; b) modelowanie formy pawilonu polskiego na wystawę EXPO2000 (metoda rozproszenia); c-e) kolejne sekwencje rozproszenia uporządkowanej kompozycji przestrzennej (zmiana położenia i proporcji elementów składowych).

Źródło: opr. autora (1998-1999) – w programie autorskim *MODEL* (→ zał., program A). Materiał był prezentowany przez autora na konferencji *8-th ICECCDG* w Austin, USA w 1998 r.

Ryc.37. Wybrane przykłady kształtowania form złożonych według porządku wyższego rzędu (omówione w części teoretyczno-aplikacyjnej). Konstrukcja jest ściśle określona za pomocą przedstawionej reguły (patrz rozdziały 3.2, 3.3, 3.4). Na ilustracji: a) wybrane powiększenie Zbioru Mandelbrota; b) symulacja automatu komórkowego; c) symulacja elewacji Federation Square w Melbourne (proj. Lab A-S). Źródło: opr. autora

Źródło: opr. autora (2009)

Ryc. 38. Wykresy szeregów czasowych równania logistycznego $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$: a) ciąg stabilizujący się w pojedynczym punkcie ($a = 2.0$), b) ciąg oscylujący między dwoma punktami ($a = 3.2$), c) ciąg chaotyczny ($a = 4.0$). Symulacja przeprowadzona została dla 10 wartości wyrazu początkowego x_0 . Wyniki analizy prowadzą do następujących wniosków: Po pierwsze, w ramach jednego modelu matematycznego zaobserwować można zarówno zachowania uporządkowane jak i chaotyczne (w badanym równaniu rodzaj zachowania jest zależny wyłącznie od wartości pojedynczego parametru). Po drugie, analiza stanowi empiryczny dowód istnienia chaosu deterministycznego. Oznacza to, że za pomocą prostej formuły matematycznej można opisać nieskończenie złożone zjawisko dynamiczne lub kompozycję przestrzenną.

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 2

Ryc. 39. Diagram bifurkacyjny Feigenbauma jako matematyczna droga od porządku do chaosu. Diagram stał się jednym z najważniejszych symboli teorii chaosu. Przedstawia zachowanie iteracji funkcji kwadratowej opisanej wzorem $x \rightarrow ax(1-x)$ w zależności od wartości parametru a : a) symulacja diagramu dla przedziału od 1,0 do 4,0; b) symulacja diagramu dla przedziału od 3,5 do 4,0. Oznaczenia: F – punkt Feigenbauma (3,5699456...) rozgraniczający obszar dynamiki chaotycznej; $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ – punkty gwałtownych przejść ze stanu chaotycznego do regularnego (stan ustalony opisany jest kilkoma odosobnionymi punktami).

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 1**

Ryc. 40. Sekwencja powiększeń diagramu Feigenbauma: a) wybrany fragmenty diagramu; b, c, d) kolejne powiększenia (uwzględniające afiniczną deformację obrazu). Przedstawiona na ilustracji analiza prezentuje nieskończoną złożoność diagramu oraz pewne cechy samopodobieństwa – widoczne między rysunkami b) i d) oraz a) i c). Samopodobieństwo to, nie jest równie ścisłe, jak w przypadku np. trójkąta Sierpińskiego, jednak wyraźne są wspólne cechy kompozycyjne wszystkich przedstawionych tu powiększeń diagramu.

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 1**

Ryc. 41. Atraktor Lorenza (obrazujący badanie zjawiska konwekcji w atmosferze): a, b, c) wybrane widoki wyniku symulacji (forma przestrzenna); d, e) powiększenie fragmentu – zagęszczanie orbit. Na ilustracji nałożono wyniki symulacji dla minimalnie różnych wartości stanu wyjściowego (A – kolor czarny i B – kolor niebieski). W toku symulacji stan chwilowy zmienia się diametralnie (pot. A_2, B_2), co obrazuje wrażliwość układów deterministycznych na nawet nieznaczną zmianę warunków początkowych.

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 3**

Ryc. 42. Wizualizacje wybranych zbiorów Julii ukazujące złożoność matematycznych form fraktalnych oraz pewne cechy ich samopodobieństwa: a) spójny zbiór Julii ($c = -0.5 + 0.5i$), c) niespójny zbiór Julii ($c = -0.55 + 0.5i$), b, d) powiększenia fragmentów zbiorów z ryc. a, c; d) inny przykład zbioru Julii ($c = -0.260153 - 0.002015i$).

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 1**

Ryc. 43. Zbiór Mandelbrota jako narzędzie systematyki rodziny zbiorów Julii: a, b) wizualizacje 750 zbiorów różnych Julii, ułożone w zależności od wartości parametru zespolonego c , ukazują uproszczony obraz zbioru Mandelbrota; c) wizualizacja zbioru Mandelbrota. Dla zerowej wartości parametru c obraz zbiór Julii zamyka się w idealnym okręgu. Złożoność kształtu zbiorów Julii rośnie w miarę 'zbliżania się' do krawędzi zbioru Mandelbrota.

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 1**

Ryc. 44. Wizualizacje fragmentów zbioru Mandelbrota ilustrujące złożoność i różnorodność uformowań fraktalnych.

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 1**

Ryc. 45. Zestawienie form fraktalnych – ukształtowanej naturalnie i zdefiniowanej matematycznie. Zdjęcie satelitarne rozlewiska Nilu w południowym Egipcie na granicy z Sudanem – szerokość kadru 20km (po lewej) oraz symulacja wybranego fragmentu zbioru Mandelbrota (po prawej).

Źródło:

Po lewej Google Maps

Po prawej opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich prog. → **zał., program 1**

Ryc. 46. Przykład matematycznej transformacji zbioru Mandelbrota opisanej wzorem $z \rightarrow z^2 + ac$ (gdzie a jest dodatkowym parametrem rzeczywistym). Dla parametru $a = 0$ zbiór zamyka się w idealnym okręgu, dla parametru $a = 1$ – jest równoważny zbiorowi Mandelbrota.

Źródło: opr. autora (2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 1**

Ryc. 47. Zasada generowania form fraktalnych za pomocą metody IFS. Zastosowany w tym przypadku schemat kopiowania (schemat IFS) opisuje budowę jednego z najprostszych fraktali – trójkąta Sierpińskiego. Konstrukcja ma postać sekwencji, w ramach której powstają kolejne generacje formy.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 48. Generowanie trójwymiarowych form fraktalnych – oparte na analogicznej zasadzie jak ta, przedstawiona na poprzedniej ilustracji (ryc. 47). Wizualizacja ‘przestrzennej wersji’ trójkąta Sierpińskiego oraz schemat jej formowania (IFS). Dalsze badania prowadzone zostały dla form dwuwymiarowych (celem uzyskania większej czytelności wyników). Omawiana metoda pozwala jednak na analogiczne kształtowanie form w przestrzeni trójwymiarowej.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 49. Wybrane ‘klasyczne’ metody kształtowania kompozycji – zapisane za pomocą schematów kopiowania (IFS): a) rytm jednowymiarowy, b) symetria osiowa, c) proporcje, d) rytm dwuwymiarowy, e) symetria środkowa. Przedstawione symulacje dowodzą uniwersalnych cech analizowanej metody. Klasycznie rozumiany porządek i (prezentowany w pracy) porządek wyższego rzędu opisane mogą być za pomocą tych samych narzędzi (podobnie jak obszary stabilne i chaotyczne diagramu bifurkacyjnego Feigenbauma są wynikiem analizy jednego równania – por. ryc. 39).

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 50. Formy uporządkowane w sposób klasyczny oraz – według porządku wyższego rzędu: a) ‘klasycznie’ rozumiany porządek, w którym proces formowania jest łatwo rozpoznawalny; b, c, d) porządek wyższego rzędu zmierzający do konstruowania form fraktalnych (o wysokiej złożoności). We wszystkich przykładach ilość informacji potrzebna do zapisania procesu konstrukcji jest podobna i relatywnie niska. Dla każdego przykładu (a, b, c, d) przedstawiona została następująca sekwencja: forma wyjściowa – schemat formowania – cztery cykle przekształceń – atraktor formy.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 51. Powiększenia wybranych form, których definicję i zasadę konstrukcji przedstawiono na poprzedniej ilustracji (porównaj: ryc. 50 a, b, d). Kolejno od lewej: forma uporządkowana klasycznie i dwie różne formy fraktalne. Ilustracja obrazuje ‘wrażliwość’ tworzonych układów na zmianę reguły konstrukcji. We wszystkich przykładach reguły są zbliżone, natomiast uzyskiwane formy – zupełnie różne. Relacja między metodą formowania a uzyskanym efektem jest trudna do intuicyjnego rozpoznania. Ma to istotne znaczenie w projektowaniu form fraktalnych.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 52. Złożoność i samopodobieństwo form fraktalnych. Przedstawione kompozycje łączą się odpowiednio w sekwencje tworząc trzy ‘rodziny’ (A-1...A-6, B-1...B-6, C-1...C-6). Stopień złożoności kolejnych pokoleń form w każdej z rodzin jest coraz większy. Przykładowo forma C-1 składa się z 4 elementów a forma C-6 – z ponad 4 tysięcy. W sensie matematycznym za fraktalne uznać można jedynie formy nieskończenie złożone, czyli w tym przypadku A-n, B-n, C-n, gdzie $n \rightarrow \infty$. Jednak samopodobieństwo jest czytelne już w A-2, B-2, C-2.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 53. Przykład uporządkowania wyższego rzędu – powiększenie fragmentu formy C-6 przedstawionej na poprzedniej ilustracji (ryc. 52). Mimo zachowania prostego i ściśle deterministycznego określenia geometrycznej reguły konstrukcji, obserwujemy bardzo wysoką złożoność uzyskanej formy. Jednocześnie jest ona wyraźnie odmienna od tej, przedstawionej w (...) na ryc. 51.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 54. Zasada ewolucji dwuwymiarowych automatów komórkowych (CA): losowy stan wyjściowy dla układu 60 komórek (po lewej), pierwszy krok transformacji wg tzw. reguły większości (po prawej). W wyniku lokalnego oddziaływania opartego o reguły sąsiedztwa – forma ulega samoorganizacji.

Źródło: opr. autora (2001) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 5**

Ryc. 55. Konstruowanie form wg porządku wyższego rzędu w modelu emergentnym. Ewolucja prostego automatu komórkowego, który z trzech jednokomórkowych „zarodków” buduje niezwykle złożoną i skomplikowaną kompozycję (il. na dole, po prawej stronie). Konstrukcja oparta jest jednak o prosty, uporządkowany i ściśle deterministyczny proces formowania. Na rysunku, kolejno (od góry i od lewej strony): stan wyjściowy automatu; 5-ta iteracja – rozwój trzech niezależnych ognisk; 11-ta iteracja – wzajemne oddziaływania ognisk; 19-ta iteracja – przenikanie ognisk powodujące wzrost złożoności centralnej części kompozycji; 37 iteracja – przeważają swobodne formy, widoczne jest jedynie „echo” wokół trzech pierwotnych ognisk oraz (na obrzeżach) lokalne symetrie i powtórzenia; 93 iteracja – kompozycja chaotyczna, bezpostaciowa, choć zrównoważona, bez zauważalnych symetrii oraz bez powtórzeń.

