



## **ANALIZA TRANSFORMACJI GEOMETRYCZNEJ UKŁADU URBANISTYCZNEGO MAŁYCH MIAST W ŚRODOWISKU MODELI 3D**

### **ANALYSIS OF GEOMETRIC TRANSFORMATION OF SMALL CITIES URBAN STRUCTURE IN 3D CITY MODELS ENVIRONMENT**

**Adam Zwoliński**

dr inż. arch.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Zakład Urbanistyki, Planowania Regionalnego i Zarządzania

#### **STRESZCZENIE**

Przekształcenia w ramach systemu przestrzeni publicznych są jednym z ważniejszych aspektów rewitalizacji obszarów miast. Przestrzeń pomiędzy budynkami to ciągła gra między użytkownikiem przestrzeni miejskiej a jej fizyczną objętością, kształtem i cechami przestrzennymi. Struktura przestrzenna i cechy geometryczne są istotnym wyznacznikiem jakości przestrzeni małych miast. Artykuł prezentuje możliwości i rezultaty aplikacji zaawansowanych analiz urbanistycznych w zakresie obserwacji zmian geometrii systemu przestrzeni publicznych i zabudowy przeprowadzone w środowisku modeli 3D małych miast. Przykładowa aplikacja dotyczy przestrzeni małych miast polskich, których struktura przestrzenna uległa znaczącym zmianom na skutek historycznych wydarzeń ostatniego stulecia.

Słowa kluczowe: modele 3D miast, przestrzeń publiczna, rewitalizacja, struktura geometryczna, transformacja urbanistyczna.

#### **ABSTRACT**

Transformation within system of public spaces is one of the most important aspects of revitalization processes in cities. "The space between buildings" is a continual game between user of urban space and its physical volume, shape and geometrical parameters. Spatial structure and geometrical parameters are important determinants of quality of urban space in small cities. The article presents prospects and results of advanced analyses of urban transformation, in field of geometry of public spaces, applied in environment of 3D city models. The sample application is presented on example of small Polish cities suffering significant spatial changes due to history of last age.

Key words: 3D city models, geometric structure, public space, revitalization, urban transformation.

## 1. WPROWADZENIE

Małe miasta stały się w ostatnich latach jednym z najistotniejszych elementów sieci osadniczej Polski i Unii Europejskiej. Środki finansowe na rozwój przestrzenny i społeczny małych miast funkcjonują na poziomie UE i lokalnym. Powrót do promocji zrównoważonego rozwoju i różnorodności lokalnej chroniących m.in. małe miasta przed zbyt intensywnym wpływem procesów globalizacyjnych widoczny jest chociażby w takich międzynarodowych inicjatywach jak Cittaslow<sup>1</sup>, ECOVAST itd. Dodatkowo znaczenie miast jako motorów rozwoju i przyszłości widać również w publikowanych dokumentach UE [9]. Małe i średnie miasta często odgrywają decydującą rolę w gospodarkach regionalnych. Stanowią one podstawę regionów miejskich oraz nadają charakter ich regionalnym krajobrazom i decydują o ich odrębności [8]. Pojawiają się argumenty, że ich struktura wzrostu i rozwoju w Europie Zachodniej stanowi najlepiej zrównoważony system miejski na świecie [3]. To w małych miastach można zaobserwować wiele cech, które odpowiadają postulatowi i potrzebie zrównoważonego rozwoju i urbanizacji. Są ogniwem łączącym społeczności rolnicze z wysoko rozwiniętymi grupami społecznymi zamieszkującymi miasta i metropolie. Postulaty kompleksowej rewitalizacji małych miast, zarówno w płaszczyźnie społecznej, jak i przestrzennej, będą realizowane w najbliższej perspektywie finansowania programów Unii Europejskiej do roku 2020 [9].

Znaczenie małych miast na obszarze Polski jest również kluczowe dla struktury osadniczej. Przyjmując zgodnie ze standardami przyjętymi dla danych GUS, określenie „małego miasta” jako jednostki osadniczej do 20.000 mieszkańców [10], okazuje się, że stanowią one około 75% wszystkich miast Polski.

Małe miasta – szczególnie Polskie – zmieniły się bardzo na skutek zniszczeń wojennych i zmian systemowych. Oryginalne przedwojenne, małomiasteczkowe przestrzenie publiczne w postaci rynków o zwartej obudowie urbanistycznej, zamieniono na nowe przestrzenie zgodne z duchem modernistycznych osiedli. Powstały przestrzenie o innych gabarytach, innym *genius loci*, innej geometrii przestrzennej. Niektóre z tych zmian doprowadziły do całkowitej utraty oryginalnego charakteru i sposobu funkcjonowania małych miast.



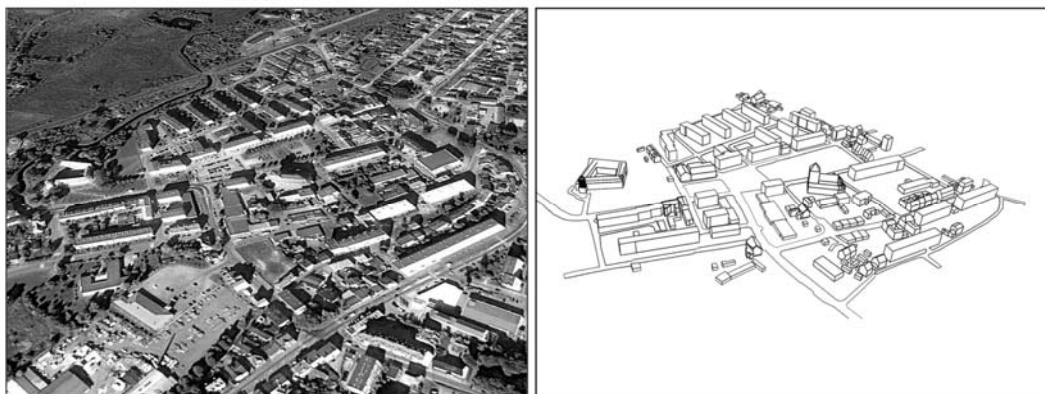
Ryc. 1. Fragment powojennej przestrzeni publicznej miasta Świdwina powstałej w miejscu ścisłej zabudowy przedwojennej i rynku miejskiego. Źródło: Fotoforum GW, autor: użytkownik tppolska [4]

Fig. 1. Post-war public space in town of Świdwin developed in original location of pre-war urban structure with main market square. Source: Fotoforum GW, author: user tppolska [4]

<sup>1</sup> Międzynarodowa Sieć Miast Dobrego Życia.

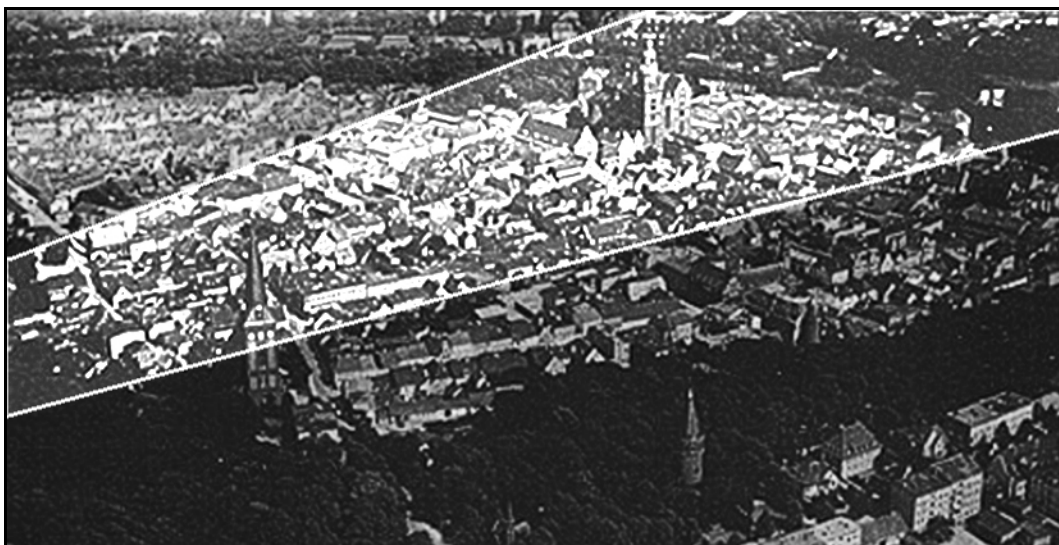
Procesy przemian przestrzeni małych miast są intuicyjnie odczuwalne przez kolejne pokolenia mieszkańców - użytkowników małych miast, jednakże mierzalność geometryczna zmian w strukturze urbanistycznej pozostaje wyzwaniem i zagadnieniem interesującym w dobie wskaźników i parametrycznego opisywania zjawisk.

