

Rola cyfrowych narzędzi w projektowaniu architektury

The role of digital tools in architectural design

Streszczenie

Building Information Modeling usprawnia projektowanie, budowę i zarządzanie cyklem życia wszystkich obiektów środowiska budowlanego. Celem jest tworzenie cyfrowego modelu, który przedstawia skoordynowane, wiarygodne informacje o projekcie budowlanym na różnych etapach jego realizacji. Płaska dokumentacja techniczna jest zastąpiona cyfrowym modelem 3D. Model przedstawia zapisane cyfrowo odwzwierciedlenie fizycznych i funkcjonalnych właściwości obiektu. BIM umożliwia projektantom podejmowanie trafnych, szybkich i świadomych decyzji, dzięki którym podnoszona jest jakość projektu. Technologia pomaga w różnych środowiskach przewidywać konsekwencje podjętych decyzji. Zgromadzone dane możemy porównywać, analizować, wykrywać kolizje i nanosić zmiany. Zmniejsza się ilość błędów, skraca się czas analiz i na każdym etapie pracy z projektem możemy dopracowywać poszczególne elementy. Model umożliwia współpracę w jednym standardzie we wszystkich branżach, które biorą udział w procesie projektowym.

Summary

Building Information Modelling (BIM) streamlines the design, construction, and lifecycle management of all building environments. The goal is to create a digital model that provides coordinated, reliable information on the construction project at various stages of its implementation. The two-dimensional technical documentation is replaced by a digital 3D model. The model shows the digitally rendered physical and functional properties of the object. BIM enables designers to make relevant, quick and informed decisions that enhance the quality of the project. Technology helps to predict the consequences of the decisions in different environments. The collected data can be compared, analyzed, cleared for collision, and modified. The number of errors is reduced, the analysis time is reduced, and specific elements can be fine-tuned at each stage of the project. The model enables one-stop collaboration in all industries involved in the design process.

Słowa kluczowe: bim, building information modeling, cyfrowe narzędzia, ipd, model 3d, koordynacja, projektowanie, architektura, ecotect, revit, vasari, koncepcja, dokumentacja, przedmiarowanie, analiza

Keywords: BIM, building information modelling, digital tools, ipd, 3D model, coordination, design, architecture, ecotect, revit, vasari, concept, documentation, preprocessing, analysis