Źródło: opr. autora (2000) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 5**

Ryc. 56. Interpretacja przestrzeni miasta jako systemu emergentnego (sieci sprzężonych i wzajemnie oddziaływujących ‘komórek’) oraz podobieństwo struktur miejskich i tych – kształtowanych przez przyrodę lub symulowanych komputerowo: a) podział centrum Szczecina na jednostki krajo-brazowo-urbanistyczne; b) analiza intensywności zabudowy Szczecina z podziałem na umowne jednostki terenowe; c) kwartał jako odrębna ‘komórka’, która organizuje zabudowę; d) wzory z piasku morskiego tworzące się na powierzchni morza Bałtyckiego; e) zabudowa Londynu z 1939 roku – fragment miasta; f) kompozycja wygenerowana przez automat komórkowy.

Źródło:

a,b) opr. autora (2005)

c) Google Maps

d) fot. autora (2000)

e) Batty, Longley 1994, s. 239

f) opr. autora (2000) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 5**

Ryc. 57. Wybrane symulacje ewolucji dwuwymiarowych automatów komórkowych: a) wzrost złożonej kompozycji symetrycznej (stan wyjściowy oraz iteracje 5, 40, 55, 80); b) samoorganizacja losowo rozproszonej struktury komórek w oparciu o tzw. regułę większości (stan wyjściowy – iteracje 1, 2, 5, 10, 15); c) przekształcenie regularnej kompozycji 9-ciu kwadratów w strukturę ‘organiczną’ (stan wyjściowy – iteracje 1, 15, 30, 60, 90).

Źródło: opr. autora (2000) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 5**

Ryc. 58. Zasada ewolucji jednowymiarowych automatów komórkowych jako teoretyczny model konstrukcji formy: a), c) przykład generowania formy według określonej reguły; b), d) zapis procesu formowania dla kolejnych 13 kroków konstrukcji. Pierwsza forma (b) jest prosta i uporządkowana, druga (d) – nieregularna. Jednak w obu przykładach reguła formowania ma identyczny stopień złożoności.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 4**

Ryc. 59. Ewolucja jednowymiarowego automatu komórkowego według reguły przedstawionej na poprzednim rysunku (ryc.58c,d). Forma wyjściowa opisana jest przez pojedynczą komórkę. Symulacja obejmuje 300 kroków konstrukcji. Kolorem wyróżniony został obszar chaotyczny.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 4**

Ryc. 60. Badanie zależności między klasycznym uporządkowaniem i porządkiem wyższego rzędu – na przykładzie komputerowej symulacji procesu ewolucji jednowymiarowych automatów komórkowych (najprostszy typ jednostanowy, oparty o badanie tylko najbliższego sąsiedztwa – por. Wolfram 2003, s. 55-56). W analizowanym modelu, ilość możliwych reguł (a więc sposób formowania) jest ograniczona i wynosi dokładnie 256. Niniejsze zestawienie (ilustracja kontynuowana jest na następnym stronie) wyczerpuje wszystkie te możliwości. (...)

Źródło:

opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 4**

Symulacja weryfikuje założenia badań Stephena Wolframa – porównaj Wolfram 2003, s. 55-56

Ryc. 61. Widok elewacji jednego z budynków kompleksu 'Federation Square'.

Źródło: *10x10_1*, s. 219

Ryc. 62. Federation Square w Melbourne – widok założenia architektoniczno-urbanistycznego, proj. Lab Architecture Studio (arch. Donald Bates, arch. Peter Davidson), 1997-2003.

Źródło: fot. T. Saunders

→http://top-city-photos.com/melbourne_city_photographs.htm (Internet 2007)

Ryc. 63. Kompozycja elewacji Federation Square – oparta o zasadę matematycznego podziału tzw. *pinwheel tiling* (opis w tekście): a) widok fragmentu elewacji jednego z budynków należących do kompleksu; b) obrys elewacji, ukazujący jej wizualną złożoność; c, d, e) zasada konstrukcji (oparta na podziale trójkąta na 5 mniejszych, o identycznych proporcjach).

Źródło:

a) fot. Radin →<http://www.ma.utexas.edu/users/radin/federation/fig-8.jpg> (Internet 2007)

b-e) opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 64. Porządek wyższego rzędu (rozpoznany) w podziale elewacji Federation Square. Po lewej: obrys jej fragmentu, prezentujący wysoką złożoność wizualną kompozycji. Po prawej: interpretacja konstrukcji za pomocą schematu IFS (metoda omówiona w rozdziale 3.3). Skomplikowana forma jest jednoznacznie zdefiniowana za pomocą stosunkowo małej ilości informacji, zapisanej w schemacie.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 65. Modelowanie elewacji za pomocą specjalnie opracowanego programu (nakładka w języku LISP pod AutoCAD). Szerszy opis tego programu przedstawiony jest w załączniku (prog. nr 7). Umożliwia on automatyczne generowanie form fraktalnych w metodzie IFS.

Źródło: opr. autora (2005-2007) → **zał., program 7**

Ryc. 66. Przykłady 'przeprojektowania' kompozycji elewacji z zachowaniem porządku wyższego rzędu. Przedstawione sekwencje rysunków pokazują efekt nieznacznej zmiany schematu IFS, polegającej na odjęciu lub obróceniu jednego z jego elementów (ściślej – generatorów IFS).

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 67. Powiększenia wybranych form przedstawionych na poprzedniej ilustracji (rys. 65): a) kompozycja A-4, która odpowiada podziałowi elewacji Federation Square, b) kompozycja B-4, c) kompozycja K-4. Niewielka modyfikacja reguł budowy powoduje znaczące przeobrażenie uzyskanych form. Symulacje ilustrują przykładowy proces projektowania formy oparty na stosowaniu porządku wyższego rzędu. Proces taki ma znamiona eksperymentu, w którym relacja między schematem formowania a wynikiem, jest trudna do intuicyjnego rozpoznania – wymaga badania.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 7**

Ryc. 68. Cardiff Bay Opera House, proj. Greg Lynn (1994): a) wizualizacja fragmentu formy budynku, b) rzut trzeciego piętra.

Źródło:

- a) Lynn 1999, ilustracja z okładki
- b) ibidem, str. 100

Ryc. 69. Zasada kształtowania formy opery Cardiff oparta o metodę 'branchingu' – zainspirowanego fraktalną strukturą linii brzegowej Wielkiej Brytanii. Na ilustracji (począwszy od góry i od lewej) pokazane są kolejne przybliżenia wybrzeża. Zarys formy opery stanowi ich naturalną kontynuację.

Źródło: Lynn 1999, s. 84

Ryc. 70. Zasada kształtowania formy budynku w Cardiff – symulacje opracowane z zastosowaniem modelu fraktalnego: a) schemat IFS i kolejne etapy konstrukcji formy, b) przekształcenia formy poprzez nieznaczną modyfikację schematu (odbicie lustrzane generatora nr 2).

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 10

Ryc. 71. Formy fraktalne skonstruowane za pomocą metody 'branchingu' z uwzględnieniem czynnika losowego. Złożone i z pozoru swobodne kompozycje (podobnie jak symulacje opery w Cardiff) są wynikiem deterministycznej metody formowania – organizującej ściśle układ ponad 500 elementów w każdej z czterech form, przedstawionych na ilustracji.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 10

Ryc. 72. Symulacja formy opery w Cardiff z zastosowaniem ściśle deterministycznej reguły konstrukcji (uporządkowanie wyższego rzędu). Etap pierwszy – ustalanie schematu fraktalnego organizującego elementy składowe: a) zasada konstrukcji IFS; b) wstępna symulacja formy; c, d, e) przebudowa formy przez modyfikację jej schematu fraktalnego (odbicia lustrzane generatorów nr 1, nr 2).

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 10

Ryc. 73. Symulacja formy opery w Cardiff – etap drugi. Projektowanie kształtu elementów składowych, zrealizowane tutaj z zastosowaniem prostego modelu parametrycznego (technika ta została szerzej omówiona w części studialno-aplikacyjnej pracy, w rozdziale 2.4).

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 10

Ryc. 74. Symulacja formy opery w Cardiff – etap trzeci. Zastosowanie kształtu elementów składowych w układzie fraktalnym: a) cztery typy elementów wyjściowych (o przekroju 4-, 6-, 8- i 12-kąta); b) forma wynikowa. Dobór elementów odbywał się w sposób automatyczny, w zależności od ich wielkości. Przekrój 12-kątny występuje w największych elementach, a przekroje 4-kątne – w najmniejszych.

Źródło: opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 10

Ryc. 75. Cardiff Bay Opera House: a) oryginalna wizualizacja projektu konkursowego; b, c, d) symulacje opracowane z zastosowaniem ściśle deterministycznych reguł formowania (przedstawionych na poprzednich ilustracjach). Forma rozgałęzia się sześciokrotnie. Złożona jest ze 127 stopniowo zmniejszających się elementów. W projekcie Grega Lynna (a), ich układ został potraktowany bardziej swobodnie i podporządkowany programowi funkcjonalnemu obiektu. Niemniej cechy fraktalne budynku pozostały wyraźne, jak również pokrewieństwo względem symulacji (d). Układ elementów wydaje się być w znacznym stopniu swobodny, trudny do opisania i zapamiętania. W rzeczywistości wynika on z prostych, deterministycznych reguł formowania (zapisanych w programie komputerowym).

Źródło:

- a) Lynn 1999, s. 141
- b-d) opr. autora (2007) – z zastosowaniem autorskich programów → zał., program 10

Ryc. 76. *Habitat'67* w Montrealu, proj. arch. Moshe Safdie, światowa wystawa Expo 1967. Forma budynku mieszkalnego złożona jest z 354 modułów (boxów) – widok od strony rzeki.

Źródło: →<http://planetagadget.com/2007/10/09/habitat-67/> (Internet 2007)

Ryc. 77. *Habitat'67*: a) rozwinięcie aksonometryczne wybranego mieszkania, c) widok z wnętrza założenia, d) widok z jednego z tarasów.

Źródło (Internet 2008):

a) →http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkes/arch304/winter2001/czasz/EEB/eeb_a1p2.html

b) →http://www.greatbuildings.com/buildings/Habitat_67.html

c) →<http://www.space1999.net/~sorellarium13/habitat-67.htm>

Ryc. 78. Emulacja formy zbliżonej do bryły *Habitat'67*, za pomocą trójwymiarowego automatu komórkowego. Zasada konstrukcji została omówiona w rozdziale 3.4 (tyle że w tym przypadku dotyczy ona formy przestrzennej). Stan wyjściowy symulacji opisany był przez losowe ułożenie komórek. W kolejnych cyklach rozproszona struktura automatu uległa pewnej konsolidacji – komórki zorganizowały się w większe grupy. Choć uzyskana forma wydaje się być ukształtowana w sposób swobodny, w rzeczywistości jest wynikiem oddziaływania między komórkami opisanego wedle ściśle określonych reguł. Automat oparty jest o sieć złożoną z ok. 30 tys. komórek (matryca 31x31x31).

Źródło:

opr. autora (2000-2006) – z zastosowaniem autorskich programów → **zał., program 6**

Ryc. 79. Wybrane aspekty szerszej interpretacji pojęcia złożoności w architekturze: a-d) złożoność wynikająca z różnorodności zdarzeń występujących w przestrzeni zbudowanej; e-f) złożoność w przestrzeni wirtualnej. Kolejno: a) Piazza del Campo w Sienie, b) tenże plac w czasie *Palio delle contrade* po zakończeniu gonitwy konnej; c-d) Pomnik Holokaustu w Berlinie, proj. Petera Eisenmana (patrz ryc. 32) – jako forma generująca różnorodne zachowania zwiedzających; e) Virtual Trading Floor NYSE, proj. grupy Asymptote (1998-1999) – jako przykład pionierskiej realizacji architektonicznej w przestrzeni wirtualnej; f-g) *4DParis*, proj. arch. Marcosa Novaka (1997-1998) – wybrane widoki kompozycji zaprojektowanej w hiperprzestrzeni czterowymiarowej.