Zmiany w dostępności danych cyfrowych, a w szczególności intensywny rozwój techniki pozyskiwania cyfrowych danych przestrzennych umożliwia coraz szersze zastosowania takich narzędzi, jak cyfrowe modele miast do różnorodnych obserwacji i analiz przestrzeni miast. Dzisiejsze możliwości komputerowe pozwalają pracować sprawnie na modelach przestrzennych praktycznie całych miast i środowisko wirtualnych modeli jest wykorzystywane do coraz to innych bardzo innowacyjnych aplikacji. Komputerowe środowisko nie jest w stanie odwzorować, analizować intuicyjnej relacji użytkownika z przestrzenią miasta, jednakże opisanie przestrzeni miast w sposób parametryczny za pomocą cech geometrycznych jest znaczącym krokiem dla świadomego planowania nowych przestrzeni i rewitalizacji istniejących fragmentów miast i przestrzeni publicznych.



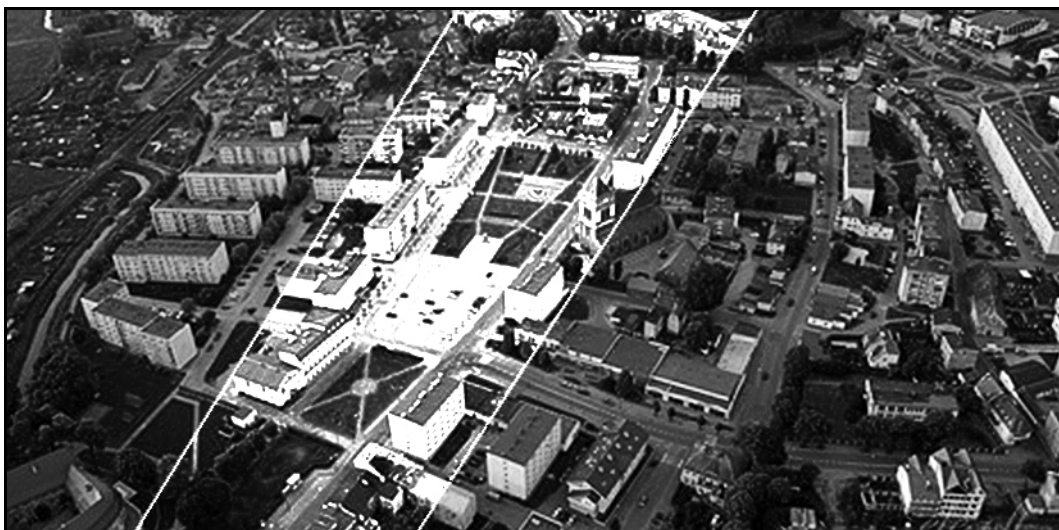
Ryc. 2. Porównanie standardowych dwuwymiarowych danych mapowych / zdjęciowych i trójwymiarowego modelu przestrzennego małego miasta jako narzędzia do zastosowań analitycznych. Źródło: autor  
Fig. 2. Comparison of standard 2D map / photo data and 3D city model as an analytic tool. Source: author

Przedmiotem podjętych obserwacji porównawczych są geometryczne aspekty przestrzeni publicznych i struktury zabudowy małych miast. Dzięki zastosowaniu technik komputerowych i perspektywicznych narzędzi, jakimi są cyfrowe modele miast, przestrzeń miasta rozpatrywana jest w tym wypadku jako geometria przestrzenna w modelu 3D miasta ściśle odwzorowująca jego zabudowę i przestrzenie pomiędzy budynkami. Cechy i parametry tej geometrii użyte zostały do obiektywnej analizy zmian, które nastąpiły w miastach. Dzięki klasycznym technikom porównywania planów miast widoczne są zmieniające się schematy kompozycji urbanistycznej. Podstawową przewagą zastosowania modeli cyfrowych jest pełna obserwacja struktury łącznie z cechami wysokościowymi i objętościowymi. Głównym założeniem prezentowanych badań jest obiektywna i parametryczna analiza porównawcza struktury urbanistycznej małych miast, których układ przestrzenny uległ znaczącym zmianom na skutek różnych czynników rozwojowych i historycznych. Szczególnym przypadkiem są małe miasta Polskie, w których na skutek działań zniszczeń wojennych zmiany nastąpiły radykalnie, w krótkim czasie i w bardzo znaczącym zakresie przestrzennym. Obserwację przeprowadzono na wybranych 7 miastach o średniowiecznej genezie i zlokalizowanych w województwie zachodniopomorskim. Jako graniczną datę dla porównania struktur miejskich przyjęto rok 1939 – zatem porównywane są tutaj urbanistyka przedwojennych i powojennych małych miast.



Ryc. 3a. Struktura urbanistyczna miasta Świdwin przed II Wojną Światową i obecnie. Źródło: Archiwum rodziny Goerke [1]

Fig. 3a. Urban structure of Świdwin before the II World War and presently. Source: Goerke family archive [1]



Ryc. 3b. Struktura urbanistyczna miasta Świdwin przed II Wojną Światową i obecnie. Źródło: Elesoft, Krzysztof Wąsowicz [2]

Fig. 3b. Urban structure of city of Świdwin before the II World War and presently. Source: Internet: Elesoft, Krzysztof Wąsowicz [2]

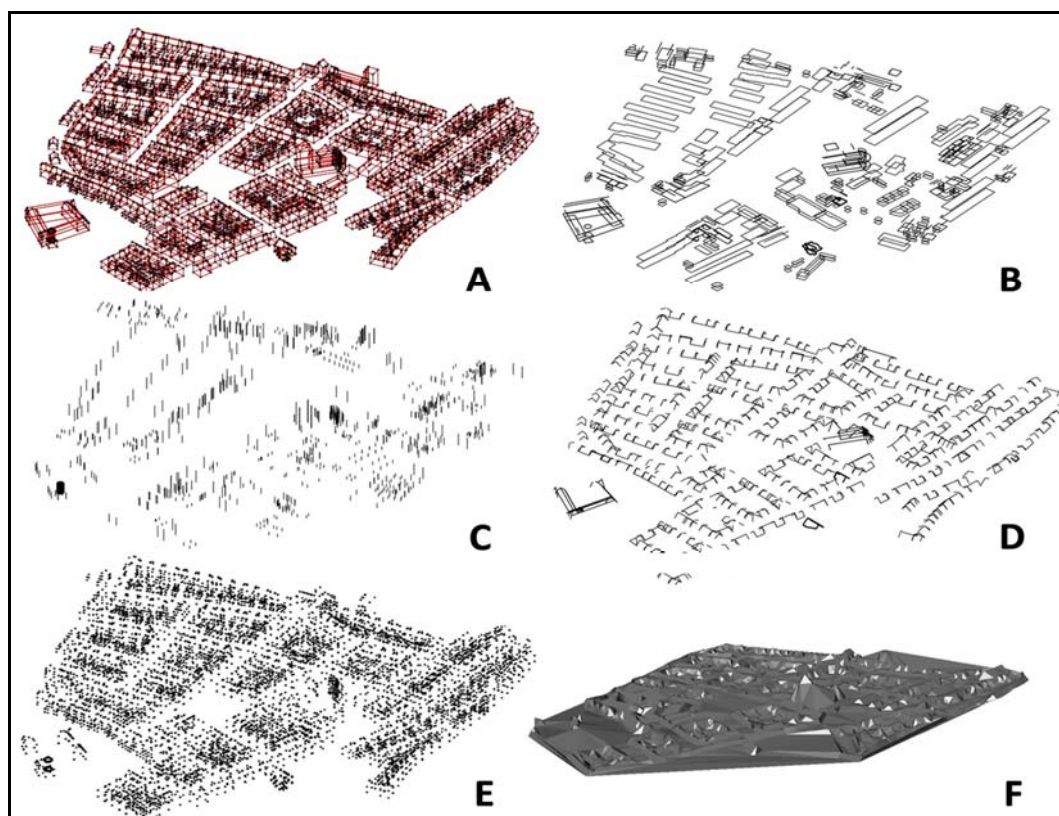
## 2. ANALIZA

### Dane geometryczne

Podstawowym środowiskiem dla wykonania analizy porównawczej struktury małych miast w kontekście struktury geometrycznej zabudowy są w prezentowanym modelu 3D miast. Dla przeprowadzenia testowej aplikacji dostępne były modele 7 małych miast województwa Zachodniopomorskiego<sup>2</sup>. Modele 3D zostały ujednolicone w standardzie CAD do

<sup>2</sup> Modele CAD zostały udostępnione do badań przez dr inż. arch. Mariusza Tuszyńskiego (ZUT) i zostały wykonane w ramach dysertacji doktorskiej w roku 2008.

dokładności geometrii odpowiadającej standardowi LOD2<sup>3</sup> w formacie cityGML<sup>4</sup>. Dla uzyskania porównywalnych danych do analiz wszystkie modele (stanu przed i po roku 1939) zostały rozbite do jednorodnej struktury opartej na podstawowych elementach geometrycznych – poligonach, liniach, punktach oraz bryłach przestrzennych. Poniższa ilustracja (ryc. 4) prezentuje rodzaje danych geometrycznych użytych do analizy porównawczej struktury małych miast przed i po II wojnie światowej.



