

**JAROSŁAW BĄKOWSKI**

Politechnika Gdańska

## **NARZĘDZIA ANALITYCZNE W PROJEKTOWANIU URBANISTYCZNYM**

**Abstract: Analytical Tools in Urban Design.** BIM (Building Information Modelling) is a tool and technology closely related to the planning, design, implementation and management of construction investments – both at the level of a building, as well as infrastructure or civil engineering. It combines advanced spatial modeling (using virtual representations of building elements) with management of information at every level, from the modelling of building's components, through complex interactions between these elements, to the description of building processes and the behavior of users of the building. This is just a part of many possibilities, the full application depends only on the needs and skills of the system user. Construction dependencies are set at the level of the IFC (Industry Foundation Class) universal standard IFC, its syntax allows to describe not only the physical structure of the object, but also their mutual interactions. This is done in a hierarchical way, *i.e.* from the superior element there are subsequent, lower-level elements and interactions.

So how can this tool be used in urban revitalization? The basic problem here is the excess of information related to and contained in the virtual model. In urban planning and design, most of this data is unnecessary. On the other hand, the data contained in the GIS (Geographic Information System) models, despite correlation with external databases, are insufficient. Basic location data, technical conditions of facilities and infrastructure, property dependencies are not enough to obtain a full picture of the urban space.

The solution to the problem of linking these systems is CIM (City Information Modeling). It combines the description of an object derived from IFC with database support at the level of GIS systems. Such a broad approach allows for placing enough information in one virtual space for designing, modeling and analyzing urban space. The article is an attempt to demonstrate what conditions must be met by the CIM system, to extend its functionality to issues related to the revitalization of urban areas: whether and how the information contained in the spatial model can be used to determine the rules for the revitalization of space at the urban level?

**Keywords:** City information modeling, environmental analysis, urban revitalization.

## Wprowadzenie

BIM jest jednym z wielu „modnych” haseł. Czy to tylko kolejne narzędzie ułatwiające życie projektantom czy też coś więcej, czy rzeczywiście jest to uniwersalny zestaw pozwalający na współpracę wszystkim stronom zaangażowanym w proces budowlany? Opracowanie nie jest próbą odpowiedzi na to pytanie, poruszy inną kwestię: czy i w jaki sposób to narzędzie można wykorzystać na etapie planowania inwestycji, w odniesieniu do zespołu zabudowy czy wręcz w odniesieniu do miasta, oraz czy może zawierać metody pozwalające na stosowanie go w przypadku rewitalizacji w skali urbanistycznej.

Istotnym aspektem wskazującym na konieczność korzystania z narzędzi, takich jak BIM jest powstające prawo i Dyrektywa Unii Europejskiej [*Parlament Europejski...* 2014]. Jej artykuł 22 ustęp 4 głosi: *W odniesieniu do zamówień publicznych na roboty budowlane i konkursów państwa członkowskie mogą wymagać zastosowania szczególnych narzędzi elektronicznych, takich jak narzędzia elektronicznego modelowania danych budowlanych lub podobne*. Nie wnikając głębiej w szczegóły (tym bardziej, że polskie rozwiązania wciąż nie określają granicznej daty obowiązkowego stosowania tego przepisu), wystarczy wspomnieć, że takie rozwiązanie zwiększa wagę narzędzi projektowych w pełnym cyklu inwestycyjnym.

Wyzwania związane z takim podejściem do planowania urbanistycznego wymagają całościowego (holistycznego) ujęcia problemów, każdy z nich musi być rozpatrywany w odniesieniu do innych. Wymaga to użycia odpowiednich narzędzi umożliwiających stosowanie takiej metodyki [Gil *et al.* 2014] a pozwalających m.in. na:

- współpracę różnych grup osób,
- integrację analiz projektowych,
- zarządzanie danymi różnego typu na każdym etapie procesu,
- dostęp do danych o różnych formatach i pochodzących z wielu różnych źródeł,
- zarządzanie ogromną masą informacji.

W szerszym ujęciu, takie podejście jest jednym z elementów niezbędnych do budowy miasta inteligentnego (*smart city*), omówienie tego problemu wykracza jednak poza ramy prezentowanego opracowania.

### 1. Podstawowe pojęcia

Modelowanie informacji o mieście (*CIM, City Information Modelling*) jest szczególną gałęzią technologii *BIM (Building Information Modelling)*. Większość pojęć używanych do opisu tych technologii wywodzi się z języka angielskiego i nie ma swoich bezpośrednich odpowiedników w języku polskim. Wynika to również z braku polskiej normy czy nawet organizacji standaryzującej problematykę i same pojęcia związane z technologią BIM. Oczywiście terminy te, jak każde inne można

przetłumaczyć na język polski, jednak w powszechnym użyciu są skrótowce wywodzące się z języka angielskiego.