Źródło:

a) fot. autora (2006)

b) Agrituristica Palmerini S.r.L →<http://www.san-bernardino.it/new.htm>

c) fot. autora (2005)

d) ibidem

e) *10x10_1*, s. 62

f) ibidem, s. 286

Ryc. 80. Wynikowe zestawienie schematów kształtowania form złożonych w architekturze współczesnej, według (wyodrębnionych w pracy) metod: rozbicia, deformacji i rozproszenia. Niniejsza ilustracja stanowi syntezę schematów, przedstawionych wcześniej na ryc. 8, ryc. 15 i ryc. 26. Zostały one tu ujednoczone w taki sposób, by umożliwić lepsze porównanie prezentowanych metod formowania. W każdym z nich przyjęto identyczną formę wyjściową. Była ona kolejno rozbijana, deformowana i rozpraszana. Poszczególne działania doprowadziły do uzyskania wyraźnie odmiennych kompozycji o wysokiej złożoności.

Źródło: opr. autora (2008)

ZAŁĄCZNIK

Zestawienie autorskich programów komputerowych

W załączniku przedstawiono opis najistotniejszych programów komputerowych opracowanych przez autora i zastosowanych w niniejszej pracy doktorskiej (zarówno w badaniach studialno-analitycznych w rozdziale drugim, jak też szczególnie w części teoretyczno-aplikacyjnej, ujętej w rozdziale trzecim) Niektóre programy zostały opisane w odrębnych publikacjach krajowych i zagranicznych.

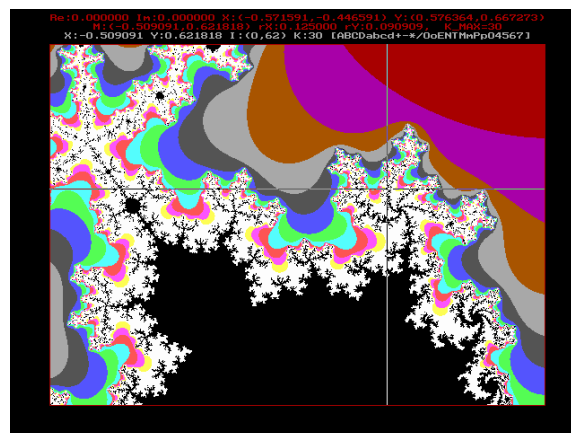
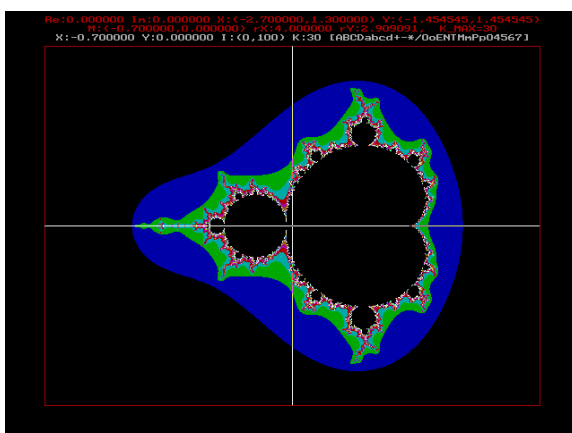
Zastosowanie omawianych programów było istotnym elementem przyjętej metody badawczej. Umożliwiły one przeprowadzenie niezbędnych analiz i symulacji dotyczących kształtowania formy w zakresie teoretycznym (np. generowanie form fraktalnych określanych formułą matematyczną), jak też – aplikacyjnym (np. modelowanie i analiza zrealizowanych przykładów projektowych). Sposób wykorzystania programów w badaniach został wyszczególniony dalej w ich opisie. Uzyskane wyniki wpłynęły znacząco na kształt przedstawionego wyводу oraz na formułowanie wniosków.

Programy zostały opracowane w celu realizacji konkretnych zadań badawczych. Wybrane, najistotniejsze efekty ich zastosowania przedstawiono w pracy na ilustracjach. Natomiast, na obecnym etapie publikacji i popularyzacji badań, celem nie było przygotowanie tych programów w formie, która umożliwiałaby ich upowszechnianie. Wynika to m.in. z ich techniczno-informatycznej specyfiki. W większości przypadków, programy były definiowane w jednolitym kodzie (w języku C++) wraz z warunkami wyjściowymi symulacji³³⁸.

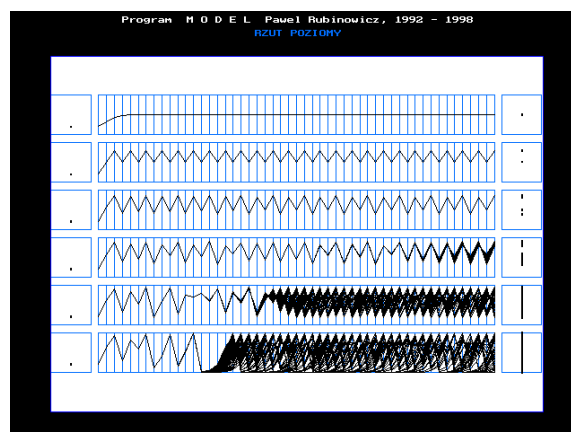
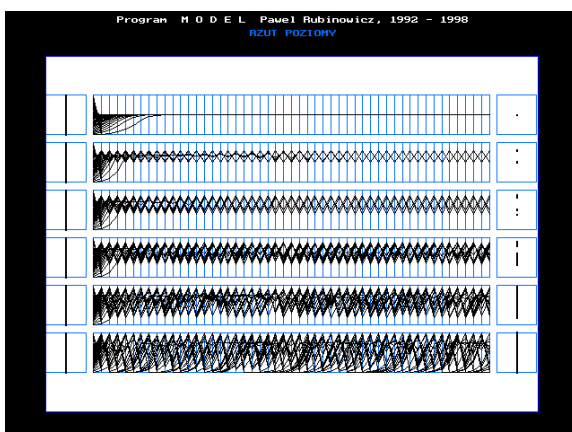
Większość programów wykorzystuje jako platformę ich konstrukcji inne aplikacje bazowe, opracowane w latach 90. przez głównego wykonawcę: MODEL (→ *program A*) i OBIEKT (→ *program B*). Wszystkie symulacje definiowane są wyłącznie w postaci kodu komputerowego. Dotyczy to także projektów architektonicznych³³⁹. Wyjątek stanowi *program 7*, umożliwiający tworzenie form fraktalnych metodą IFS (patrz: rozdział 3.3). Został on napisany w języku AutoLISP jako nakładka do popularnego programu AutoCAD. Odpowiednie schematy fraktalne mogą być więc rysowane z użyciem klasycznego interfejsu graficznego, co daje większą swobodę w ich definiowaniu. W pracy nie zamieszczono listingów zastosowanych programów, głównie z uwagi na ich objętość (łącznie ok. 450 stron).

³³⁸ Zmiana tych warunków wymagała więc każdorazowej modyfikacji kodu i rekompilacji programu.

³³⁹ Tzn.: studium Cardiff Bay Opera House wg proj. Grega Lynna (roz. 3.5 → *program 10*), dom zdrojowy w Sopocie – proj. współautorski (roz. 2.4 → *program 11*), pawilon polski na wystawę Expo2000 – proj. współautorski (roz. 2.5 → *program 12*), cmentarz na wyspie Grodzkiej – proj. autorski (roz. 2.5).

PROGRAM 1**Wizualizacje zbiorów Mandelbrota, Julii oraz diagramu Feigenbauma**
Opracowanie: P. Rubinowicz, 2005-2006

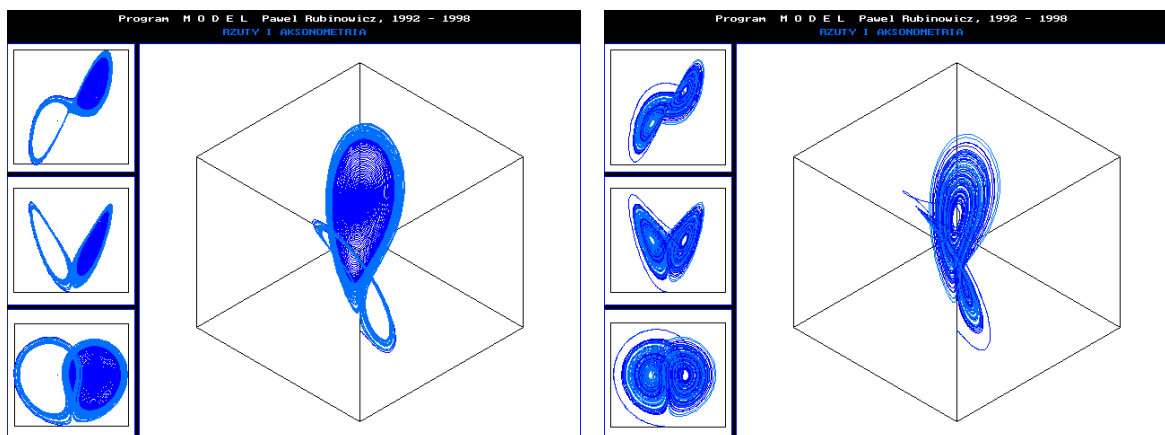
Ogólny opis programu	Program umożliwia generowanie wizualizacji zbioru Mandelbrota, zbiorów Julii (dla zadanych wartości parametru c określono w płaszczyźnie liczb zespolonych) oraz diagramu bifurkacyjnego Feigenbauma. Pozwala na interaktywne powiększanie wybranych fragmentów zbiorów i obszarów diagramu. Wizualizacje zapisywane mogą być w formie bitmapy o zadanej rozdzielczości. Program umożliwia także zapis odpowiednich matematycznych przekształceń zbiorów w formie sekwencji plików graficznych.
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w teoretycznej analizie kompozycji form fraktalnych w celu badania ich złożoności i cech samopodobieństwa. W badaniach istotne było analizowanie możliwości tworzenia złożonych kompozycji w oparciu o proste formuły matematyczne. Patrz → rozdział 3.2.
Parametry techniczne	<u>Język programowania:</u> C/C++ <u>Wymagane programy bazowe:</u> – Program MODEL → <i>Program A</i> – Generator plików BMP → <i>Program C</i> <u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u> – interaktywne wizualizacje zbiorów i diagramu – pojedyncze pliki graficzne w formacie BMP – sekwencje plików graficznych w formacie BMP

PROGRAM 2**Generowanie wykresów szeregów czasowych równania logistycznego**
Opracowanie: P. Rubinowicz, 1999-2006