Ryc. 4. Rodzaje danych geometrycznych uzyskanych z modelu 3D miasta użytych do obserwacji stopnia transformacji urbanistycznej struktury małych miast: a) pełen model 3D zabudowy; b) geometria linii poziomych modelu; c) geometria linii pionowych modelu; d) geometria linii pochyłych modelu; e) chmura punktów; f) wygenerowana bryła negatywu 3D miasta. Źródło: autor

Fig. 4. Types of geometric data extracted from 3D city model used to analyze transformation of urban structure of small cities: a) full 3D city model of built-up area; b) geometry of horizontal lines; c) geometry of vertical lines; d) geometry of inclined lines; e) point cloud; f) 3D-negative. Source: by author

Komponenty geometrii w postaci płaszczyzn i linii powstają na skutek prostego rozbicia modelu CAD, natomiast chmura punktów (wierzchołków geometrii modelu 3D miasta) oraz negatyw 3D są automatycznie generowane przy użyciu autorskiej metody i procedur komputerowych<sup>5</sup>.

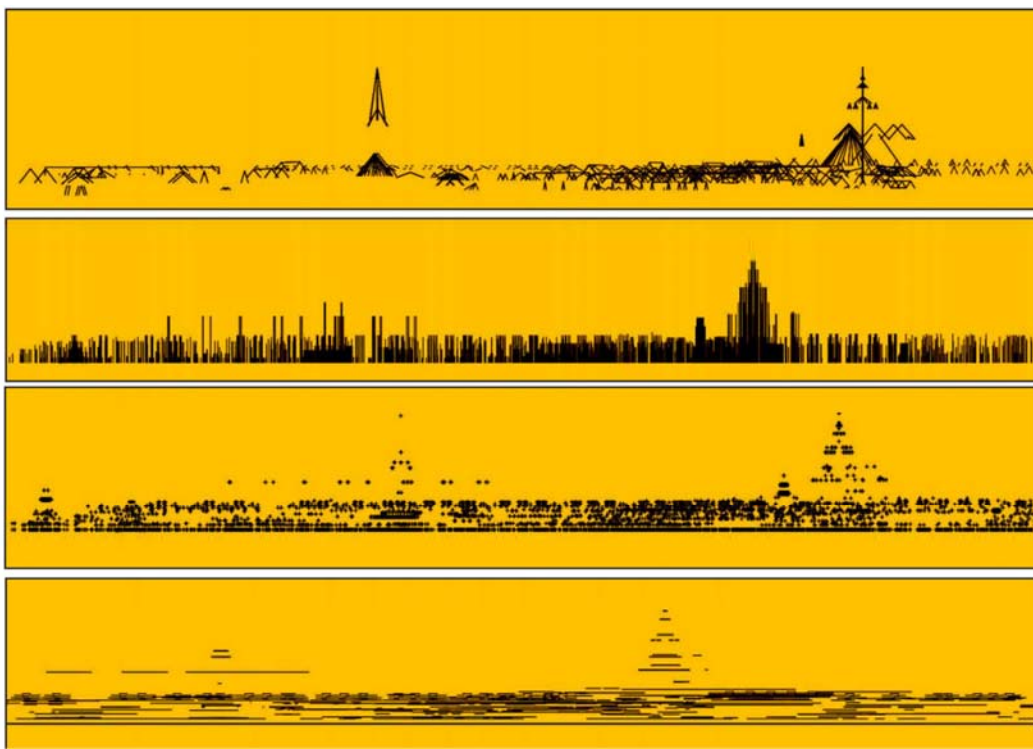
Uzyskane na skutek przetworzenia modeli 3D dane geometryczne umożliwiają różne typy odwzorowania struktury miasta za pomocą podstawowych elementów geometrycznych. Poniższa ilustracja (ryc. 5) prezentuje spektralne widoki struktury małego miasta przy

<sup>3</sup> ang. Level of Detail

<sup>4</sup> Standard danych dla modeli przestrzennych uniwersalny dla zastosowań analitycznych, ang. Geography Markup Language.

<sup>5</sup> Kod komputerowy procedur opracowany został w wewnętrznym języku AutoCAD – AutoLISP przez dr inż. arch. P. Rubinowicza, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Centrum Cyber Urbanistyki

użyciu prostych elementów składowych geometrii – linii pochyłych, pionowych, poziomych i wygenerowanej chmury punktów. Czytelna jest struktura wysokościowa z dominantami wież kościelnych oraz zagęszczenie struktury geometrycznej w rejonie intensywnej, drobnej zabudowy staromiejskiego rynku.



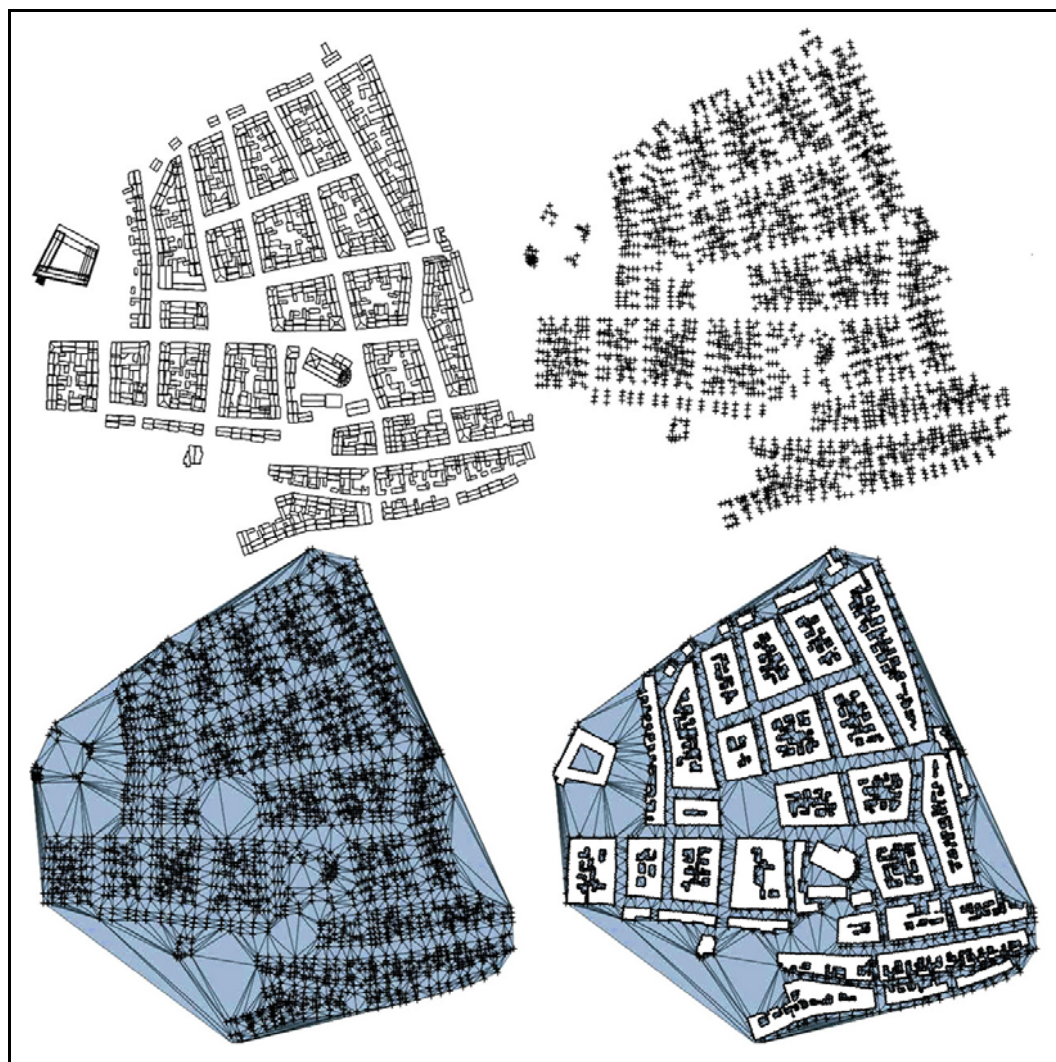
Ryc. 5. Widoki spektralne struktury małego miasta wygenerowane przy użyciu podstawowych geometrii: linii pochyłych (najwyżej), linii pionowych, chmury punktów i linii poziomych (najniżej). Źródło: autor