BIM (i jego pochodne) to nie tylko sposób wizualizacji projektu, to zdecydowanie więcej. To narzędzie, dające możliwość dodania do przestrzennego modelu informacji, służącej na każdym etapie realizacji czy istnienia projektu, bez względu na jego skalę. Dzięki takiemu modelowi wszyscy uczestnicy procesu budowlanego, od fazy planowania, przez projektowanie i realizację aż do zarządzania obiektem i jego rozbiórką, mają dostęp do tego samego zbioru informacji. Oczywiście, nie każdy uczestnik procesu „widzi” wszystkie informacje – dostęp do nich może zostać przydzielany na podobnej zasadzie, jak dostęp do jakichkolwiek innych zasobów danych. Podobnie jest z możliwością modyfikacji tych danych, część użytkowników uzyska dostęp tylko do wglądu do nich, część uzyska prawo ich modyfikacji (i to tylko w wybranym zakresie). Taka hierarchizacja pozwala przede wszystkim na kontrolę dostępu do modelu, pozwala na gromadzenie historii zmian w modelu wraz z informacją o użytkowniku, który dokonał takiej zmiany.

### 1.1. Poziom uszczegółowienia, *Level of Detail (LoD)*

Kolejne, istotne pojęcia to LoD oraz IFC. Zacznijmy od tego pierwszego. LoD to skrót od zwrotu *Level of Detail* („poziom uszczegółowienia”), i w bezpośredni sposób przekłada się na sposób prezentacji modelu przestrzennego [Biljecki 2017]. W najbardziej ogólnym ujęciu jest to sposób i stopień uogólnienia przedstawionego modelu, i dotyczy to nie tylko jego właściwości geometrycznych, ale także czasowych i znaczeniowych (semantycznych). Definicje zakresu szczegółowości nie są jasne i precyzyjne, to samo pojęcie poziomu szczegółowości może oznaczać modele przygotowane w odmienny sposób.

W przypadku systemów „urbanistycznych” opis LoD bierze swój początek ze standardu CityGML [*buildingSMART. The Home of BIM*], pozwalającego na przedstawianie przestrzennych modeli terenu i obiektów. Zaczynając od najprostszego (najniższego) poziomu [Biljecki 2017: 42-44]:

- LoD0: dwuwymiarowa reprezentacja mapy terenu, bez informacji o kubaturach,
- LoD1: model LoD0 z dodaną trójwymiarową reprezentacją budynków, ale jedynie w postaci prostych brył (przez wyciągnięcie obrysów obiektów zgodnie z ich wysokością),
- LoD2: model LoD1 z dodaną, uproszczoną reprezentacją dachów (płaskie/spadzi-ste) oraz z dodaniem warstwy semantycznej – modele budynków nie są już tylko prostymi bryłami, ale składają się z „elementów” mających odniesienie w rzeczywistości (model zbudowany jest ze „ścian”, „stropów”, „dachów” itd.); ten poziom uszczegółowienia zbliża się do standardów IFC, o czym dalej,
- LoD3: model LoD2 uzupełniony o kolejne przybliżenie semantyczne (model „ścian” zawiera „okna”, „drzwi” itd.),

- LoD4: kolejne uszczegółowienie modelu LoD3 oraz dodanie modelu wnętrza budynku; na tym poziomie model najczęściej uzupełniony jest o tekstury (bitmapy), chociaż ta opcja możliwa jest i dla niższych poziomów, a sama możliwość dodawania tekstur nie jest objęta żadną specyfikacją.

Do czego służą te wszystkie poziomy dokładności? Przede wszystkim, potrzeba ich stosowania wynika z ograniczonych możliwości gromadzenia i obróbki danych. Kolejną przesłanką skłaniającą do stosowania takiego rozróżnienia jest sposób wizualizacji modelu. W przypadku modelu urbanistycznego, gdzie w jednym kadrze/ujęciu może znaleźć się wiele obiektów o wysokim stopniu złożoności przygotowanie takiej wizualizacji może zająć bardzo dużo czasu, poza tym większość tych detali będzie w ogóle nieczytelna. Następnym czynnikiem narzucającym taki podział to analizy przestrzeni urbanistycznej, w których detalizacja modelu nie ma żadnego znaczenia, a które znowu spowodowałyby tylko znaczne wydłużenie czasu obliczeń.