Ogólny opis programu	Program umożliwia badanie iteracji równania kwadratowego opisanego wzorem: $x_{n+1} = ax_n(1 - x_n)$. Dla zadanych wartości parametru a i wyrazu początkowego x_0 generowane są kolejno: charakterystyka stanu wyjściowego, wykres szeregów czasowych oraz charakterystyka stanu ustalonego dla odległych iteracji. Wynik można obejrzeć na interaktywnych wizualizacjach oraz zapisać jako grafikę wektorową w formacie DXF.
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w celu badań dotyczących podstaw teorii chaosu deterministycznego. Zostały one ukierunkowane na ocenę: a) możliwości generowania zachowań chaotycznych w układach deterministycznych, b) wrażliwości układów deterministycznych na nieznaczną zmianę warunków początkowych, c) wzajemnych zależności układów uporządkowanych i chaotycznych. Patrz → rozdział 3.2.
Parametry techniczne	<u>Język programowania:</u> C/C++ <u>Wymagane programy bazowe:</u> – Program MODEL → Program A <u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u> – interaktywne wizualizacje wykresów – grafika wektorowa 2D w formacie DXF

PROGRAM 3

Trójwymiarowe modelowanie atraktora Lorenza Opracowanie: P. Rubinowicz, 2005-2006



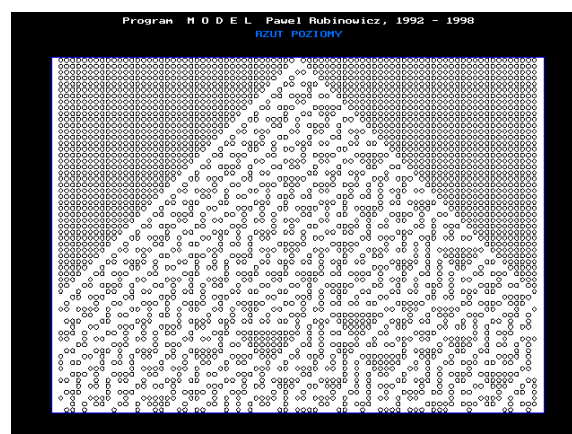
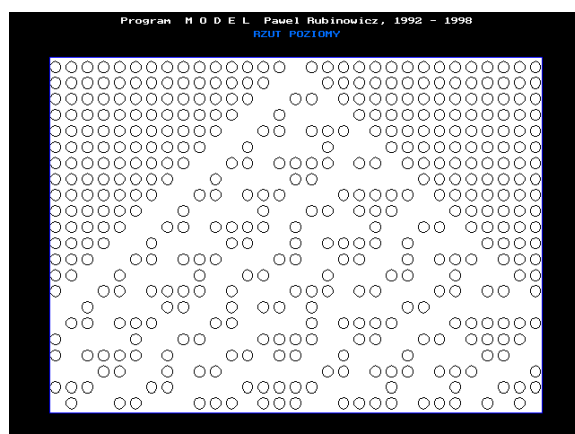
Ogólny opis programu	Program umożliwia generowanie trójwymiarowych modeli tzw. atraktora Lorenza – opisanych przez układ trzech nieliniowych równań różniczkowych: $X' = -\sigma X + \sigma Y$; $Y' = -XZ + \sigma X - Y$; $Z' = XY - bZ$. Program pozwala na ustalanie wartości parametrów σ , r , b oraz wartości początkowych x_0 , y_0 , z_0 . Model atraktora prezentowany może być w sposób interaktywny na ekranie komputera oraz zapisany jako grafika wektorowa 3D w formacie DXF.
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w celu analizy badań nad zjawiskiem konwekcji w atmosferze opisanych przez Edwarda Lorenza w artykule „Deterministic Nonperiodic Flow” opublikowanym w czasopiśmie naukowym <i>Journal of the Atmospheric Science</i> w 1963 roku (Lorenz 1963). Uzyskany przez Lorenza atraktor stał się jedną z ikon teorii chaosu i naukową podstawą dla sformułowania tzw. <i>efektu motyla</i> . Symulacje przeprowadzone za pomocą programu (w ślad za Lorenzem) pozwoliły na wykazanie wrażliwości układów deterministycznych na nawet minimalną modyfikację warunków początkowych symulacji. Patrz → rozdział 3.2.

Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje atraktora w rzutach lub aksonometrii – grafika wektorowa 3D w formacie DXF
----------------------	--

PROGRAM 4

Symulacje jednowymiarowych automatów komórkowych (CA-1D)

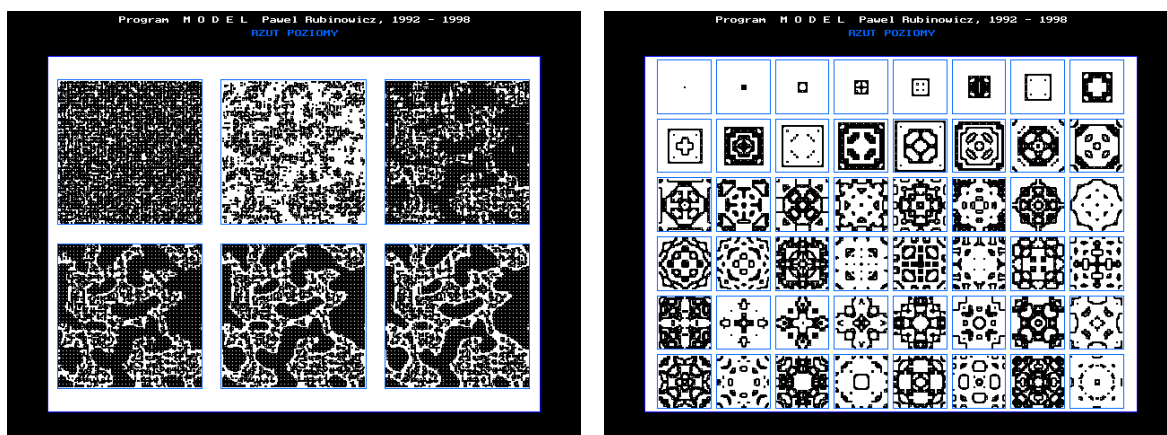
Opracowanie: P. Rubinowicz, 2006-2007



Ogólny opis programu	<p>Program umożliwia prowadzenie symulacji tzw. jednowymiarowych automatów komórkowych (CA). Pozwala na określenie rozmiaru wiersza komórek oraz na przypisanie poszczególnym komórkom stanów reprezentatywnych. Następnie wykonuje określoną ilość cykli automatu, które wizualizowane są w formie kolejnych wierszy (warstw). Reguły oddziaływania komórek ustalone mogą być zgodnie z podstawowymi modelami opisanymi przez Stephena Wolframa w: <i>The New Kind of Science</i> (Wolfram 2002; 256 reguł dla automatów 2-stanowych i 2187 reguł dla automatów 3-stanowych). Wyniki można zapisać w formie pojedynczych plików BMP lub DXF. Program umożliwia również wykonanie sekwencji symulacji dla wszystkich reguł obowiązujących w danym modelu matematycznym i ich zapis w formie kolejnych plików BMP.</p>
Zastosowanie w badaniach	<p>Program został wykorzystany do analizowania opisanego w pracy porządku wyższego rzędu w tzw. modelu emergentnym. Kluczowym aspektem badań było określenie zależności między złożonością formy a złożonością procesu jej formowania (określanych w tym przypadku poprzez wzajemne oddziaływanie elementów). Badania dotyczyły m.in. fenomenologicznej klasyfikacji wprowadzonej Wolframa (automaty zbieżne, okresowe, chaotyczne, „żywe”), do którego odwoływał się m.in. Charles Jencks w: <i>The Architecture of the Jumping Universe</i> (Jencks 1995, s. 85). Patrz → rozdział 3.4.</p>
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program → <i>Program A</i> – Generator plików BMP → <i>Program C</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje – grafika wektorowa w formacie DXF – pojedyncze pliki graficzne BMP – sekwencje plików graficznych BMP

PROGRAM 5**Symulacja dwuwymiarowych automatów komórkowych (CA-2D)**

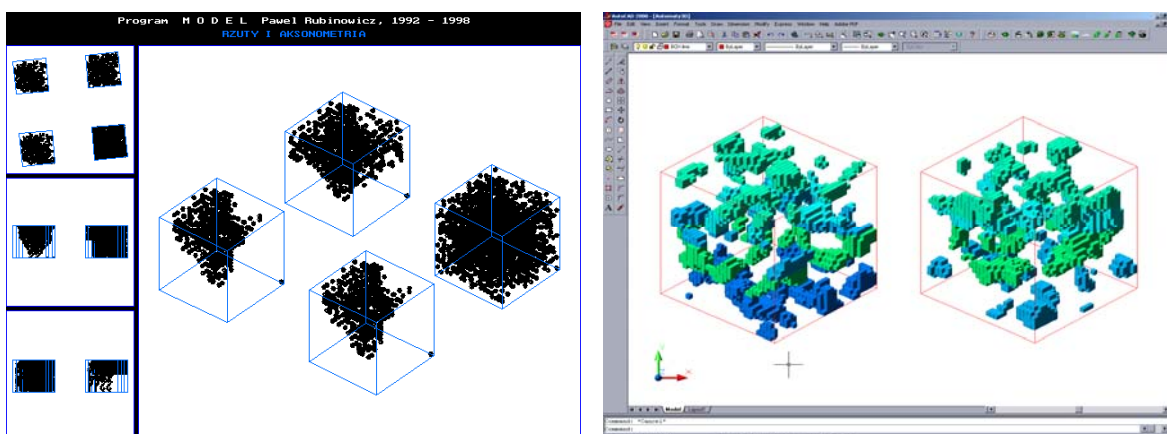
Opracowanie: P. Rubinowicz, 1999-2000



Ogólny opis programu	Program umożliwia prowadzenie symulacji automatów komórkowych dla dwuwymiarowej siatki komórek (o określonej ilości rzędów i wierszy). Pozwala na ustalanie stanów wyjściowych komórek (za pomocą odpowiednich metod narzędziowych) oraz na symulację kolejnych cykli automatu. Możliwe jest określanie różnych wariantów reguł sąsiedztwa oraz różnicowanie zasięgu oddziaływania komórek. Wyniki zapisywane mogą być jako grafika wektorowa.
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany jako narzędzie teoretycznej analizy złożoności kompozycji (w modelu emergentnym). Podobnie jak w przypadku automatów jednowymiarowych, kluczowym aspektem badań było określanie zależności między złożonością formy a złożonością procesu jej formowania. Wykazane zostały architektoniczne analogie złożonych kompozycji generowanych przez automaty komórkowe. Patrz → rozdział 3.4.
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje symulacji – grafika wektorowa w formacie DXF