Fig. 5. Spectral views of small city urban structure generated by basic geometries: inclined lines (top), vertical lines, point cloud and horizontal lines (bottom). Source: author

### Przetwarzanie geometrii

Kluczowym procesem dla pozyskania porównywalnych danych geometrycznych dla analizy struktur miejskich na różnych etapach transformacji urbanistycznej jest przetwarzanie modelu 3D miasta w celu wygenerowania nowych składników geometrycznych takich, jak tzw. chmura punktów oraz negatyw 3D przestrzeni miasta – trójwymiarowa geometria przestrzeni pomiędzy budynkami. W przypadku „chmury punktów”, składa się ona z granicznych wierzchołków geometrii modelu miasta, zatem reprezentuje w postaci numerycznych współrzędnych XYZ wszystkie elementy fizycznej, zabudowanej struktury miasta. Będą to zatem przede wszystkim wierzchołki ścian i dachów budynków, ale również wierzchołki elementów innych struktur architektonicznych, elementów przestrzennych zagospodarowania terenu itd. Dodatkową możliwość porządkowania danych umożliwia stosowanie modeli w standardzie cityGML, w których to komponenty geometrii mają przypisany identyfikator oznaczający konkretny budynek itd. Możliwe jest zatem odczytanie na poziomie bazy danych, przynależności geometrii do konkretnych obiektów w przestrzeni miasta. Negatyw 3D, jako metoda generowania trójwymiarowej geometrii przestrzeni pomiędzy budynkami, pozwala na obserwację struktury przestrzeni otwartych miasta jako geometrycznej bryły wypełniającej przestrzeń między zabudową. Poniżej przedstawiono 4 postaci geometryczne przekształcanego modelu 3D miasta Świdwina

(ryc. 6). Szczegóły procedury generowania tzw. negatywów 3D były prezentowane we wcześniejszych publikacjach [12].



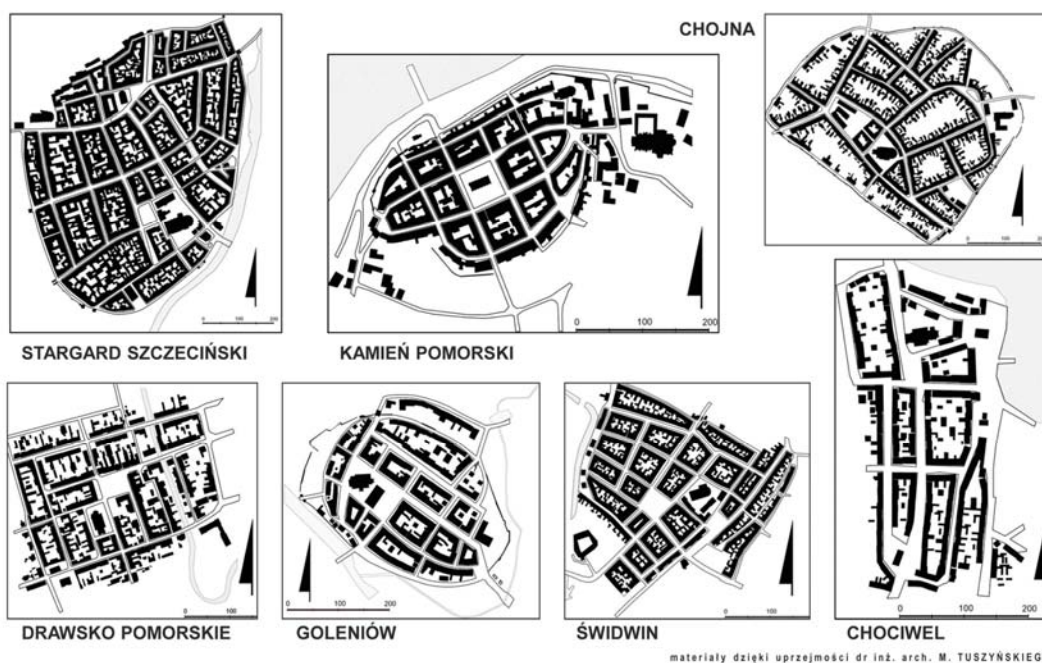
Ryc. 6. Cztery postaci geometryczne przekształcanego modelu 3D miasta – model źródłowy (CAD / cityGML), chmura punktów, geometryczna siatka 3D struktury urbanistycznej miasta, negatyw 3D. Źródło: autor

Fig. 6. Four geometric appearances of processed 3D city model – original model (CAD / cityGML), 3D point cloud, 3D mesh of entire urban structure, 3D-negative. Source: author

### 3. APLIKACJA

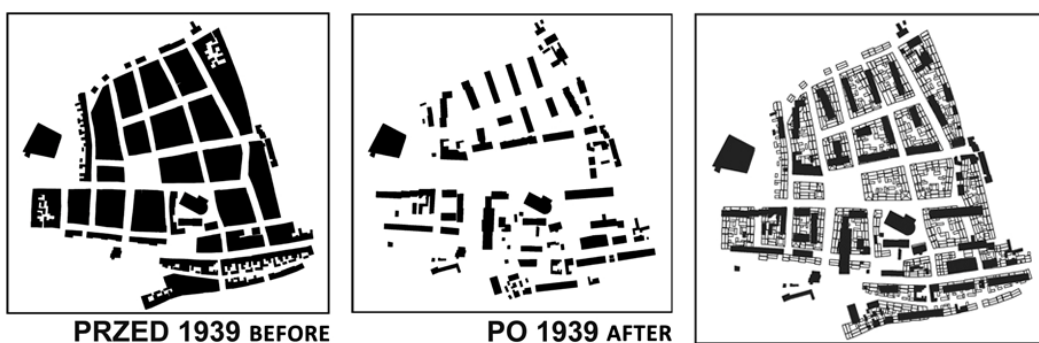
Obserwację zmian w strukturze przestrzennej małych miast prowadzono na poziomie cech geometrycznych przy użyciu modeli 3D siedmiu wybranych małych miast województwa Zachodniopomorskiego. Miasta te są klarownym przykładem znaczących zmian w strukturze urbanistycznej spowodowanej zniszczeniami wojennymi w latach 1939-1945 i późniejszej implementacji systemu planowania i zasad urbanistycznych epoki modernizmu. Wszystkie wybrane małe miasta oryginalnie posiadały zwartą strukturę staromiejskiego centrum z dominantą w postaci kościoła i rynku miejskiego. Poniższa lustracja (ryc. 7) przedstawia oryginalną strukturę urbanistyczną miast w postaci tzw. „schwarzplanów”.

Podstawą dla wykonania analizy porównawczej układów przestrzennych wybranych miast było wykorzystanie modeli 3D zawierających zarówno zrekonstruowany układ przedwojenny miast, jak i współczesną strukturę urbanistyczną. Poniżej przedstawiono przed- i powojenną urbanistykę Świdwina pokazującą, z jak znaczącymi zmianami przestrzennymi mamy do czynienia po roku 1939 (ryc. 8). Widoczna jest całkowita transformacja z historycznej intensywnej kwartałowej zabudowy w kierunku liniowej blokowej zabudowy powojennej i zmiana struktury urbanistycznej ścisłego centrum miasta.