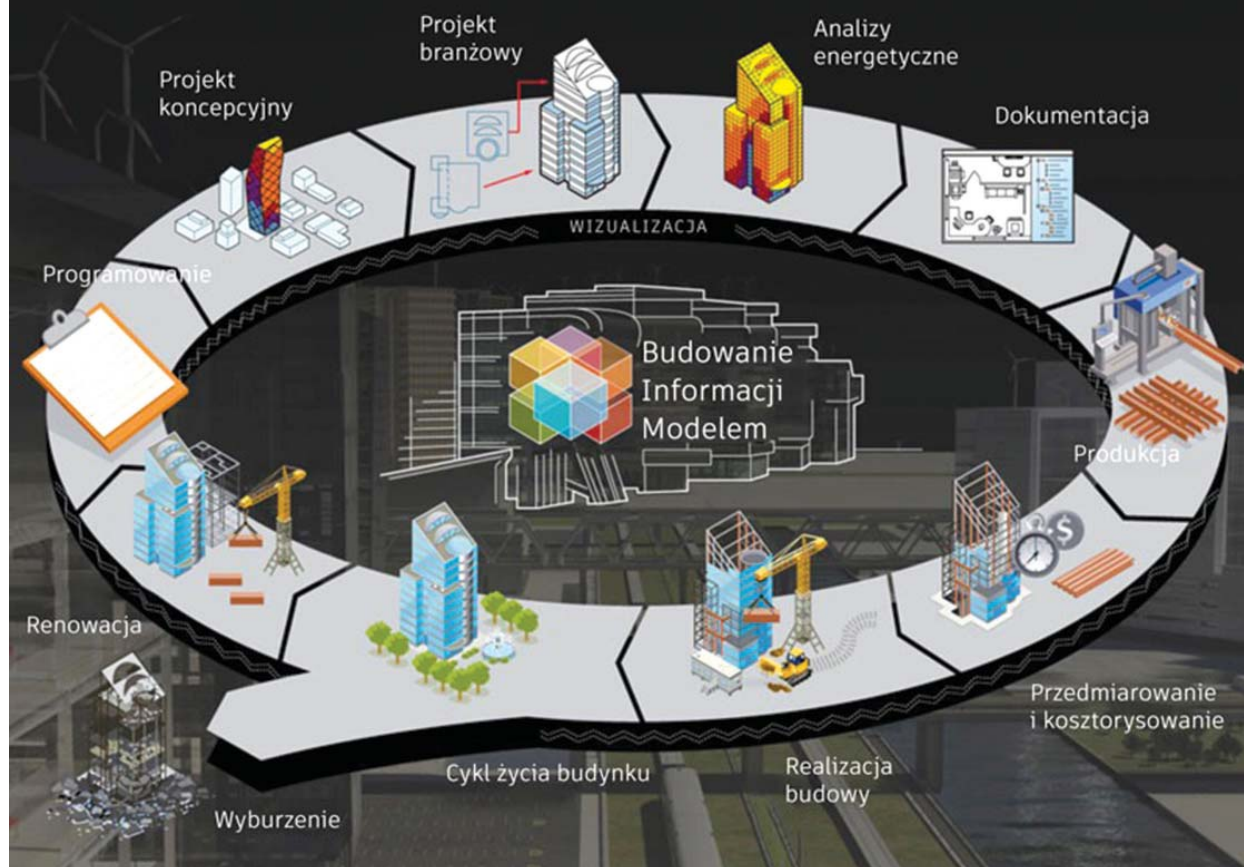
Wstęp

Budowanie Informacji Modelem (Building Information Modeling) dotyczy wszystkich branż we wszystkich etapach realizacji projektu budowlanego. Jedną z ról projektantów jest trafne wybieranie tych informacji, które na danym etapie procesu projektowego posłużą do podjęcia najlepszych decyzji. Podczas wstępnego planowania można oszacować przybliżone koszty, podczas tworzenia modelu koncepcyjnego można oszacować straty cieplne. We wczesnym etapie wykryjemy kolizje elementów instalacyjnych z konstrukcyjnymi i oszacujemy ilość elementów tworzących budynek. Inwentaryzacja zastanej tkanki umożliwi podjęcie decyzji, które elementy można wyburzyć, a których nie, a które umożliwiają nadbudowę. Wirtualny model koncepcyjny pozwala na oszacowanie zapotrzebowania na energię, użycie materiałów i budżet. Precyzyjny wirtualny model uaktualnia na bieżąco wprowadzane zmiany przez projektanta. Zmniejszają się nieścisłości w dokumentacji papierowej i podczas budowy. Poniższy schemat

Introduction

Building Information Modeling (BIM) covers all industries, in all stages of a construction project. One of the roles of designers is to select the right information, which will be used to make the best decisions at a given stage of the design process. The approximate costs can be estimated during initial planning, and at the conceptual model stage – the heat loss. At an early stage, collisions of structural elements can be detected, and the number of elements that make up the building can be estimated. Inventory of existing fabric allows deciding which elements can be demolished, which can't, and which allow for a superstructure. A virtual conceptual model allows estimating the energy needs, material usage, and budget. A precise virtual model updates the designer's changes in real time. The inaccuracies in the paperwork and construction are reduced. The following diagram illustrates and discusses the collection of informa-

* Mgr inż. arch. Wojciech Ciepłucha, Zakład Architektury Mieszkaniowej i Kompozycji Architektonicznej, Instytut Projektowania Architektonicznego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki / MSc Eng. Wojciech Ciepłucha, Chair of Housing and Architectural Composition, Institute of Architectural Design, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology, wcieplucha@pk.edu.pl



Il. 1. Schemat ilustrujący tworzenie modelu w technologii Building Information Modeling, źródło: Autodesk Academic Partner / The scheme illustrates the process of model creation in the Building Information Modelling technology, source: Autodesk Academic Partner

Tabela 1. Tekst tabeli z Integrated Project Delivery: A Guide © 2007 The American Institute of Architects, Inc. and The American Institute of Architects California Council użyty na licencji Autodesk Academic Partner License

Koncepcja	Projekt budowlany	Dokumentacja	Budowa	Użytkowanie
Zespół projektowy skupia się na najwcześniejszym etapie, poprawiając trafność decyzji. Pozostała część procesu staje się bardziej przewidywalna, co pozwala uniknąć kosztownych prac przeprojektowania.	Współpraca między architektem, inwestorem i inżynierami pozwala na trafniejsze podejmowanie decyzji, pomaga poprawić jakość i wykluczyć ryzykowanie.	Precyzyjny wirtualny model jest automatycznie aktualizowany, przyczynia się do zmniejszenia błędów w dokumentacji papierowej i podczas budowy.	Ze względu na staranne planowanie we wczesnym etapie członkowie zespołu mogą w sposób efektywny używać materiałów, tworząc mniej odpadów. Ilość zmian jest zminimalizowana. Budowę można ukończyć zgodnie z harmonogramem i budżetem.	Właściciel dysponuje wirtualnym budynkiem do celów operacyjnych, remontowych i wyburzeniowych.