PROGRAM 6**Symulacja trójwymiarowych automatów komórkowych (CA-3D)**

Opracowanie: P. Rubinowicz, 1999-2000

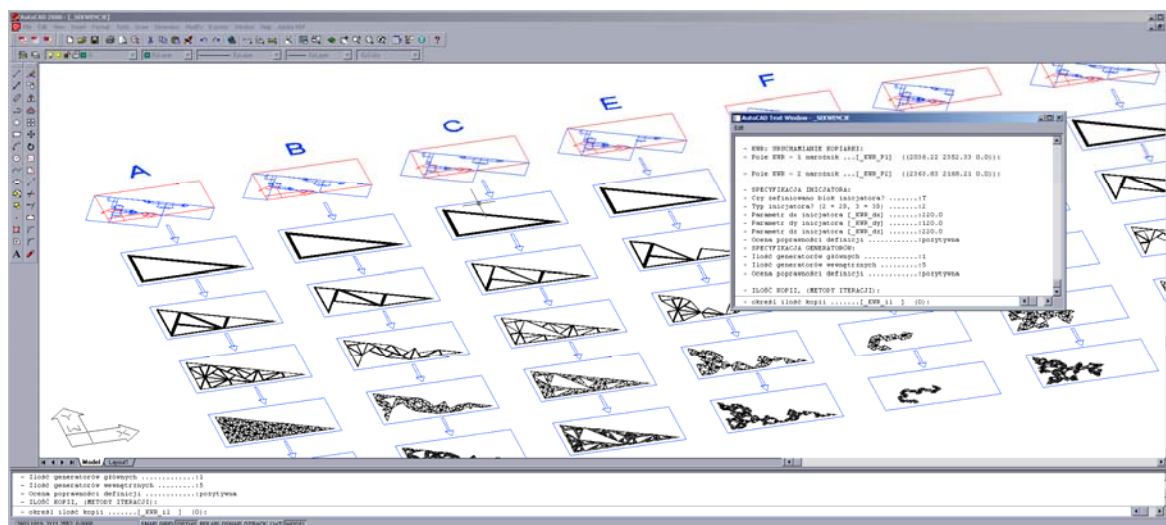


Ogólny opis programu	Program umożliwia prowadzenie symulacji automatów komórkowych dla przestrzennej sieci komórek (o określonej ilości rzędów, wierszy i warstw). Pozwala na odpowiednie ustalanie stanów wyjściowych komórek oraz na wykonanie kolejnych cykli automatu w oparciu o różne reguły sąsiedztwa. Wynik prezentowany może być w sposób interaktywny na ekranie komputera oraz zapisany jako trójwymiarowa grafika wektorowa w formacie DXF.
Zastosowanie w badaniach	Przestrzenna wersja automatów komórkowych (względem ich jeno- i dwuwymiarowych odpowiedników) w jest bardziej miarodajnym narzędziem symulacji formy architektonicznej. Badania skoncentrowane były na analizie wybranych przykładów architektonicznych (m.in. Habitat'67 projektu arch. Moshe Safdiego). Konfrontowane były również wyniki innych badań naukowych dotyczących aplikacji przestrzennych automatów komórkowych (Krawczyk 2002; Herr 2003; Herr, Kavan 2005; Chen 2003).
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje w rzutach lub aksonometrii / perspektywie – grafika wektorowa 3D w formacie DXF

PROGRAM 7

Generowanie form fraktalnych metodą IFS

Opracowanie: P. Rubinowicz, 2005-2007



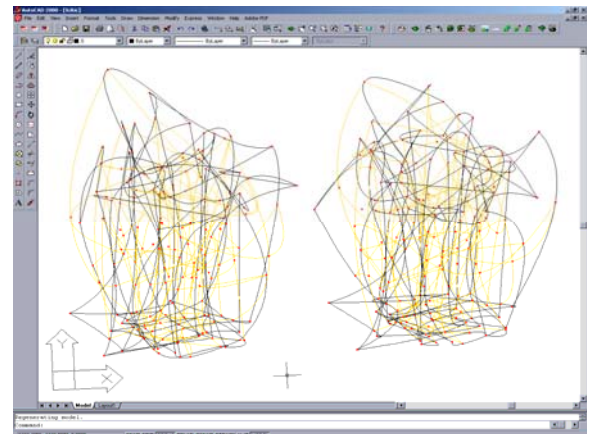
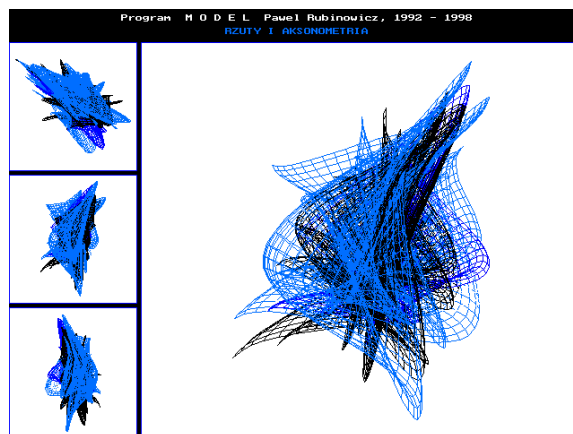
Ogólny opis programu	Program został opracowany w formie narzędzia nakładkowego współpracującego z programem AutoCAD. Pozwala na konstruowanie dwu- i trójwymiarowych form fraktalnych za pomocą tzw. metody IFS – opartej o zasadę pętli sprzężenia zwrotnego przekształceń formy wyjściowej za pomocą zbioru przekształceń afinicznych. Po wczytaniu programu, w środowisku CAD dostępne są nowe komendy, które pozwalają kolejno na: określenie schematu przekształceń fraktalnych, ustalenie formy wyjściowej i uruchomienie automatycznego procesu generowania kolejnych 'pokoleń' formy (por. ryc. 50). Proces konstrukcji odbywa się z zastosowaniem interfejsu graficznego CAD i nie wymaga wprowadzania danych numerycznych dla zbudowania schematu IFS (określenia parametrów przekształceń afinicznych).
----------------------	---

Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w badaniach jako podstawowe narzędzie analizy zasad formowania kompozycji fraktalnych. Wykazywały one pewną uniwersalność metody IFS – jako modelu formowania wspólnego dla form <i>uporzędowanych klasycznie</i> i wg <i>porządku wyższego rzędu</i> (por. ryc. 49, 50). Badania ukierunkowano na analizę: a) złożonych form fraktalnych, b) uniwersalnych cech metody IFS, c) niektórych współczesnych realizacjach architektonicznych (np. Federation Square, Melbourne, proj. Lab A-S). Patrz → rozdziały 3.3, 3.5.
Parametry techniczne	<u>Język programowania:</u> AutoLisp <u>Sposób aplikacji:</u> – jako program nakładkowy AutoCAD lub IntelliCAD <u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u> – zgodny z parametrami programu bazowego (AutoCAD / IntelliCAD)

PROGRAM 8

Modelowanie parametryczne form i powierzchni topologicznych

Opracowanie: P. Rubinowicz, 1997-2006



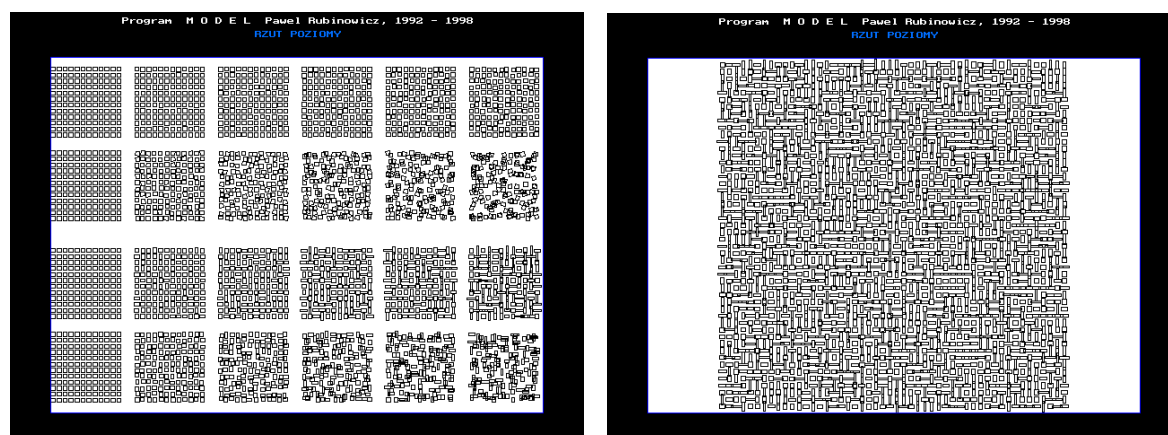
Ogólny opis programu	Program umożliwia konstruowanie przestrzennych form topologicznych. Podstawowym elementem modelu są tzw. <i>9-cio węzłowe powierzchnie parametryczne</i> (zaimplementowane w programie OBIEKT → Program B). Powierzchnie mogą być łączone w większe struktury przestrzenne. W tak skonstruowanym modelu program umożliwia zmianę położenia dowolnych punktów węzłowych. Zachowywana jest przy tym sieć powiązań topologicznych. W efekcie pozwala to na tworzenie sekwencji odpowiednich deformacji oraz tzw. <i>morfing</i> .
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w analizie kompozycji form topologicznych opartych o metodę deformacji (cz. studialno-analityczna). Badania dotyczyły procesu projektowania takich form. Odpowiednie symulacje opracowane z zastoso-

	waniem programu pozwoliły na analizę wybranych realizacji architektonicznych związanych z nurtem fałdowania (deformacji). Geometryczna definicja 9-cio węzłowych powierzchni parametrycznych została opisana przez autora w publikacji: "The Computer Program OBJECT 1.4 in Teaching of DG for Architects" (Rubinowicz 2000). Patrz → rozdział 2.4.
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> – Program OBIEKT → <i>Program B</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje w rzutach lub aksonometrii – grafika wektorowa 3D w formacie DXF

PROGRAM 9

Analiza teoretyczna kompozycji form losowych (metoda rozproszenia)

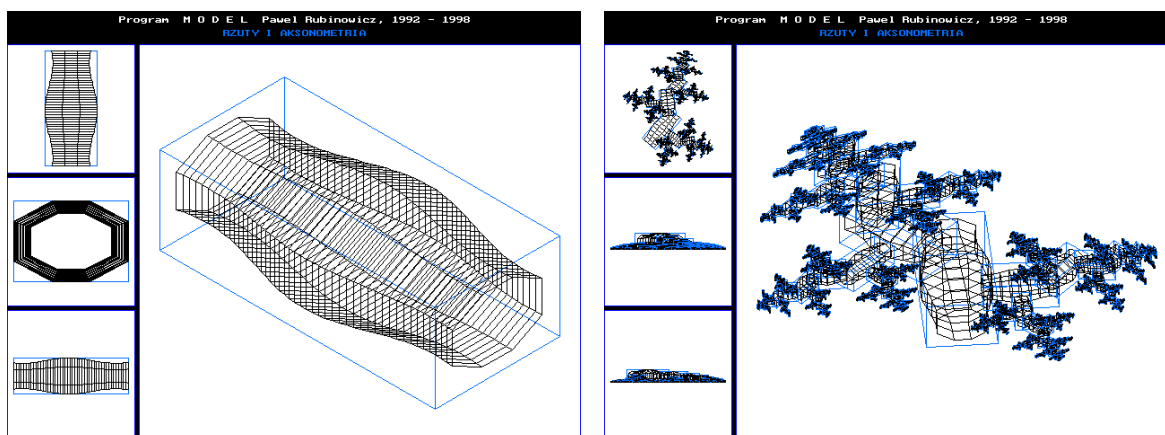
Opracowanie: P. Rubinowicz, 2005-2006



Ogólny opis programu	Program umożliwia analizę określonego schematu teoretycznego tzw. form losowych (metoda rozproszenia). Symulacja polega na przekształcaniu uporządkowanej formy wyjściowej, złożonej z regularnie ułożonych elementów składowych. W kolejnych cyklach symulacji elementy te poddawane są określonym losowym przekształceniom afinicznym: przesunięciu, zmianie proporcji lub obrotowi. Rodzaj i stopień nasilenia tych przekształceń określany jest ściśle przez odpowiednie parametry symulacji.
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w teoretycznej analizie kompozycji form rozproszonych. Badania ukierunkowane były na analizę: a) cech procesu ich formowania, b) percepcji form rozproszonych, c) analizę podobieństwa form rozproszonych. Wyniki badań wykazały możliwość projektowania kompozycji losowych i oraz analizy ich budowy formalnej. Patrz → rozdział 2.5.
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje symulacji – grafika wektorowa w formacie DXF