Dane dotyczące zabudowy a zawarte w modelu LoD0/LoD1 najczęściej pochodzą dzięki uproszczeniu modeli architektonicznych, czy to zawartych w istniejących modelach 3D miast, czy też pochodzą z modeli LoD wyższego rzędu. W dalszej części opracowania sprawdzimy, czy możliwe jest generowanie uproszczonych modeli (LoD1 i LoD2) bezpośrednio z map cyfrowych.

## 1.2. Standard *Industry Foundation Class (IFC)*

O ile standard CityGML ściśle związany jest z zagadnieniami urbanistycznymi, to model danych IFC dotyczy szeroko pojętego budownictwa (od budowli liniowych do budynków i budowli, uwzględniając specyfikę wszystkich branż związanych z realizacją tych zadań). To kolejny otwarty standard, a więc taki, za którego rozwój nie odpowiada żadne komercyjne przedsiębiorstwo, co daje nadzieję na jego pełną dostępność i możliwość stosowania używając dowolnego oprogramowania [*buildingSMART. The Home of BIM; buildingSMART. International home of openBIM*]. Użycie jakiegokolwiek komercyjnego formatu grozi utrudnieniem lub wręcz blokadą dostępu do zebranych danych. O ile dla większości formatów plików istnieje otwarte (*open source* lub *freeware*) oprogramowanie, to już ich edycja wymaga dostępu do konkretnego, komercyjnego systemu oprogramowania.

Jednym z ciekawszych elementów łączących obie te specyfikacje jest to, że wywodzą się z tego samego źródła: są implementacjami uniwersalnego języka znaczników XML (*Extensible Markup Language*) [w3.org/XML]. Oznacza to, że pomimo różnic między tymi dokumentami, możliwa jest wymiana informacji między nimi i w większości przypadków przepływ danych następuje z modelu IFC do modelu CityGML [Kardinal *et al.* 2017: 147].

Sama specyfikacja IFC zbudowana jest w sposób hierarchiczny, to znaczy że zachowane zostają zależności między elementami oraz – znane z obiektowych

języków programowania – dziedziczenie właściwości i metod [IFC2x3 Final Documentation]. Podstawową więc cechą standardu IFC jest stworzenie modelu opartego na relacjach między jego elementami. Najważniejszą cechą IFC jest wydzielenie trzech pól abstrakcji: definicji obiektów, ich właściwości oraz zależności między nimi. W ten sposób można np. zdefiniować obiekt typu „ściana” (*IfcWall*), będący częścią „budynku” (*IfcBuilding*), znajdującego się na określonej „działce” (*IfcSite*). Dalej, ta „ściana” może mieć własną budowę: składać się z warstw i innych elementów oraz posiadać fizyczne właściwości oraz – co stanowi istotę standardu – wchodzić w relacje z innymi obiektami. Na przykład może być „gospodarzem” (hostem) dla innych obiektów, takich jak „okna”, „drzwi” czy inne. Zmiana geometrii lub położenia „gospodarza” automatycznie powoduje odpowiednią zmianę dla elementów podrzędnych.

### 1.3. Definicja *IfcSite*

Z punktu widzenia opracowania najważniejszym elementem specyfikacji IFC jest element *IfcSite* [IFC2x3 Final Documentation – *IfcSite*]. Zgodnie z definicją jest to obszar lądowy (choć nie wyklucza się zbiorników wodnych), na którym ma zostać zrealizowany projekt. Specyfikacja tego elementu przygotowana została nie tylko pod kątem potrzeb inwestycji realizowanej w obrębie jednej działki/własności: projekt może obejmować wiele działek, nawet takich które nie są ze sobą połączone. Co więcej, projekt może zostać zrealizowany również na wycinku działki. Takie rozróżnienie możliwe jest dzięki wprowadzeniu typu nadrzędnego *IfcSpatialStructureElements*, który może przybrać jedną z trzech wartości:

- *complex* dla wielu działek,
- *element* dla jednej działki,
- *partial* dla fragmentu działki.

Dla elementu *IfcSite* zdefiniowano zestaw właściwości (nie wnikając w cechy biorące się z samej składni języka) opisujących m.in. położenie działki (jako punkt systemu WGS84 i w stosunku do tego punktu odniesienia do istniejących na niej budynków), jej geometrię (przez opis współrzędnych wysokościowych) oraz dane podstawowe: *BuildableArea* (powierzchnia użytkowa wyrażona jako wartości minimum i maksimum, zgodnie z uwarunkowaniami prawa miejscowego), *TotalArea* (całkowita powierzchnia działki) oraz *BuildingHeightLimit* (obliczona maksymalna wysokość zabudowy, również zgodnie z uwarunkowaniami prawa miejscowego). Sposób wykorzystania opisu geometrii działki zostanie pokazany w dalszej części pracy.