Ryc. 7. Wybrane małe miasta, których cyfrowe modele zostały użyte dla analizy zmian struktury urbanistycznej na poziomie geometrycznym. Źródło: il. autora na podstawie map autorstwa dr inż. arch. M. Tuszyńskiego

Fig. 7. Selected small towns used for analysis of urban structure transformations on geometric level using 3D city models. Source: fig. By author on the basis of maps by PhD arch. M. Tuszyński



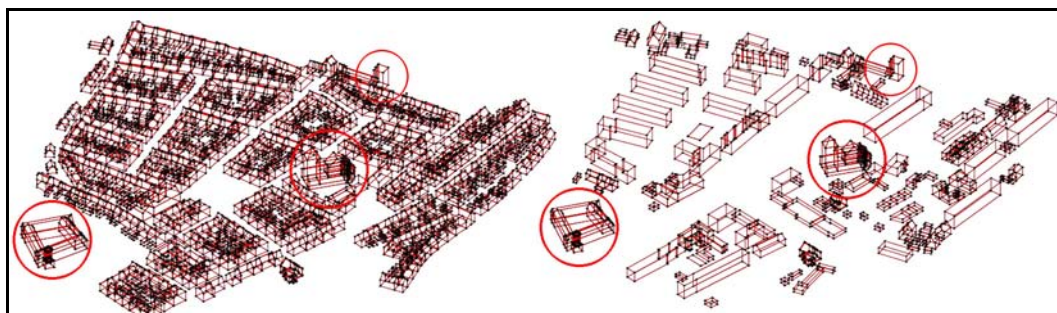
Ryc. 8. Struktura urbanistyczna Świdwina przed i po roku 1929 - schwarzplan. Źródło: il. autora na podstawie map autorstwa dr inż. arch. M. Tuszyńskiego

Fig. 8. Urban structure of Świdwin before and after year 1939 - schwarzplan. Source: fig. By author on the basis of maps by PhD arch. M. Tuszyński

Przypadek małego miasta Świdwina został wybrany do zaprezentowania analizy porównawczej struktury urbanistycznej przedwojennego miasta z kompletnie zmienionym układem zabudowy w okresie powojennego rozwoju. Oryginalny układ urbanistyczny pozostał



rozpoznawalny w zasadzie jedynie w postaci dwóch dominant przestrzennych kościoła i zamku oraz fragmentu siatki ulic w rejonie dawnego rynku. Struktury urbanistyczne z obu okresów zaprezentowano poniżej (ryc. 9) w formie cyfrowych modeli CAD.

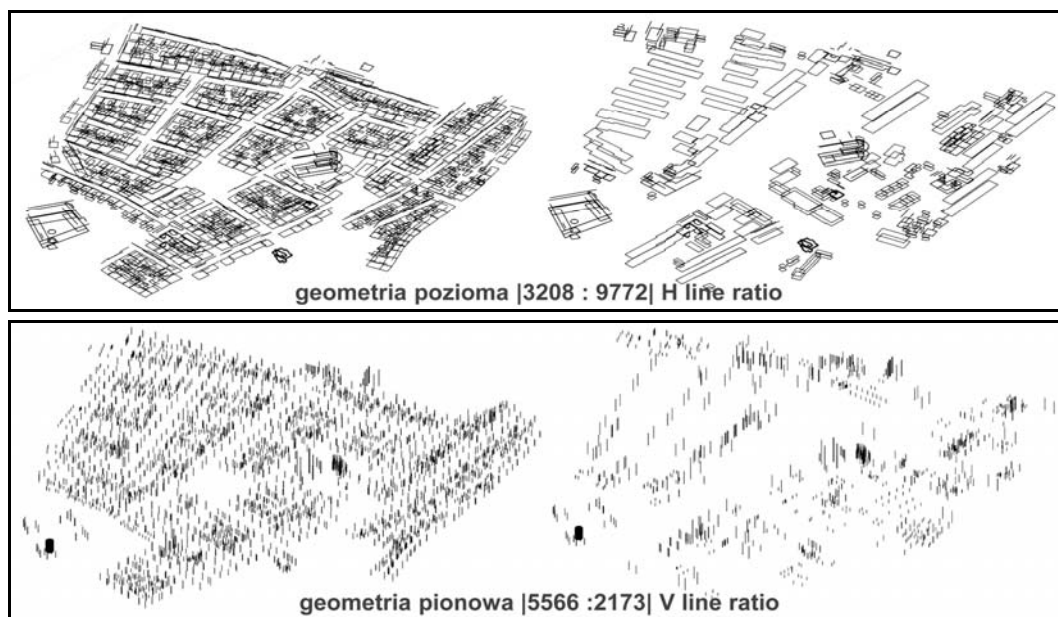


Ryc. 9. Porównanie cyfrowych modeli przestrzennych zabudowy miasta Świdwina z okresu przedwojennego oraz obecnych czasów. Źródło: autor

Fig. 9. Comparison of 3D models of Świdwin from pre-war period and nowadays. Source: author

### Właściwości geometryczne zmian struktury urbanistycznej

Obydwa przedstawione modele zostały doprowadzone do jednorodnej konstrukcji geometrycznej i rozbite na proste składowe elementy geometryczne. W sposób zautomatyzowany została wygenerowana tzw. chmura punktów – tożsama z wierzchołkami geometrii reprezentującej strukturę zabudowy miasta. Pierwsza analiza porównawcza została przeprowadzona na poziomie geometrii liniowej modelu 3D – linii poziomych i pionowych (ryc. 10). Linie poziome (powyżej) w pierwszym rzędzie odpowiadają obrysom budynków i ich poziomowi skomplikowania na planie. Linie pionowe (poniżej) odpowiadają pionowym krawędziom ścian budynków – narożnikom.

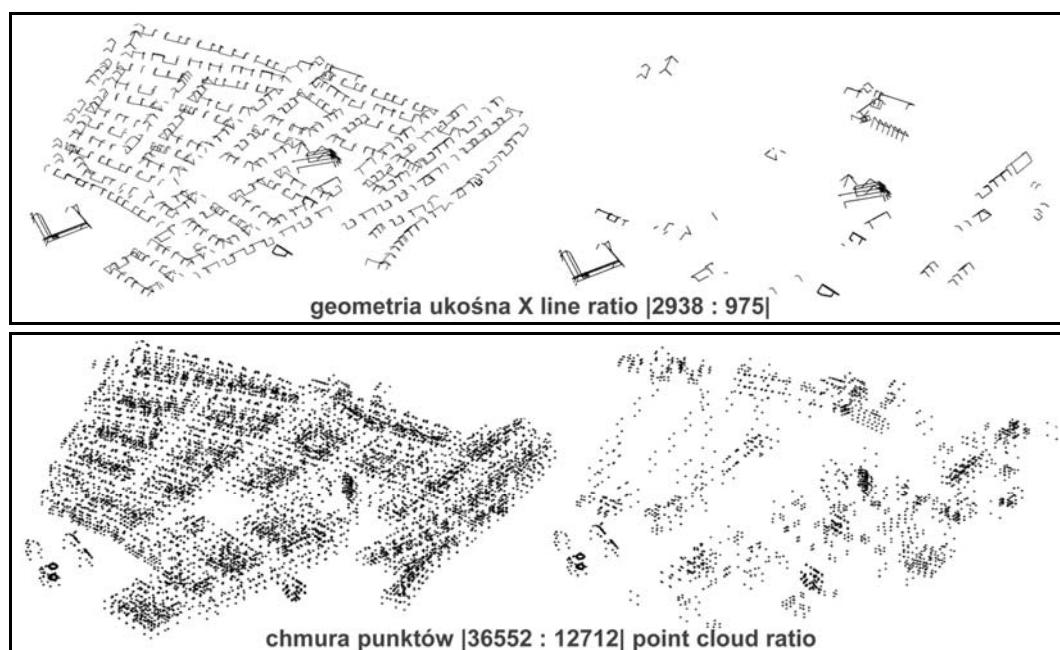


Ryc. 10. Zestawienie złożoności geometrycznej zabudowy Świdwina przed i po roku 1939 w modelu 3D, na poziomie linii pionowych i poziomych. Źródło: autor

Fig. 10. Comparison of geometric complexity of Świdwin in 3D city models on the geometric level of horizontal and vertical lines. Source: author

Na tym poziomie porównania geometrii analiza wskazuje 9772 linie składowe planów budynków przed rokiem 1939, w stosunku do 3208 linii w strukturze powojennej. Analogicznie dla badania porównawczego linii pionowych (krawędzi – narożników budynków) wynik to 5566 linii w stosunku do 2173 – co wskazuje 3-krotnie większą złożoność geometryczną zabudowy przedwojennej Świdwina.