PROGRAM 10

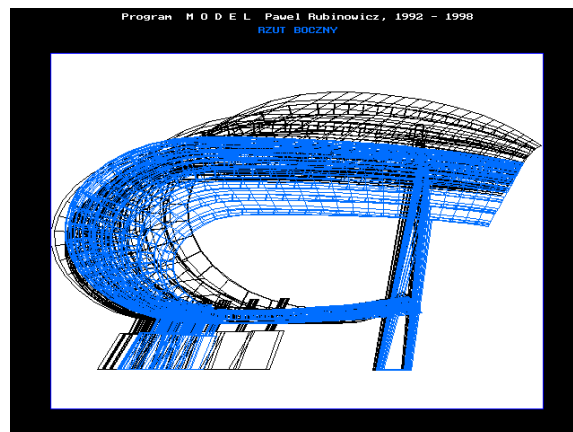
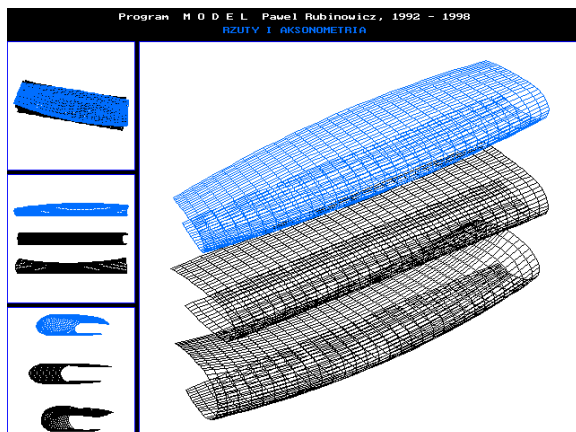
Studium formy Cardiff Bay Opera House proj. Grega Lynna, 1994
Opracowanie: P. Rubinowicz, 2006-2007



Ogólny opis programu	Celem opracowania programu była symulacja i analiza kompozycyjna formy budynku Cardiff Bay Opera House autorstwa amerykańskiego architekta Grega Lynna (projekt konkursowy z 1994 roku). W projekcie tym autor wprowadził i po raz pierwszy zastosował metodę 'branchingu', którą polega na kształtowaniu formy poprzez jej odpowiednie rozgałęzianie. W istocie metoda stanowi wzór fraktalny, który można definiować za pomocą modeli matematycznych (IFS, L-systemy). Charakteryzowany program umożliwia aplikację narzędzi projektowych stosowanych przez Lynna. Pozwala na odtworzenie schematów koncepcyjnych oraz uzyskanie trójwymiarowych symulacji form zbliżonych do budynku w Cardiff (formowanych w sposób ściśle deterministyczny)
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany w analizie możliwości aplikacji porządku wyższego rzędu projektowaniu architektonicznym. Przeprowadzone badania zogniskowały się wokół dwóch celów: Po pierwsze, umożliwiły one prześledzenie kolejnych etapów konstruowania budynku w Cardiff – od wstępnych schematów konstrukcyjnych do uzyskania przestrzennego modelu obiektu. Po drugie, badania pozwoliły wyciągnąć wnioski bardziej ogólnej natury, dotyczące istoty procesu projektowania form fraktalnych. Zaproponowana przez Lynna forma jest złożona i skomplikowana oraz, jak się wydaje, zawiera wiele informacji (niezbędnych do jej odtworzenia). Jednak podobnie jak w przypadku tzw. <i>paprotki Barnsleya</i> (por. Peitgen et al., cz.1, s. 332) ilość informacji zawarta w budynku Cardiff, z punktu widzenia geometrii fraktalnej, jest niewielka. Świadczy to o spistości formy w obszarze porządku wyższego rzędu. Ma to też istotny wpływ na proces projektowania, co zostało pełniej przedstawione w pracy. Patrz → rozdział 3.5.
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje w rzutach lub aksonometrii – grafika wektorowa 3D w formacie DXF

PROGRAM 11**Modelowanie formy budynku zdrojowego w Sopocie**

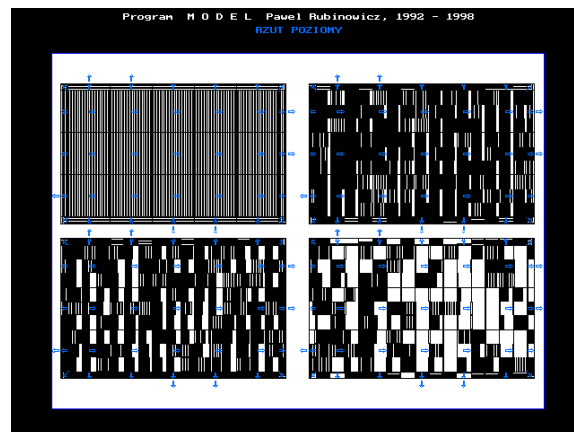
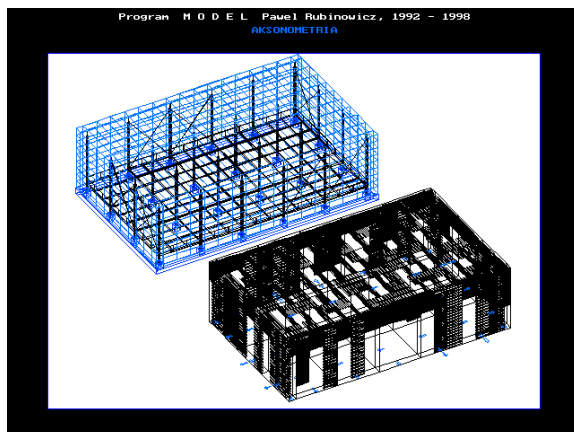
(projekt konkursowy, P. Rubinowicz w zespole pracowni Urbicon, pod kier. Z. Paszkowskiego, 1996)

Opracowanie programu: P. Rubinowicz, 1996

Ogólny opis programu	<p>Program jest przykładem aplikacji technik generatywnych w projektowaniu oraz wczesnym przykładem zastosowania modelowania parametrycznego (jednym z pierwszych w Polsce). Został on opracowany w celu modelowania formy nowej części domu zdrojowego w Sopocie – jednego z elementów koncepcji urbanistyczno-architektonicznej, na przebudowę centrum Sopotu (konkurs SARP). Złożona bryła planowanego obiektu, została zapisana w postaci niniejszego komputerowego programu. Choć fazie koncepcyjnej towarzyszyły liczne szkice i klasyczne rysunki CAD, to jednak w dalszych etapach projektowych forma była ‘zakodowana’ wyłącznie jako sekwencja algorytmów komputerowych (niniejszy program). Kształt ‘inspirowany napierającą falą’ opisano przez sieć powiązanych topologicznie parametrów. Modyfikacja ich wartości liczbowych umożliwiła przekształcanie formy oraz sprzężoną deformację poszczególnych elementów jego struktury konstrukcyjnej: zewnętrznej powłoki obiektu, dźwigarów, fundamentów, stropów itp. Program pozwolił także na uzyskanie przekrojów obiektu, co było niezbędne dla opracowania rozwiązań funkcjonalnych i technicznych. Proces projektowy opisano w odrębnych publikacjach (m.in. Paszkowski, Rubinowicz 1996; Rubinowicz 1996).</p>
Zastosowanie w badaniach	<p>Budynek w Sopocie prezentowany jest w pracy jako przykład zastosowania metody deformacji w architekturze, a omawiany program – jako jedna z technik projektowych. Podobne przykłady zastosowań modelowania parametrycznego odnajdujemy także w innych realizacjach: m.in. Terminal Waterloo projektu Nicholasa Grimshawa (Londyn, 1994) oraz biurowiec Swiss Re projektu Normana Foster'a (Londyn, 2004). Patrz → rozdział 2.4.</p>
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++ <u>Wymagane programy bazowe:</u> – Program MODEL → <i>Program A</i> <u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u> – interaktywne wizualizacje w rzutach lub aksonometrii – grafika wektorowa 3D w formacie DXF</p>

PROGRAM 12**Modelowanie formy pawilonu na wystawę Expo2000 w Hanowerze**

(projekt konkursowy, P. Rubinowicz w zespole pracowni Urbicon, pod kier. Z. Paszkowskiego, 1996)

Opracowanie: P. Rubinowicz, 1999-2000

Ogólny opis programu	Program (podobnie jak poprzedni) jest przykładem aplikacji technik generatywnych w projektowaniu oraz zastosowania modelowania parametrycznego. Stanowi on pełny zapis formy obiektu architektonicznego w postaci komputerowego kodu. Dotyczy to pawilonu polskiego na wystawę Expo2000 w Hanowerze (konkurs SARP). Omawiany program pozwolił na symulację sekwencji modeli przestrzennych pawilonu – z uwzględnieniem różnych konfiguracji losowych ustawień przesłon słonecznych na elewacjach i na powierzchni dachu. W programie zastosowano tzw. <i>modelowanie parametryczne B</i> , zaprezentowane na konferencji w Austin (USA 1998) i opublikowane (Rubinowicz 1998). Szerszy opis projektu przedstawiony jest w tekście, patrz → rozdział 2.5.
Zastosowanie w badaniach	Koncepcja konkursowa pawilonu polskiego na EXPO2000 oraz niniejszy program zostały omówione jako przykład stosowania metody rozproszenia w projektowaniu architektonicznym. Stosowanie form rozproszonych w kompozycji jest widoczne w wielu współczesnych realizacjach (Jean Nouvel, Dominique Perrault, Jacques Herzog, Pierre de Meuron, William Alsop). Najczęściej jednak wprowadzanie losowości w kompozycji odbywa się w sposób intuicyjny. Przedstawione badania zmierzały natomiast do wykazania, że jest ona mierzalna oraz, że może być przedmiotem projektowania. Omawiany program jest przykładem narzędzia, które takie cele realizuje. Losowość ujmowana jest w deterministyczne ramy i opisywana przez odpowiednie parametry. Patrz → rozdział 2.5.
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → <i>Program A</i> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje w rzutach lub aksonometrii – sekwencja plików w formacie DXF (grafika wektorowa 3D)

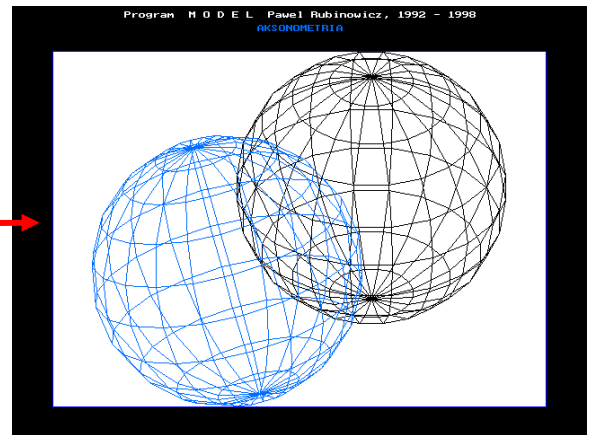
PROGRAM A (aplikacja bazowa)**MODEL 1992-1998**