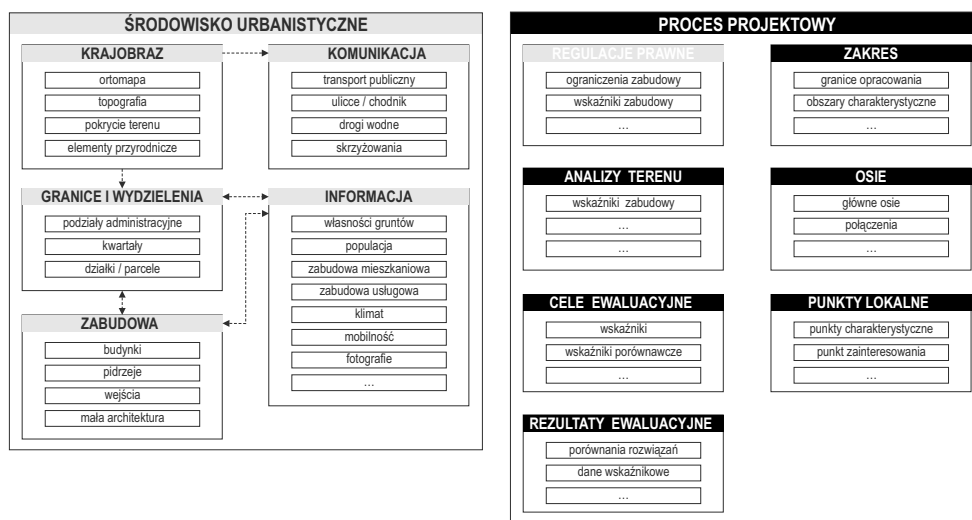
W ten sposób obszar objęty planowaniem i projektowaniem urbanistycznym może zostać opisany na poziomie specyfikacji IFC wraz z możliwymi zależnościami między poszczególnymi działkami i obszarami.

## 2. City Information Modelling

Istotą City Information Modelling jest jednoczesne użycie przestrzennych modeli obiektów (punktów, linii, powierzchni), definiujących geometrię przestrzeni wraz z wartością semantyczną (tekstową, liczbową, graficzną), opisującą jej właściwości [Xu *et al.* 2014]. Jak już wcześniej wspomniałem, obie te reprezentacje posługują się opisem klas, obiektów i metod (wywodzącymi się wprost z obiektowych języków programowania), i które pozwalają na przenoszenie i dziedziczenie właściwości oraz zależności między wirtualnymi modelami. Zgromadzone i zarządzane w ten sposób dane stają się kolejnym elementem miasta – zgodnie z ideą miasta inteligentnego. Zależności przestrzenne, sposób funkcjonowania budynków, zależności między nimi oraz między nimi a środowiskiem naturalnym i kulturowym stają się elementem przestrzeni wirtualnej. Idea miasta inteligentnego zakłada trzy poziomy/sposoby jego funkcjonowania. Wybór tego sposobu rzutuje na dostęp do modelu miasta: czy będzie to model domeny publicznej czy zastosowanie czysto komercyjne? Ta rozbieżność w sposobie zarządzania informacją o mieście ma swoje źródło w kilku kluczowych obszarach [Thompson *et al.* 2016: 80]:

- dostępności, dokładności, ciągłości i spójności danych,
- wykonalności procesu przetwarzania danych.

Widzimy, że zarządzanie danymi jest najważniejszym i podstawowym problemem. Dostęp do nich, bez ograniczeń czasowych i lokalizacyjnych, powinien być zdalny, np. dzięki takim rozwiązaniom, jak chmura (dysk/serwer dostępny za pośrednictwem łącza internetowego, bez połączenia fizycznego).



Ryc. 1. Schemat modelu projektu urbanistycznego z wydzielonymi domenami opisu przestrzeni i procesu projektowego

Źródło: [Gil *et al.* 2014: 143].

Następnym elementem dotyczącym sposobu funkcjonowania CIM jest sama organizacja projektu. Nie istnieje jeden standard opisujący ten zakres, jednym z ciekawszych rozwiązań jest podział „obszaru” projektu na zadania związane z jednej strony z samym środowiskiem i przestrzenią urbanistyczną, z drugiej: z procesem projektowym (ryc. 1) [Gil *et al.* 2014]. Można w ten sposób zachować jasny i czytelny model przepływu informacji oraz wydzielenia poszczególnych domen wiedzy urbanistycznej, zachowując zasady pracy w odniesieniu do dostępu i modyfikacji danych.