Table 1. Text of the Integrated Project Delivery Table: A Guide © 2007 The American Institute of Architects, Inc. and The American Institute of Architects California Council, licensed under the Autodesk Academic Partner License

Conceptualization	Design	Implementation Docs	Construction	Own/Operate
Design team focuses on the earliest stage of construction, to improve the relevance of the decision. The rest of the process becomes more predictable, avoiding costly redesign work.	Collaboration between the architect, investor and engineers allows for more accurate decision-making, helps to improve quality, and eliminates risk.	A precise virtual model is automatically updated, which helps to reduce errors in paper documentation and construction.	Due to careful planning at an early stage, team members can effectively use materials to create less waste. The number of changes is minimized. Construction can be completed according to schedule and budget.	The owner has a virtual building at their disposal, for operational, repair and demolition purposes.

ilustruje i omawia gromadzenie informacji na poszczególnych etapach pracy z wirtualnym cyfrowym modelem.

Gromadzenie danych

Cyfrowe narzędzia wymagają od projektanta zgromadzenia odpowiednich danych, tak aby mógł on swobodnie podejmować decyzje w oparciu o te dane. Cyfrowo odwzorowany projekt, będzie naśladował właściwości fizyczne i funkcjonalne przyszłej realizacji. Gromadzimy dane w celu uzyskania jak najdokładniejszych wyników. Podczas projektowania przechodzimy przez różne fazy tworzenia modelu. Cyfrowy model jest uszczegóławiany. Gromadzenie danych odbywa się przez wiele branż, dla wielu osób, tak aby proces projektowy i zarządzanie nim odbywało się efektywnie i bezkolizyjnie, przy jak najmniejszej ilości błędów. Możemy wyróżnić w procesie gromadzenia informacji kilka poziomów tworzenia modelu. Poziomy te nazywają się z ang. *Level of Development* lub *Level of Detail* (LOD), w literaturze możemy znaleźć kilka przykładów podziału.

Autorzy opracowania¹ nie nazywają poszczególnych etapów „projektem budowlanym”, „projektem wykonawczym”, ukazują stan zaawansowania modelu bryły. Celowo zostawiono angielskie tłumaczenia:

- Brak modelu budynku z ang. *No building model (Predesign)*
- LOD 100: Bryła koncepcyjna z ang. *Conceptual Geometry (Conceptual Design)*
- LOD 200: Przybliżona bryła z ang. *Approximate Geometry (Design Development)*
- LOD 300: Uszczegółowiona bryła z ang. *Precise Geometry (Detailed Design and Documentation)*
- LOD 400: Produkcja z ang. *Fabrication (Construction)*
- LOD 500 Stan wybudowany z ang. *As Built (Operations and Maintenance)*

Tabela przedstawia uszczegółowione dane, dotyczące tego, kiedy model spełnia odpowiednie kryteria LOD ze względu na zawarte w nim elementy.

LOD możemy przedstawić w sposób opisowy i tak²:

LOD 000: Nie istnieje cyfrowy model. Poznane są wymagania projektowe, istniejące warunki i wszelkie inne informacje, które będą miały istotny wpływ na rozwój projektu.

tion at each stage of working with a virtual digital model.

Data collection

Digital tools require the designer to collect relevant data, in order to make informed decisions. Digitally projected, the project it will emulate the physical and functional properties of the future construction, and the data are collected for the most accurate results. The designing phase comprises different phases of modelling. A digital model is detailed; data collection is done by many industries, and for many people, so that the design and management process is efficient and collision-free, with as few errors as possible. In the data collection process, several levels of modelling can be distinguished. These levels are called *Levels of Development* or *Levels of Detail* (LOD). Literature provides some examples of the division.