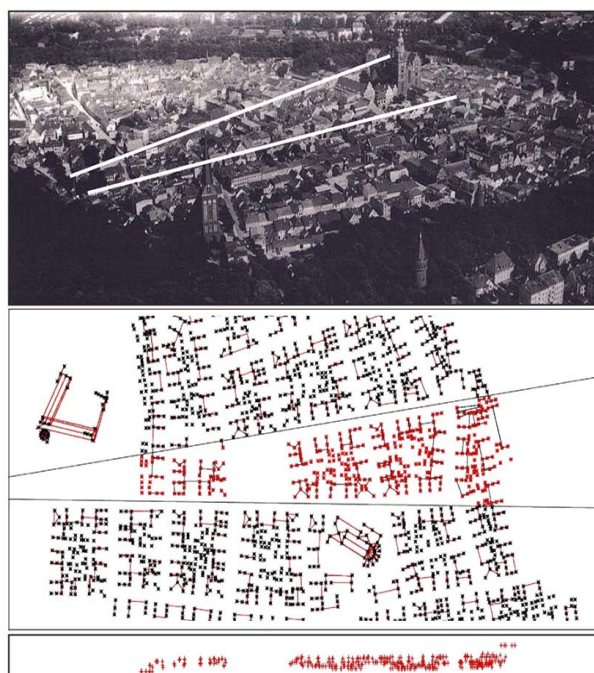
Kolejny poziom porównywania danych geometrycznych odnosi się do linii pochylonych modelu (nachylenie  $0 < x < 90^\circ$ ) oraz wygenerowanej chmury punktów (ryc. 11). Ilość geometrii linii pochylonych (powyżej) informuje ściśle o strukturze zabudowy w kontekście rodzajów dachów, ponieważ reprezentują one pochylone krawędzie dachów wysokich. Linie te mogą ewentualnie reprezentować pochylone ściany budynków, jednakże w porównywanych strukturach małych miast takowe nie występują. Analiza linii pochylonych niesie bardzo istotne informacje o formie architektonicznej miast przed wojną w stosunku do zabudowy powojennej. Historyczny Świdwin posiadał zwartą zabudowę o wysokich dachach, która została całkowicie zamieniona na modernistyczne bloki o płaskich dachach. Pozostałość linii pochylonych (975 linii) w powojennym modelu miasta to w zasadzie reprezentacja zachowanych dominant (kościół, zamek itd.) oraz nielicznych kamienic z wysokimi dachami. W przedwojennym modelu Świdwina detekcja wskazała prawie 2938 linii oznaczających geometrię dachów wysokich. Automatyczna detekcja wierzchołków geometrii modelu miasta (poniżej) umożliwiła porównanie ogólnej gęstości zabudowy miasta oraz prawidłowości i rozkładu przestrzennego przed i po transformacji urbanistycznej. Dodatkowa informacja wynikająca z analizy liczby geometrii punktów dotyczy poziomu architektonicznego – złożoności architektonicznej budynków w zakresie ich form. Historyczna zabudowa na nieregularnych planach i złożonej geometrii dachów powoduje generowanie wielokrotnie większej liczby punktów niż w przypadku 8-wierzchołkowej geometrii prostopadłościennych bloków powojennej zabudowy. Taki stosunek liczby wierzchołków (36555 do 12712) ma również związek z liczną zabudową gospodarczą towarzyszącą budynkom mieszkalnym w przedwojennym Świdwinie. Były to liczne warsztaty, usługi rzemieślnicze oraz budynki pomocnicze zlokalizowane najczęściej na tyłach zabudowy mieszkaniowej.



Ryc. 11. Zestawienie złożoności geometrycznej modeli 3D Świdwina na poziomie linii pochylonych oraz chmury punktów. Źródło: autor

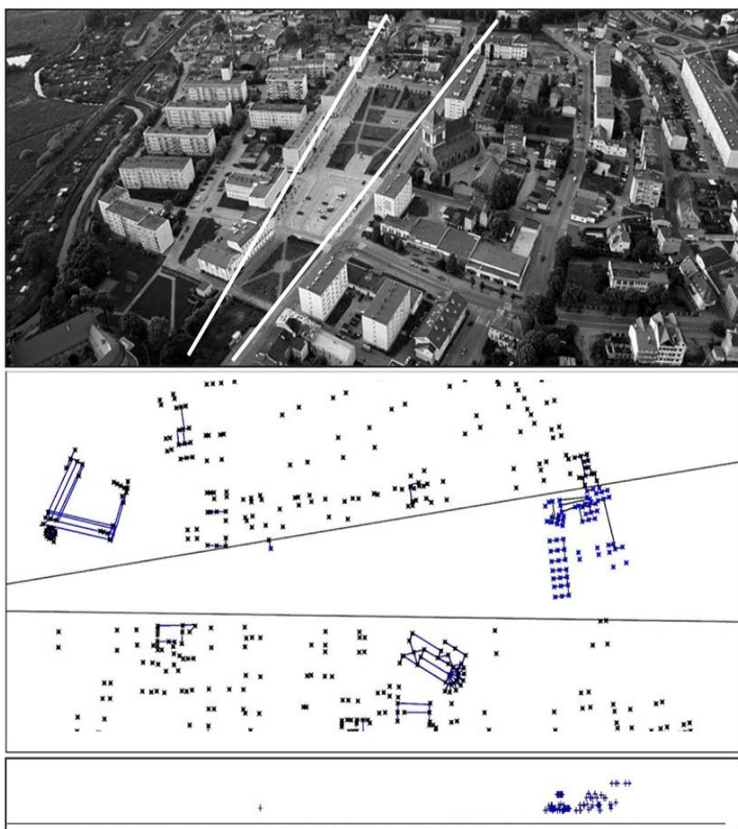
Fig. 11. Comparison of geometric complexity of Świdwin 3D city models – inclined lines and point cloud. Source: author

Współczynnik zmian przestrzennych w zakresie struktury geometrycznej przestrzeni miasta zawiera się w przedziale 2,5 do 3,0. W przypadku Świdwina oznacza to, że na skutek zniszczeń wojennych oraz powojennego rozwoju modernistycznego centrum miasta, miasto posiada obecnie prawie 3-krotnie mniejszą gęstość struktury urbanistycznej – co w efekcie odbioru przestrzennego czyni miasto w zasadzie nie do poznania w stosunku do jego przedwojennego układu. Złożoność architektoniczna i detal architektoniczny są ponad 3-krotnie mniejsze w stosunku do małomiasteczkowej architektury przedwojennej. Podobnie, jedynie mniej niż 1/3 budynków posiada obecnie dachy wysokie – wskaźnik ten jest w rzeczywistości jeszcze wyższy ponieważ znaczącą część geometrii linii pochylonych obecnego miasta stanowią krawędzie skomplikowanych i złożonych dachów kościoła oraz zamku. Uzyskane i przytoczone współczynniki i liczby stanowią jedynie opis parametryczny obrazu przeszłego i obecnego małego miasta, jednakże wskazują jednoznacznie na zdecydowaną utratę oryginalnego charakteru Świdwina. Istotny jest również rozkład punktów w przestrzeni miasta na poziomie geometrii chmury punktów. Widoczna jest regularność rozkładu punktów i czytelność układu przestrzeni otwartych w stosunku do ścisłej zabudowy kwartałów. Obecny rozkład punktów uniemożliwia odczyt struktury przestrzennej miasta. W opracowaniu jest analogiczny zestaw analiz dla innych małych miast w celu poszukiwania prawidłowości na poziomie porównawczym różnych miast. Wspomniany widok spektrum punktów i wygenerowana trójwymiarowa siatka całościowej struktury zabudowy zostały zastosowane dla zobrazowania zmian w profilu zabudowy w ścisłym centrum Świdwina. Na ilustracjach (ryc. 12a, 12b) widać w strukturze chmury punktów czytelny przedwojenny układ regularnej zabudowy i przestrzeń placu oraz szczątkową strukturę urbanistyczną w tej części miasta obecnie. Prezentowane zdjęcia lotnicze miasta Świdwina z okresu przedwojennego (ryc. 12a - archiwum niemieckiej Luftwaffe) oraz miasta w układzie obecnym (ryc. 12b) ilustrują relację między rzeczywistym obrazem struktury miejskiej a jego geometryczną interpretacją. Artykuł prezentuje jedynie przykładowe zastosowanie analizy geometrycznej. Porównanie wyników dla pozostałych miast z zestawieniem parametrów liczbowych zostanie opublikowane w kolejnym artykule. Planowane jest również poszukiwanie typologii geometrii na poziomie porównań między miastami lokalnymi a Europejskimi oraz między miastami o podobnej i różnej genezie powstania.