### 3. Narzędzia analizy urbanistycznej

Przyjrzyjmy się kilku wybranym sposobom i narzędziom analizy środowiska. Na potrzeby opracowania i badań wybrano oprogramowanie Rhinoceros wraz z rozszerzeniami Grasshopper oraz Ladybug. Zwłaszcza to ostatnie [*Ladybug Tools*] wymaga kilku słów wprowadzenia. Ladybug to zestaw otwartych „wtyczek” (*plug-ins*) służących do opisu powiązań trójwymiarowych modeli budynków oraz zespołów budynków w odniesieniu do rzeczywistych warunków klimatycznych. Dane klimatyczne mogą być pobierane bezpośrednio ze stron meteorologicznych [*EnergyPlus*], które udostępniają dane dla wielu regionów – w przypadku obszaru objętego badaniami (Gdańsk, Dolne Miasto, rejon Bastionu Wilk) były to dane dla Portu Północnego w Gdańsku.

Zestaw narzędzi Ladybug umożliwia przeprowadzenie kilku rodzajów analiz i obliczeń:

- pakiet Ladybug: przede wszystkim umożliwia import i wczytanie pliku \*.epw (standard pliku z danymi meteorologicznymi), a na jego podstawie dokonuje obliczeń zależności klimatycznych, po czym wyniki przedstawia w graficznej formie (np. mapy rozkładu danych, wykresy i karty klimatyczne i wiele innych);
- pakiet Honeybee: służący do szczegółowych analiz związanych z oświetleniem (naturalnym i sztucznym) oraz do modelowania termodynamicznego;
- pakiet Butterfly: oparty na mechanizmach dynamiki płynów, służy do przeprowadzania analiz i symulacji zjawisk związanych z przepływem powietrza, komfortu cieplnego czy wydajności wentylacji (zarówno dla środowiska budynku, jak i środowiska zewnętrznego);
- pakiet Dragonfly: umożliwia modelowanie i symulację zjawisk w wielkiej skali, takich jak zmiany klimatyczne, wpływ środowiska na warunki klimatyczne i wiele innych.

W obecnej chwili (rok 2018) zestaw może współpracować zarówno z platformą Grasshopper (a co za tym idzie z pakietem Rhinoceros) oraz Dynamo (a więc z pakietem Revit). To bardzo istotny element, ponieważ obie te platformy są typowymi modelerami BIM, czyli możliwe jest przeniesienie wyników analiz do wspólnej przestrzeni informacyjnej. Celem opracowania nie jest szczegółowe omówienie działania każdego z tych modułów, jedynie zasady współdzielenia wyników tych badań w modelu BIM/CIM.



Na potrzeby opracowania przygotowano trzy analizy:

- analizę pola widoczności w zabudowie ulicy (ryc. 2 i 3),
- analizę rocznego nasłonecznienia (ryc. 4 i 5),
- analizę zacienienia (ryc. 6 i 7).

Wszystkie te analizy sprawdzają obliczane wartości na poziomie powierzchni terenu, tzn., że punkty, dla których przeprowadzane są obliczenia wygenerowane są z siatki modelu terenu. Dla uproszczenia jako podstawę (czyli teren) przyjęto płaszczyznę, a dodatkowo dla analizy pola widoczności ta powierzchnia została ograniczona tylko do powierzchni ulic (łącznie z chodnikami). Możliwe jest przeprowadzenie takich analiz dla złożonych powierzchni topograficznych, uwzględniających rzeczywistą morfologię terenu. Jednak uproszczenie powierzchni terenu dla tak dużego obszaru prowadzi do znacznego skrócenia czasu obliczeń – dla analizy zacienienia była to różnica kilkunastokrotna: 59 sekund dla płaszczyzny wobec 710 sekund dla powierzchni. Uproszczony model terenu przygotowany został automatycznie, na podstawie chmury punktów pobranych z mapy cyfrowej. Punkty zostały określone jako punkty wstawienia etykiet tekstowych, opisujących rzędne wysokościowe, a ich umiejscowienie w przestrzeni 3D (ich wysokość bezwzględna jako wysokość punktu nad poziomem morza) określona zgodnie z zawartością etykiety tekstowej. Sam proces budowy takiego modelu został przygotowany jako skrypt wewnętrznego języka RhinoScript. W przypadku konieczności użycia bardziej szczegółowych i bardziej dokładnych makiet terenu można posłużyć się modelami Open Street czy Google Earth (choć polityka tej ostatniej firmy w ostatnim czasie mocno ograniczyła możliwość korzystania z modeli terenu).