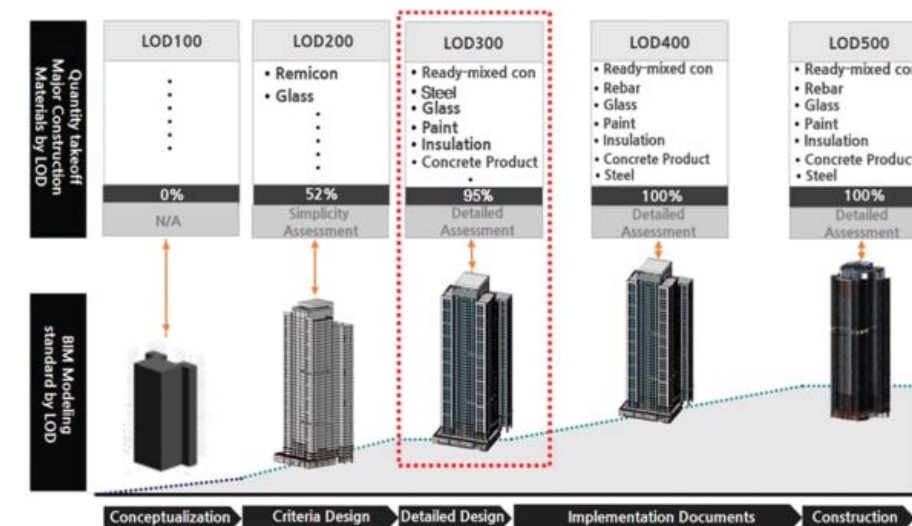
Authors of the paper¹ do not call the individual stages a “construction project”, or “executive project”, but show the state of progress of the construction’s model:

- No building model (Predesign)
 - LOD 100: Conceptual Geometry (Conceptual Design)
 - LOD 200: Approximate Geometry (Design Development)
 - LOD 300: Precise Geometry (Detailed Design and Documentation)
 - LOD 400: Fabrication (Construction)
 - LOD 500: “As Built” (Operations and Maintenance)
- The table provides detailed information on when the model meets the appropriate LOD criteria due to the elements it contains.

The LOD can be presented in a descriptive way, thus²:

LOD 000: There is no digital model available. Identify the requirements of the project, existing conditions, and unearth any essential information that will inform the design process.

LOD 100: Modelled elements are at a conceptual point of development. Information can be con-



Il. 2. Systematyka Level of Development, źródło: The American Institute of Architects / Taxonomy of the Level of Development, source: The American Institute of Architects

LOD 100: Wymodelowane elementy znajdują się w koncepcyjnym stadium rozwoju projektu. Informacja może być zawarta w bryłach „masach”, bez szczegółów. Bryły reprezentujące kubaturę opisane są ogólnymi schematami i symbolami 2D.

LOD 200: Wymodelowane elementy posiadają przybliżoną postać do końcowej ze względu na ilość, rozmiar, sąsiedztwo i orientację. Niektóre informacje przedstawione są tylko w sposób opisowy.

LOD 300: Wymodelowane elementy przedstawione są w postaci konkretnych rozwiązań systemowych, o danej ilości, wielkości, kształcie, położeniu i orientacji.

LOD 400: Kontynuacja LOD 300 z odpowiednią ilością dobrych danych ułatwiających produkcję, montaż i instalację.

LOD 500: Wymodelowane elementy reprezentują stan istniejący i mogą zostać wykorzystane do bieżącego zarządzania.

Zgromadzone informacje w jednym modelu pozwolą na uniknięcie wielu problemów związanych z **procesem projektowym**: (1) nieścisłości w dokumentacji projektowej, (2) brak koordynacji branżowej, (3) dodatkowy czas na tworzenie pomocniczych modeli i grafik, (4) brak wspólnej platformy do współpracy; **placem budowy**: (1) niedokładne zestawienia materiałów i elementów, (2) kolizje przegród z elementami instalacyjnymi, (3) niepełne kosztorysy i przedmiary, (4) niedokładny harmonogram robót; i **cyklem życia budynku**: (1) szkodliwy wpływ wody, (2) obrzęk i kurczenie się gleby, które mogą mieć wpływ na fundamenty, (3) działanie wiatru powodujące dynamiczne obciążenie strukturalne siłami nacisku, (4) działanie deszczu powodującego wietrzenie³, (5) zwiększenie obciążenia przegrzaniem i klimatyzacją, (6) zwiększenie emisji gazów cieplarnianych (GHG), (7) zwiększenie kosztów związanych z opłatą za węgiel lub gaz ziemny⁴.