Opracowanie: P. Rubinowicz

```

File Edit Search Run Compile Debug Project Options Window Help
KULA.CPP
#include "mod-init.h"
HARSTWA Pierwsza = Harstwa_init ("Pierwsza","Czarny");
HARSTWA Druga = Harstwa_init ("Druga","J_niebieski");
void model (void)
{
MODEL ();
Harstwa (Pierwsza);
Kula (2*metr,20);
Kula (2*metr,20);
Na_przod (3*metr);
Harstwa (Druga);
Skret_prawo (20);
Kula (2*metr,20);
}
KONIEC ();

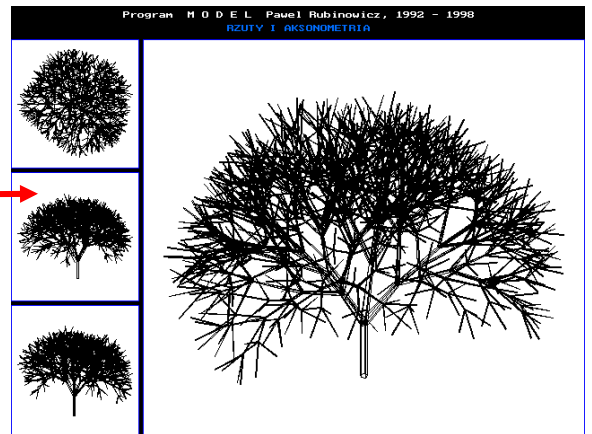
```



```

File Edit Search Run Compile Debug Project Options Window Help
DRZEWU.CPP
#include "mod-init.h"
void Linia_dg (dlugosc d, dlugosc r1, dlugosc r2)
{
MODEL (BRVLA); Kolo (r1,5); Do_gory (d); KONEC ();
}
void Pokolenie (dlugosc v, dlugosc d, dlugosc r, int i)
{
if (i==0) return; i--;
dlugosc wsp1 = -80; // galezie d
dlugosc wsp2 = 80; // promien r
int kat = 45; // ilosc odrostow
dlugosc dk = 30; // nachylenie galezi
dlugosc dkat = v;
dlugosc drz = d * RND (1-dv,1+dv);
MODEL ();
int n;
for (n=1; n<=i; n++)
{
MODEL ();
Poi (kat * RND (1-dkat,1+dkat));
Linia_dg (drz,r,r*wspp2); Do_gory (drz);
Poi (0); v=drz*wspp1; r=wspp2 * i;
KONEC ();
}
Prawo ((360/i) * RND (1-dkat,1+dkat));
}
KONEC ();
}
void Drzewo (dlugosc v)
{
MODEL ();
dlugosc h=8*metr, r=37*cm;
Linia_dg (-h,r,r); Pokolenie (v,h,r,5);
}
KONEC ();
}
void model (void)
{
Drzewo (0.2);
}

```



Ogólny opis programu

Program stanowi rodzaj aplikacji CAD ukierunkowanej na zastosowanie technik generatywnych w projektowaniu. Został wykorzystany (jako baza) do opracowania wszystkich wymienionych w zestawieniu programów (z wyłączeniem programu 7).

Zastosowanie programu wymaga każdorazowo napisania odrębnego podprogramu w języku C++ (odwołującego się do konkretnych struktur programu głównego). Modelowane formy definiowane są zawsze w postaci określonego algorytmu komputerowego. Na powyższych ilustracjach przedstawiono odpowiedni kod (po lewej) oraz uzyskany efekt (po prawej).

W ostatnich latach, na podobnej zasadzie skonstruowany został program *Processing* (operujący własnym językiem komputerowym wzorowanym na C++). Narzędzie to przeznaczone jest do zastosowań artystycznych w sztukach wizualnych (patrz m.in.: Reas C., Fry B., *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*, MIT Press, 2007).

MODEL został wykorzystany jako narzędzie kształtowania formy architektonicznej już w 1992 roku. Był sukcesywnie rozbudowywany przez kolejnych sześć lat. Po raz pierwszy zaprezentowano go w 1995 roku na międzynarodowej konferencji CAD Space w Białymstoku (wystąpienie *My own CAAD*). Omawiany był w kilku wyszczególnionych dalej publikacjach (1996-1998).

W 29 modułach zaprogramowano odpowiednie struktury pozwalające m.in. na: a) stosowanie tzw. geometrii żółwia w opisie przestrzeni, b) hierarchiczne konstruowanie modeli powierzchniowych, c) interaktywne wizualizacje tworzonych kompozycji, d) eksportowanie danych geometrycznych do innych programów w kilku podstawowych formatach m.in. DXF.

	Wyróżnikiem programu jest możliwość stosowania <i>modelowania parametrycznego</i> . Technika pozwala na projektowanie form według opisanych w pracy metod (rozbicia, deformacji, rozproszenia), także – na konstruowanie form fraktalnych i emergentnych. Program był i jest nadal wykorzystywany przez autora w praktyce projektowej (niektóre przykłady omówiono w pracy) oraz – jako narzędzie do prowadzenia teoretycznych analiz kompozycyjnych.
Wybrane publikacje (w których omawiano program)	Rubinowicz P., "Parametric Modeling – Random Factors in Architecture", Proceedings of 8th <i>ICECGDG</i> , Austin, USA 1998, s. 81-85 Rubinowicz P., "Computer Parametric Modeling as a New Design Strategy", 4th Conference on CAAD – <i>CAD Creativeness</i> , Białystok 1996, s. 205-214 Paszowski Z., Rubinowicz P., "Toward the Parametric Modeling in Architecture and Design", Proceedings of 7th <i>ICECGDG</i> , Kraków 1996, s. 33-36
Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany (jako komponent bazowy) do opracowania prawie wszystkich wymienionych w zestawieniu programów (z wyłączeniem Programu 7). Na jego podstawie powstał także program OBIEKT, przeznaczony głównie do modelowania powierzchni topologicznych.
Parametry techniczne	<u>Język programowania</u> : C/C++ <u>Wymagane programy bazowe</u> : brak (program niezależny) <u>Sposób prezentacji i zapisu wyników</u> : – interaktywne wizualizacje w rzutach, aksonometrii, perspektywie – grafika wektorowa 2D, 3D w formacie DXF

PROGRAM B (aplikacja bazowa)

OBIEKT 1997-1998

Opracowanie: P. Rubinowicz

```

titl  tytuł      zukał  logik  style  pogram
*GZ1S1STUDIA TEOR. F08-01.NH

> tytuł: PRZYKŁADNA POWIERZCHNIA

def punkt A1: ( 40, 0, 0 )
def punkt A2: ( 0, 10, 10 )
def punkt A3: ( -40, 0, 0 )
def punkt O1: ( 25, 50, 10 )
def punkt O2: ( 20, 50, -30 )
def punkt O3: ( -20, 50, -10 )
def punkt B1: ( 40, 100, 0 )
def punkt B2: ( 0, 90, 10 )
def punkt B3: ( -40, 100, 0 )

def krzywa t0: ( sin, 01,02,00, 000000 )
def krzywa r0: ( sin, 01,01,01, 000000 )
def krzywa k1: ( sin, 01,01,01, 000000 )
def krzywa k2: ( sin, 02,00,00, 000000 )
def krzywa k3: ( sin, 02,00,00, 000000 )
def krzywa t1: ( sin, 01,02,00, 000000 )

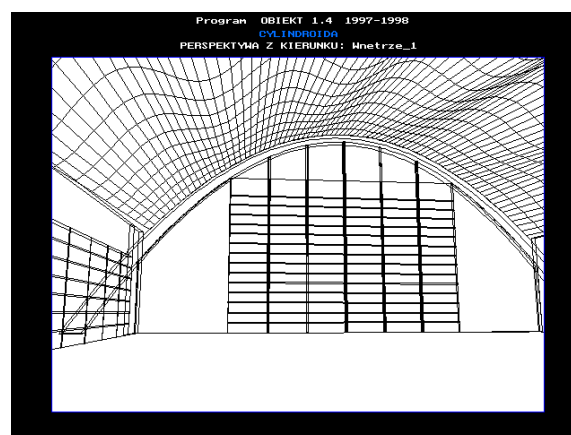
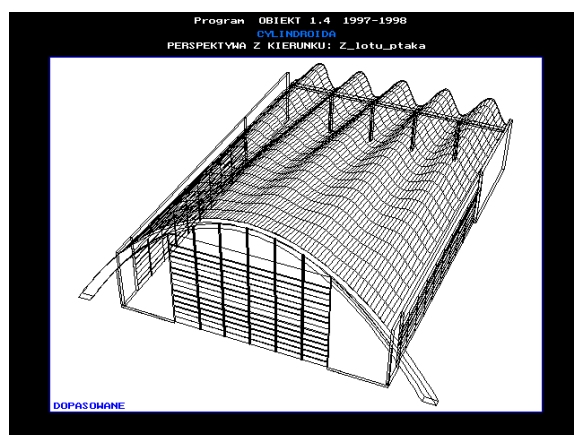
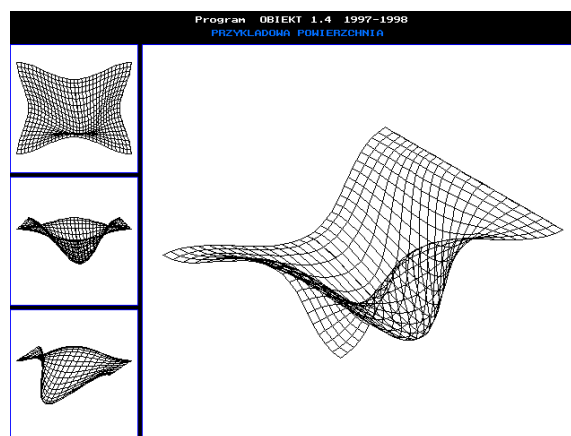
// odcinki: A1-B1, A2-B2, A3-B3, O1-O2, O2-O3
// def punkt A1b: ( 0.5 * SZER, 0, -12 )

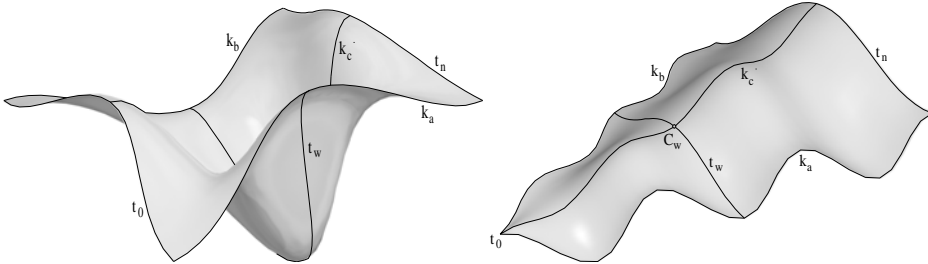
> pow trans: t0,k1,k0,k2

> krzywa: t0
> krzywa: r0
> krzywa: k0
> krzywa: k2
> krzywa: t1
> krzywa: t0

// krzywa rw: t0
// krzywa rw: k1
// krzywa rw: k0
// krzywa rw: k2
// krzywa rw: t1
// krzywa rw: t0