Ryc. 12a. Porównanie struktury przestrzennej najbardziej zmienionego fragmentu centrum Świdwina na planie i w widoku spektrum chmury punktów. Źródło: autor

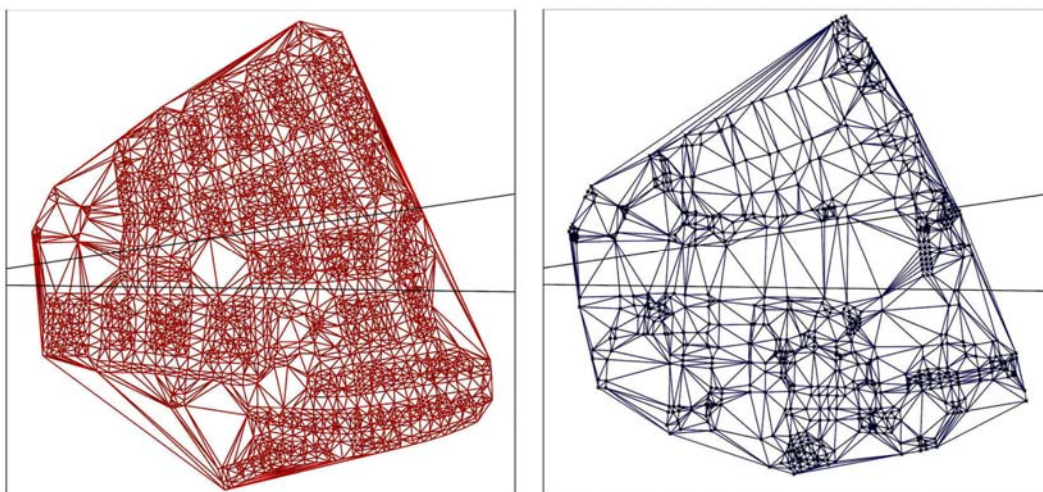
Fig. 12a. Comparison of spatial structure of mostly deformed part of Świdwin on plan and in spectral view of point cloud. Source: author



Ryc. 12. Porównanie struktury przestrzennej najbardziej zmienionego fragmentu centrum Świdwina na planie i w widoku spektrum chmury punktów. Źródło: autor

Fig. 12. Comparison of spatial structure of mostly deformed part of Świdwin on plan and in spectral view of point cloud. Source: author

Porównania stopnia złożoności struktur urbanistycznych i przestrzeni pomiędzy budynkami można dokonywać również na bazie bardziej złożonych form geometrycznych – automatycznie generowanych siatek 3D i brył 3D. Tego rodzaju formą odwzorowania jest wspomniany negatyw 3D i efekty triangulacji (ryc. 13) w procesie przekształcania modeli miast.



Ryc. 13. Triangulacja Delaunay'a wykonana dla porównywanych modeli struktury miasta. Widoczna czytelność układu urbanistycznego i struktury przestrzeni pomiędzy budynkami przedwojennego miasta. Źródło: autor

Fig. 13. Delaunay's triangulation applied for compared 3D city models. Visible legibility of urban structure and space between buildings in pre-war period of city. Source: author

Prezentowana na ilustracji (ryc. 13) triangulacja Delaunay'a jest pośrednim etapem generowanie negatywu 3D w modelu miasta. W prezentowanym przypadku użyto pełnej trójwymiarowej siatki trójkątnej wygenerowanej na podstawie chmury wierzchołków modelu miasta. Siatka ta umożliwiła analizę porównawczą czytelności struktury urbanistycznej Świdwina w dwóch różnych okresach rozwoju miasta. Przykład ten w szerszym ujęciu w zasadzie odzwierciedla zmiany w urbanistyce w okresie przejścia od klasycznej kompozycji urbanistycznej w kierunku zabudowy modernistycznych osiedli. W szczegółowym spojrzeniu, widać w po regularności geometrii trójkątów na przebiegu ulic przedwojennego Świdwina, jak regularna była zabudowa w kontekście szerokości frontów działek i budynków. Główny, regularny prostokątny rynek miejski również widoczny jest w strukturze miasta. Przeciwnością tych regularności jest siatka geometryczna modelu współczesnego układu miasta (po prawej). Trójkąty powstałe z geometrii chmury punktów mają bardzo nieregularny rozkład – układ komunikacyjny jest w zasadzie nie do odczytania, jedynie wyróżnia się pusta otwarta przestrzeń nie zabudowana w centrum miasta.

Przedstawiony przykład analizy porównawczej struktur urbanistycznych małego miasta na różnych etapach jego rozwoju z pomocą modeli 3D miast i zawartych w nich cech i elementów geometrycznych wpisuje się w ogólne tendencje parametrycznej mierzalności zjawisk przestrzennych i obiektywizacji w procesach analiz urbanistycznych. Użycie danych z cyfrowych modeli przestrzennych w formie najprostszych geometrii – punktów, linii itd. - pozwala obserwować obiektywnie zarówno ogólne współczynniki zmian przestrzennych, jak i zestawiać precyzyjne dane na temat geometrii przestrzeni miast. Małe miasta stanowią obecnie bardzo ważny i perspektywiczny element sieci osadniczej, w związku z czym obiektywny monitoring i obserwacja ciągłości przestrzennej tych miast z użyciem nowoczesnych narzędzi komputerowych jest interesującą propozycją dla planowania przekształceń struktur miejskich.

## **PROSPECTS AND POTENTIALS OF REVITALIZATION OF PUBLIC SPACES IN SMALL CITIES. ANALYSIS OF SPATIAL CONTINUITY AND GEOMETRICAL PARAMETERS OF URBAN STRUCTURE IN ENVIRONMENT OF 3D CITY MODELS.**

### **1. INTRODUCTION**

Small cities have recently become one of the most important components of settlement networks in Poland and European Union. Financial resources for spatial and social development of small cities are programmed at local and European level. The return to promotion of sustainable development and local diversity protecting small cities from too intense impact of globalization processes is visible in such international initiatives as Citaslow, ECOVAST etc. Moreover, the meaning of cities as driving forces of future development is visible also in published documents of EU.

Small cities – particularly Polish – have changed a lot by acts of war and political system changes. The original prewar provincial towns with public spaces in form of market squares directly surrounded by housing were replaced by new urban spaces accordant to spirit of modern housing. The new public spaces have different volume, different *genius loci*, different spatial geometry. Some of these changes have led to complete deprivation of original character and functioning of small cities.

Spatial transformation processes in small towns are intuitively noticed by succeeding generations of inhabitants, however geometric measurability of changes in urban structure seems to be a challenging and interesting issue in times of parametric description of reality.

The turn in accessibility of digital data and intensive development of techniques of digital spatial data acquisition allows more and more wide applications of such tools as virtual city models in spatial observation and analysis of urban areas. Present capacity of computer systems allow smooth operations on virtual city models of practically entire cities and virtual models are used for more and other applications. Computer environment is not capable to reproduce and analyze intuitional interaction of user with space, but parametric description of urban space using geometric features is significant step towards conscious planning of new and revitalization of existing parts of cities and public spaces.

The subject of undertaken comparative observations are geometric aspects of public spaces and built-up areas of small cities. Through the use of computer techniques and such perspective tools as virtual city models, the urban space is examined in this case as spatial geometry within 3D city model. Features and parameters of this geometry were used for objective analysis of spatial transformation of small cities. Classic 2D techniques of comparing city structure plans allow limited analysis of changing urban structure. The main advantage of using virtual models is full observation of city structure with height and volume parameters. The main focus of presented case study is sample presentation of objective and parametric comparative analysis of urban structures of small cities significantly due to different development and historical factors. The specific case are small Polish cities which have suffered radical transformation in short time and in huge spatial extent. The observation was performed on 7 small towns originated from the Middle Ages and located in West Pomeranian region. The year 1939 was set as a crucial date for comparing prewar and postwar urban structures of small cities.