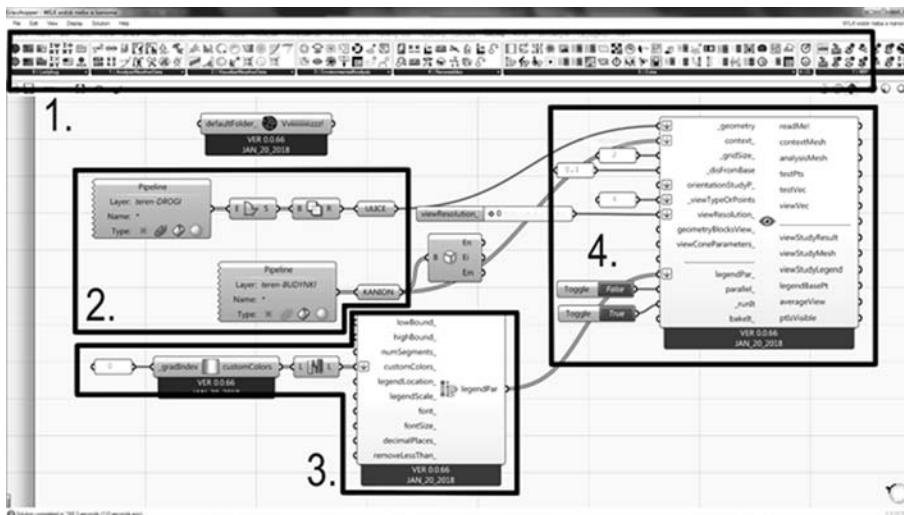
Z punktu widzenia zawartości projektu efektem analiz był zbiór elementów (punktów oraz powierzchni), którym przypisano dane semantyczne: wyniki obliczeń. Odbyło się to w następujący sposób: każdemu elementowi składającemu się na „siatkę” (*mesh*) analizy przypisano atrybut IFC (w tym przypadku każdy taki element został sklasyfikowany jako *IfcProxy* – dlatego że specyfikacja IFC nie przewiduje takich elementów dokumentacji, jak wynik analizy, *IfcProxy* jest ogólną kategorią, do której można przypisać każdy, nieokreślony element). Następnie, każdy taki element został otamowany przez przypisanie liczbowej wartości wyniku analizy. Dla analizy rocznego nasłonecznienia jest to wartość, której jednostką jest ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ ), dla zacienienia – ( $^{\circ}\text{C}$ ), dla pola widoczności – (wskaźnik procentowy).

Poza samą analizą, kluczowym elementem jest odpowiednie przygotowanie i opisanie danych wyjściowych. Żeby były widoczne dla innych programów, nie tylko modelujących, także innych, operujących wyłącznie na danych tekstowych, musi być spełnionych kilka warunków. Przede wszystkim obiekt musi być „rozpoznawalny” jako element specyfikacji IFC. Następnie, w zależności od potrzeb możemy przypisać mu jedną lub więcej etykiet opisujących jego właściwości, w tym przypadku właściwości związane z obszarem analizy. Kolejnym krokiem jest przypisanie do etykiety konkretnej, specyficznej wartości.





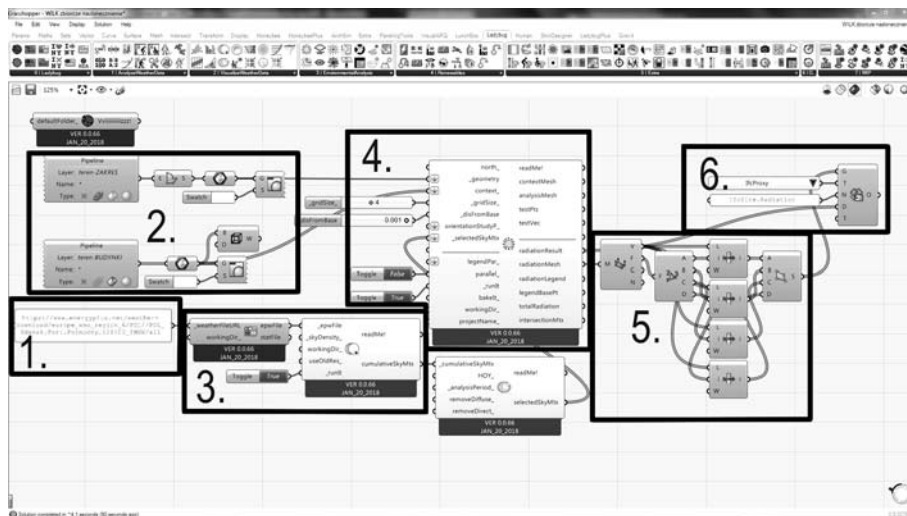
Ryc. 2. Analiza pola widoczności w zabudowie ulicy. Środowisko programu Rhinoceros.  
 Legenda: 1 – analizowany obszar, 2 – legenda  
 Źródło: Opracowanie własne (ryc. 2-9).