```



<p>Ogólny opis programu</p>	<p>Program przeznaczony jest głównie do modelowania powierzchni geometrycznych w oparciu o tzw. <i>metodę kinetyczną</i>. Ich kształt określany jest przez układ tzw. punktów węzłowych oraz matematyczną definicję linii konstrukcyjnych (tworzących i kierownic). Dostępne są 3 modele podstawowe: tzw. powierzchnie typu A, typu B i typu C, określane kolejno przez 5, 6, i 9 punktów węzłowych. Ich geometryczne definicje zostały przedstawione przez autora w publikacjach (Rubinowicz 1999, 2000). W ramach tych modeli, opisać można inne, znane w geometrii, typy powierzchni. W dziedzinie powierzchni typu A znajdują się powierzchnie prostokreślne (takie jak hiperboloida paraboliczna, konoidy, cylindroidy i inne); w dziedzinie powierzchni typu B – powierzchnie obrotowe i dążące do minimalnych; w dziedzinie powierzchni typu C – translacyjne i klinowe. Ponadto każdą powierzchnię typu A i B opisać można w dziedzinie powierzchni typu C.</p> <p>Podobnie jak w przypadku poprzedniego programu (MODEL), zasada modelowania w programie OBIEKT polega wyłącznie na odpowiednim <i>kodowaniu formy</i>. Dane wprowadzane są w postaci skryptu zawierającego kolejne definicje i polecenia. Skrypty tworzone są w specjalnie opracowanym języku. Poniżej przedstawiono przykładowy skrypt, definiujący przykładową powierzchnię:</p> <pre> // ***** // * PRZYKŁAD DEFINICJI POWIERZCHNI TYPU C * // ***** 01 def punkt A0: (40, 0, 0) 02 def punkt C0: (0, 10, 10) 03 def punkt B0: (-40, 0, 0) 04 def punkt Aw: (25, 50, 10) 05 def punkt Cw: (20, 55, -30) 06 def punkt Bw: (-25, 50, -10) 07 def punkt An: (40, 100, 0) 08 def punkt Cn: (0, 90, 10) 09 def punkt Bn: (-40, 100, 0) 10 def krzywa t0: (sin, A0,B0,C0, 20) 11 def krzywa ka: (sin, A0,Aw,An, 30) 12 def krzywa kb: (sin, B0,Bw,Bn, 30) 13 def krzywa kc: (sin, C0,Cw,Cn, 30) 14 >pow typC: (t0, ka, kc, kb) </pre> <p>Wizualizację tej powierzchni przedstawiono poniżej (po lewej), a jej modyfikację poprzez zmianę współrzędnych punktów węzłowych (po prawej).</p> 
<p>Wybrane publikacje (w których omawiano program)</p>	<p>Rubinowicz P., "The Computer Program OBJECT 1.4 in Teaching of DG for Architects", Proceedings of <i>Symposium Descriptive Geometry</i>, Drezno 2000, s. 128-132</p> <p>Rubinowicz P., "Parametryczne modelowanie powierzchni w programie OBIEKT 1.4", <i>Biuletyn Polskiego Towarzystwa Geometrii i Grafiki Inżynierskiej</i>, z. 8, Gliwice 1999, s. 48-59</p> <p>Rubinowicz P., Majewski M., "Kształtowanie powierzchni klinowych i translacyjnych jako modeli parametrycznych przy użyciu programu OBIEKT 1.2", <i>Międzyuczelniane Czasopismo Naukowe – Geometria Wykreślana i Grafika Inżynierska</i>, t. 3, Wrocław 1997, s. 49-57</p> <p>Majewski M., „Przekrycia powłokowe – geometryczne kształtowania w projektowaniu architektonicznym”, Politechnika Szczecińska, Szczecin 1997, s. 234-241</p>

Zastosowanie w badaniach	Program został wykorzystany do badania zastosowań metody deformacji w projektowaniu architektonicznym (część studialno-analityczna pracy). Wybrane modele powierzchni geometrycznych programu OBIEKT wykorzystano w omówionym wcześniej programie 8 (Modelowanie parametryczne form i powierzchni topologicznych).
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Program MODEL → Program A <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – interaktywne wizualizacje w rzutach, aksonometrii, perspektywie – grafika wektorowa 2D, 3D w formacie DXF

PROGRAM C (aplikacja bazowa)

Generator plików graficznych BMP
Opracowanie: P. Rubinowicz, 2006

```

File Edit Search Run Compile Debug Project Options Window Help
EXP-BMP
*****
PUBLIC:
void BMP_nowy (char *txt, int szer, int wys)
void BMP_pixel (PIXEL k)
void BMP_ramkuj (void)
void BMP_ramka_on (PIXEL k, int x1-x2, int y1-y1)
void BMP_ramka_of (PIXEL k)
void BMP_ramka_off ()
PIXEL Pixel_RGB (int R, int G, int B)
PIXEL Pixel_LDR (long int w)
void BMP_txt_naglowek ()
void BMP_txt_plik ()
void BMP_txt_start ()
void BMP_txt_koniec ()
*****
typedef struct { int R; int G; int B; } PIXEL;
typedef struct { int lin; int x1; int x2; int y1; int y2; PIXEL k; } RAMKA;
FILE *BMP_PLIK;
class BMP_NOWY {20};
int BMP_V=0; //aktualna pozycja w linii
int BMP_W=0; //aktualna linia
int BMP_wymW=0; //liczba bajtów do uzupełnienia w linii
int BMP_wymX=0; //szerokość (długość linii)
int BMP_wymY=0; //wysokość (liczba linii)
int BMP_TRVB; //0-czytanie, 1-pisanie
int BMP_txt_x; //okienko tekstowe gotowy (pozycja x)
int BMP_txt_y; //okienko tekstowe gotowy (pozycja y)
int BMP_cz_wew; //txt - stan czcionki wewnętrzna
31:62
Help F2 Save F3 Open Alt+F9 Compile F9 Make F10 Menu

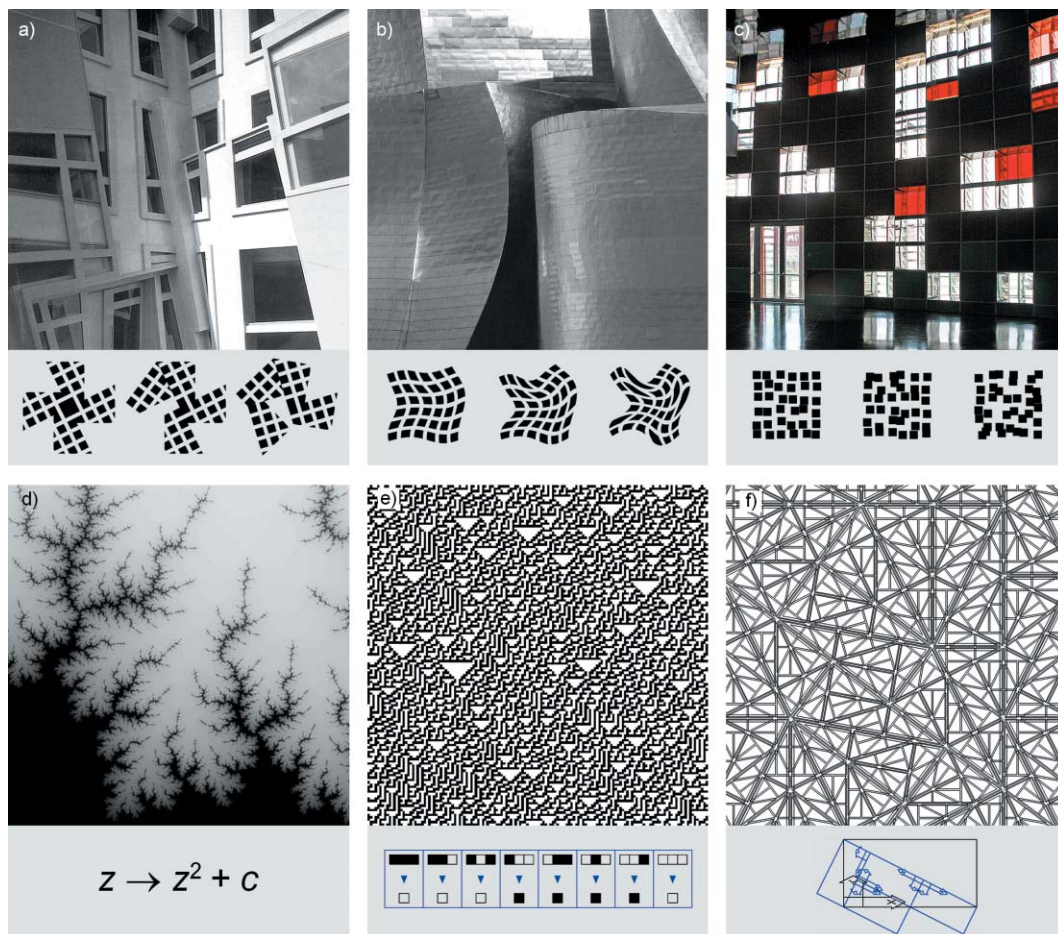
```

```

GENEROWANIE PLIKOW *.BMP
M1-0000.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0001.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0002.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0003.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0004.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0005.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0006.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0007.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0008.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0009.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0010.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0011.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0012.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0013.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0014.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0015.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0016.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0017.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0018.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0019.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0020.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0021.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0022.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0023.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0024.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0025.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0026.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0027.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0028.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0029.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0030.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0031.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0032.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0033.bmp (100x80) 100% / 240000
M1-0034.bmp (100x80) 100% / 240000

```

Ogólny opis programu	<p>Przeważająca części opisanych w załączniku programów pozwala na zapis wyników symulacji i analiz w postaci dwu- lub trójwymiarowej grafiki wektorowej m.in. w formacie DXF (odczytywalnym przez większość programów CAD). Jednak, w niektórych przypadkach zapis taki jest mało efektywny.</p> <p>Niniejszy program stanowi dodatkowy komponent, wykorzystywany przez inne aplikacje. Umożliwia zapisanie wyniku symulacji jako bitmapę (pliki zgodne ze standardem BMP). Pozwala także na tworzenie sekwencji takich plików – odpowiadających np. kolejnym etapom symulacji. Przykładowo, ryc. 43b (rozdział 3.2) złożony jest z 750 obrazów bitmapowych (plików BMP).</p>
Zastosowanie w badaniach	Program stanowi dodatkowy komponent, zastosowany w dwóch omówionych wcześniej programach: programie 1 (Wizualizacje zbiorów Mandelbrota, Julii oraz diagramu Feigenbauma) i programie 4 (Symulacje jednowymiarowych automatów komórkowych).
Parametry techniczne	<p><u>Język programowania:</u> C/C++</p> <p><u>Wymagane programy bazowe:</u> brak (program niezależny)</p> <p><u>Sposób prezentacji i zapisu wyników:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – pojedyncze pliki graficzne w formacie BMP – sekwencje plików graficznych w formacie BMP



Główne metody kształtowania form złożonych we współczesnej kreacji architektonicznej: rozbięcie, deformacja i rozproszenie (a,b,c) oraz wybrane przykłady kształtowania form złożonych według porządku wyższego rzędu (d,e,f). W pierwszym przypadku zasadę formowania określono schematycznie, w drugim konstrukcja jest ściśle zdefiniowana za pomocą przedstawionej reguły. Na ilustracji: a) biurowiec korporacji Nunotani w Tokio, proj. Peter Eisenman (fot. Ciorra 1995, s.174); b) Muzeum Fundacji Guggenheima w Bilbao, proj. Frank O' Gehry (fot. autora); c) wieżowiec Torre Agbar w Barcelonie, proj. Jean Nouvel (fot. autora); d) wybrane powiększenie Zbioru Mandelbrota (opr. autora); e) symulacja automatu komórkowego (opr. autora); f) symulacja elewacji Federation Square w Melbourne, proj. Lab Architecture Studio (opr. autora)

Ilustracja na froncie: emulacja formy za pomocą automatu komórkowego opartego na matrycy trójwymiarowej, z użyciem oprogramowania opracowanego przez autora.