## 2. ANALYSIS

### Geometric data

The basic environment for presented analysis are 3D city models. The case uses 7 virtual city models in total. Selected 3D city models are developed in CAD standard in accuracy corresponding to LOD2 standard by the cityGML data format. For the purpose of analysis, the models (before and after 1939) were exploded to basic primitive geometries – polygons, lines, points and solids. Figure 4. presents types of geometric data used for comparative analysis of urban structures of selected cities. Such geometric components, as surfaces and lines result from basic exploding of CAD model, but such data as point cloud (vertices of 3D city geometry) and 3D-negative are automatically generated by individual method and computer procedures. The post-processed 3D geometric data from virtual city models allow different types of representation of urban structure by basic geometries. Figure 5 presents spectral views of urban structure of small city generated by primitive geometries – inclined lines, vertical, horizontal and generated point cloud. The legible height structure is visible with dominant church towers and dense geometric structure in area of intensive housing around market square.

### Processing of geometry

The key process for acquisition of geometric data for analytic application of urban structures at different stages of urban development is processing of 3D city model to generate new geometric components such, as *point cloud* or *3D-negative* of city and space between buildings. In case of the point cloud it consists of boundary vertices of geometry representing city in form of XYZ coordinates. The additional possibility for data arrangement is using models in cityGML standard, where geometric components have unique IDs belonging to specific buildings. The 3D-negative allows observation of urban structure as geometric 3D solid representing voids between buildings. The details of generating 3D-negatives were presented in other publications.

### 3. APPLICATION

Observation of changes in spatial structure of small cities was completed at level of geometric features using 3D virtual city models of 7 selected towns in West Pomeranian region. These cities are clear example of radical changes in urban structure caused by acts of war and later implementation of modernist urban principles. All the original cities had solid structure of old-town with dominant building of church and market square. Figure 7 presents original structure of selected cities in form of so called *schwarzplans*. The basis for comparative analysis of spatial structures was using uniform 3D models containing prewar and present urban structure. Figure 8 shows prewar and postwar urban layout of Świdwin – proving extensive urban transformations. The case of small town of Świdwin was selected to indicate possibilities of comparative analysis of completely changed urban layouts changed in time. The original urban structure is recognizable practically only by 2 spatial dominants of church and castle and part of street grid around historic market square. The both geometries are presented as CAD models in figure 9.

#### Geometric features of changes in urban structure

Both presented models were exploded to uniform comparable geometric construction and exploded to similar basic geometric components. The point cloud of boundary vertices of 3D model was generated automatically. The first comparable analysis was completed using linear geometry – vertical and horizontal lines. Horizontal lines stand for building outlines and its complexity. Vertical lines represent edges of buildings' walls – corners.

The next mean of comparative analysis refers to inclined lines (inclination  $0 < x < 90^\circ$ ) and generated point cloud. Number of inclined lines geometries provides information on buildings in context of types of roofs. Automatically generated vertices stands for architectural complexity and number of detail and allowed analysis of general intensity of buildings before and after urban transformation. The historical buildings on irregular plans and complex geometry of roofs result in many times more points in space than typical 8-vertices geometry of cuboid architectural forms of panel housing.

The value of indicator of spatial changes of geometric structure of the city was between 2.5 and 3.0. In case of Świdwin it means, that due to acts of IIWW, the city has 3-times less urban intensity than original town. In practice, the original structure is barely unrecognizable. Similarly, only 1/3 of buildings with high roofs – in fact the indicator is even more strict because of significant number of inclined geometry belonging to church and castle. The used sample indicator and numbers are only parametric image of past and present small city, but indisputably indicate loss of original. The spatial disposition of points is important particularly at level of point cloud. Regularity of disposition of vertices is clearly seen in area of old-town structure in original city structure. Presently, the irregular disposition of points does not allow to read spatial structure of city.

The mentioned spectral view was used to map changers in built-up area in the very center of Świdwin. Figure 12 presents legible prewar urban layout of housing and market square and present vestigial urban structure visible in point cloud.

The presented on figure 13 effect of Delaunay's triangulation is intermediate stage of generating 3D-negative in virtual city model. The presented example uses full 3D triangular grid generated on the basis of the point cloud of vertices. The grid allows in Świdwin comparative analysis of legibility of urban structure in two different periods of time. The example, in wider extent, reflects changes in urban layout in transition period from classic urban composition towards modernist housing areas. In detail, it is seen by regularity of component triangles along old streets of Świdwin. The main rectangular market square is also clearly seen in urban structure. The opposite is geometric grid of present urban structure (right). The triangles resultant from point cloud have very irregular disposition – the communication scheme is barely non-visible.

The presented example or comparative analysis of urban structures in small cities in different succeeding periods of time is coherent with general tendencies of parametric

measurability of spatial phenomena and raising objectivity in urban analyses. Using data from 3D city models in form of primitive geometry – points, lines, etc. – allow objective observation both, general indicators of spatial transformation, and precise data on geometry of urban space. Small cities, as very important and perspective element of settlement network, demands objective monitoring and observation of spatial continuity using new computer tools and is interesting proposal for cities to support urban planning in cities.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] *Archiwum rodziny Goerke*, <http://www.goerke.us/genealogy/Town-Photos/Schivelbein-Swidwin/>
- [2] Elesoft, Krzysztof Wąsowicz, zdjęcie: <http://photos.elesoft.pl/photos/>, nr 139
- [3] Farr, D., *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2008
- [4] *Fotoforum Gazety Wyborczej*, autor: użytkownik tppolska, data dostępu: 02.05.2014, <http://fotoforum.gazeta.pl/photo/6/sh/rj/mhyv/bCfYAA4qGaca0uaylB.jpg>
- [5] Knox, Paul L., Mayer H., *Small Town Sustainability: Economic, Social, and Environmental Innovation*, Birkhauser Verlag, Bazylea, 2009
- [6] Lorens P., *Definiowanie współczesnej przestrzeni urbanistycznej.*, Wydawnictwo Urbanista, Warszawa, 2010
- [7] Lynch K., *City sense and City Design: Writings and Project of Kevin Lynch*, MIT Press, Cambridge MA and London 1990
- [8] Mahsud, A. Z. K., Moolaert, F., *Prospective Urbaine – Exploring Urban Futures in European Cities* (dokument informacyjny, warsztaty Urban Futures – Leuven, 2010
- [9] *Miasta przyszłości – wyzwania, wizje, perspektywy*, Raport UE w zakresie polityki regionalnej, UE, 2011, ISBN 978-92-79-23157-5, doi:10.2776/53888
- [10] Paszkowski Z., *Małe miasta w Polsce i ich szanse rozwoju wobec wdrażania polityki spójności i rewitalizacji zintegrowanej*, *Przestrzeń i FORMA* 23\_1, 2015
- [11] Tuszyński M., *Śródmiejskie osiedle mieszkaniowe z drugiej połowy XX. Wieku w strukturze historycznego centrum wybranych miast Pomorza Zachodniego*, *Przestrzeń i FORMA* 10, 2008, s. 281-288
- [12] Zwoliński A., *Complexity of public spaces system between key tall buildings in city of Szczecin. Geometrical aspect of public spaces in 3D city model*, in: *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Geometry and Graphics*, Innsbruck University Press, 2014, p. 175-186
- [13] Zwoliński A., *W poszukiwaniu utraconych przestrzeni publicznych małych miast. Możliwości urbanistycznej transformacji obszaru centrum Nowogardu*, *Przestrzeń i FORMA* 16, 2011, s. 487-504

## O AUTORZE

dr inż. arch. Adam Zwoliński, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego, ZUT, architekt, adiunkt Zakładu Urbanistyki, Planowania Regionalnego i Zarządzania (2008), członek Centrum Cyber Urbanistyki. Dziedzina: urbanistyka. Podyplomowe studia na kierunku Urban Housing Management w Rotterdamie/Lund (2003). Członek Komisji PAN, ZPOiA, TUP, Przewodniczący Wojewódzkiej Komisji Urbanistyczno-Architektonicznej w Szczecinie.

## AUTHOR'S NOTE

dr inż. arch. Adam Zwoliński, Institute of Architecture and Spatial Planning (IAiPP), ZUT, architect, assistant professor at ZUPRiZ (since 2008). Field: Urban Design. Post-graduate studies on Urban Housing Management in Rotterdam and Lund (2003). Member of PAN, ZPOiA, TUP and Chairman of Regional Urban and Architectural Commission.

Kontakt | Contact: [azwolinski@zut.edu.pl](mailto:azwolinski@zut.edu.pl)