Ryc. 3. Analiza pola widoczności w zabudowie ulicy, moduł obliczeniowy Ladybug w środowisku Grasshopper. Legenda: 1 – pasek narzędzi Ladybug, 2 – metody importu modelu przestrzennego, 3 – moduł przygotowania legendy, 4 – podstawowy moduł obliczeń



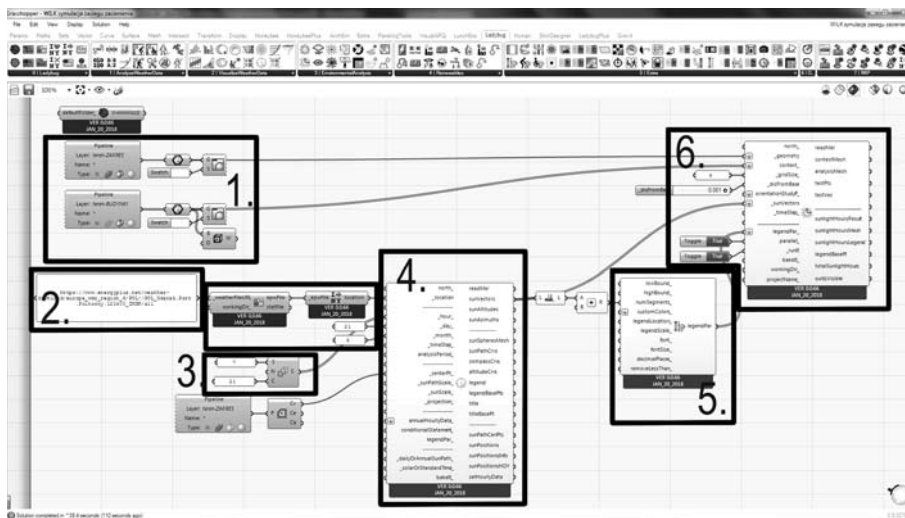
Ryc. 4. Analiza rocznego nasłonecznienia



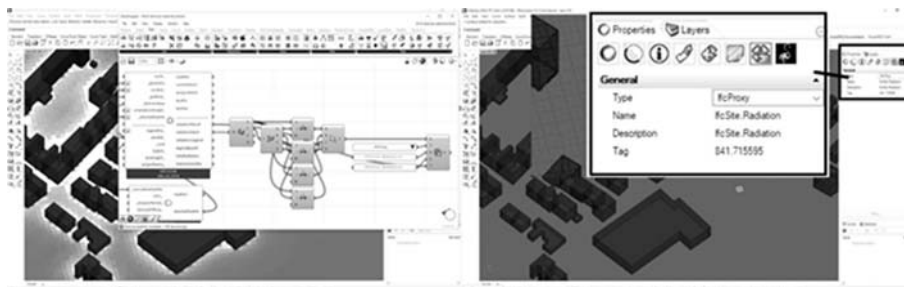
Ryc. 5. Analiza rocznego nasłonecznienia, moduł Ladybug. Legenda: 1 – odnośnik do strony z danymi meteorologicznymi [15], 2 – zebranie geometrii modelu, 3 – obliczenia lokalnych warunków pogodowych, 4 – podstawowy moduł obliczeń, 5 – przedstawienie wyników obliczeń, 6 – przypisanie wyników obliczeń jako atrybutu *IfcRadiance*



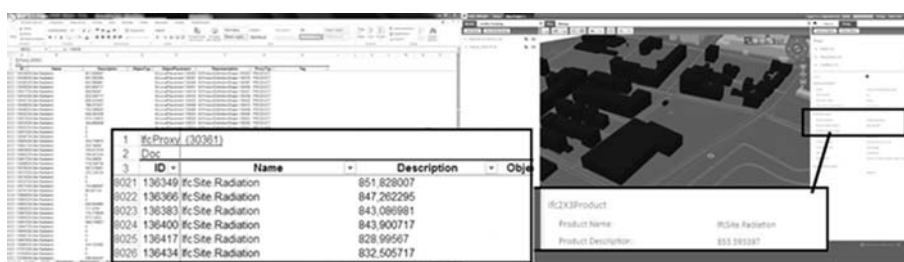
Ryc. 6. Analiza zacienienia



Ryc. 7. Analiza zacienienia, moduł Ladybug. Legenda: 1 – zebranie geometrii modelu, 2 – odnośnik do strony z danymi meteorologicznymi [15], 3 – ustalenie miesiąca i dnia analizy zacienienia, 4 – obliczenia lokalnych warunków pogodowych, 5 – moduł przygotowania legendy, 6 – podstawowy moduł obliczeń



Ryc. 8. Eksport wyników analizy rocznego nasłonecznienia w postaci elementów z atrybutami tekstowymi (tagami) IFC. Po lewej procedura dołączenia tagów, po prawej właściwości elementu z widocznym atrybutem i liczbową wartością ilości uzyskanej energii



Ryc. 9. Podgląd pliku \*.ifc z modelem terenu i z zawartymi w nim wynikami analizy. Po lewej: okno arkusza kalkulacyjnego MS Excel z listą pól z przypisanymi im wartościami liczbowymi rocznego nasłonecznienia. Po prawej: ten sam model \*.ifc otwarty przy pomocy menedżera projektów Tekla BIMSight

## Wnioski

Dostępnych jest wiele narzędzi badających wpływ środowiska na zespół urbanistyczny. Rewitalizacja przestrzeni wymaga jej znajomości na wielu poziomach, w tym na poziomie środowiska geograficznego. Elementy takie jak nasłonecznienie, dynamika środowiska, akustyka urbanistyczna i wiele innych w istotny sposób wpływają na możliwe rozwiązania przestrzenne.

Za pomocą analiz środowiskowych można przygotować założenia (wytyczne), jakie miałyby spełniać przyszłe opracowania projektowe dotyczące rewitalizowanych obszarów, a już na etapie konstrukcji miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego można byłoby określić pożądane efekty (przestrzenne, jakości środowiska kulturowego i przyrodniczego).

Przedstawione w opracowaniu sposoby i narzędzia analiz to tylko wąski wycinek problemu. W podobny sposób można zbadać teren pod kątem chociażby dostępności komunikacyjnej, funkcjonalnych powiązań między jego elementami, założeń widokowych i wielu innych zależności. Platformą wymiany takich danych mógłby

stać się otwarty model CIM miasta lub jego fragmentów. Oczywiście, kolejnym etapem takich badań mogłoby być również porównanie metodologii analiz, wskazanie różnic między ujęciem parametrycznym a metodami tradycyjnymi.

## Literatura

- Biljecki F., 2017, *Level of Detail in 3D City Models*. Praca doktorska, Delft University of Technology, Holandia.
- buildingSMART. The Home of BIM*, [<https://www.buildingsmart.org>].
- buildingSMART. International home of openBIM*, [<http://www.buildingsmart-tech.org>].
- CityGML | OGC*, [<https://www.opengeospatial.org/standards/citygml>].
- EnergyPlus – Weather Data*, [<https://energyplus.net/weather>].
- Extensible Markup Language (XML)*, [<https://www.w3.org/XML>].
- Gil J., Almeida J., Pinto Duarte J., 2014, *The Backbone of a City Information Model (CIM), City Modelling –eCAADe 29*.
- IFC2x3 Final Documentation*, [<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>].
- IFC2x3 Final Documentation – IfcSite*, [<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/ifcproductextension/lexical/ifcsite.htm>].
- Kardinal Jusuf S., Mousseau B., Godfroid G., Soh Jin Hui V., 2017, *Integrated Modelling of CityGML and IFC for City/neighborhood Development for Urban Microclimates Analysis*. Energy Procedia.
- Ladybug Tools*, [<https://www.ladybug.tools>].
- Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych, uchylająca dyrektywę 2004/18/WE*, L 94/65, 26 lutego 2014.
- Peckiene A., Ustinovičius L., 2017, *Possibilities for Building Spatial Planning Using BIM Methodology*. Procedia Engineering, 172: 851-858.
- Thompson E. M., Greenhalgh P., Muldoon-Smith K., Charlton J., Dolnik M., 2016, *Planners in the Future City: Using City Information Modelling to Support Planners as Market Actors*. Urban Planning, 1: 79-94.
- Xu X., Ding L., Luo H., Ma L. 2014, *From Building Information Modelling to City Information Modelling*. Journal of Information Technology in Construction, 19: 292-307.