Analizowanie danych

Wyczerpująca analiza pozwala dopracować poszczególne elementy obiektu: przegrody, konstrukcję, połączenia, elementy wyposażenia, wykończenie, na każdym etapie pracy z projektem. Zgromadzone informacje mogą być analizowane pod kątem przydatności i jakości. Model BIM już od poziomu LOD 100 umożliwia zbadanie zużycia energii budynku wykorzystując podstawowe narzędzia do analiz energetycznych. Właściwości fizykochemiczne struktury budowlanej są rezultatem funkcji, którą mają pełnić. Poniżej przedstawiono główne czynniki, które wpływają na zużycie energii (z ang. *Energy Use*).

Zgromadzone informacje w modelu BIM pomogą zrozumieć jaki wpływ na budynek i otoczenie mają temperatura, wilgotność, wiatry i nasłonecznienie. Cyfrowe narzędzia pomagają w różnych środowiskach przewidywać konsekwencje podjętych decyzji. Kształtujemy strukturę architektoniczną ze względu na wpływ warunków atmosferycznych. Zgromadzone dane dotyczące obiektu możemy porównać z zewnętrznymi danymi np. z *Autodesk Climate Server*, który gromadzi dane z fizycznych stacji meteorologicznych oraz z symulacji meteorologicznych. Zmniejsza się ilość błędów, skraca się czas analiz.

veyed with massing forms, written narratives, and 2D symbols.

LOD 200: Modelled elements have approximate relationships to quantities, size, location, and orientation. Some information may still be conveyed with written narratives.

LOD 300: Modelled elements are explained in terms of specific systems, quantities, size, shape, location, and orientation.

LOD 400: Continuation of LOD 300 with enough information added to facilitate fabrication, assembly, and installation.

LOD 500: Modelled elements are representative of the installed conditions and can be utilized for ongoing facilities management³.

Information collected in one model will allow avoiding many of the problems associated with the design process: (1) inaccuracies in the design documentation, (2) lack of industry coordination, (3) extra time expense to create supporting models and graphics, (4) lack of a common platform for cooperation; with the construction site: (1) inaccurate combinations of materials and components, (2) collisions of partitions with installation elements, (3) incomplete cost estimates and BOQs, (4) inaccurate work schedule; and the building's life cycle: (1) flooding, (2) swelling and shrinking of soil that may affect foundations, (3) wind actions causing dynamic structural loading by pressure forces, (4) driving rain leading to weathering⁴, (5) an increased overheating and air-conditioning load, (6) increased greenhouse gas (GHG) emissions, and (7) increased costs due to carbon or GHG charges, as significant impacts of climate change on buildings⁴.

Data analysis

Comprehensive analysis allows fine-tuning individual elements of the facility: partitions, the structure, fittings, fixtures and finish, at every stage of the project. The collected information can be analysed for suitability and quality. Starting from LOD 100, a BIM model allows exploring the building energy consumption using basic energy analysis tools. The physicochemical properties of the building structure are the result of its intended function. Below are the main factors that affect energy use. The information collected in the BIM model will help understand the impact of temperature, humidity, winds and sunshine on the building and its surroundings. Digital tools help predict the consequences of the decisions in different environments. The architectural structure is shaped due to the influence of atmospheric conditions. The collected object data can be compared against external data, for example from the *Autodesk Climate Server*, which collects data from actual meteorological stations and meteorological simulations. The number of errors is reduced, as is the analysis time.

Temperature analysis

When reviewing an energy analysis in the Results and Compare dialog, this graph displays the num-

Tabela 2 / Table 2. Główne czynniki wpływające na zużycie energii w budynku z ang. Major Factors Affecting Building Energy Use, źródło: Slovak Journal of Civil Engineering⁷

Zmienne	Opis	Variables	Description
Klimat	Stopnie-dni nagrzewania Stopnie-dni ochładzania	Climate	Heating degree-days ⁵ Cooling degree-days ⁶
Budynek	Powierzchnia (m ²) Ilość okien Właściwości przegród budynku Typ budynku Rok budowy	Building	Floor area (m2) Number of windows Properties of the building envelope Type of building Year of construction
Użytkownik	Ilość użytkowników Całkowity przychód	Occupant	Number of occupants Total income
Wyposażenie	Rodzaj sprzętu ogrzewającego Rodzaj sprzętu chłodzącego	Equipment	Type of space heating equipment Type of space cooling equipment
Zachowanie mieszkańców	Liczba ogrzewanych pokoi Średnia temperatura Ilość chłodzonych pokoi	Occupants Behaviour	Number of heated rooms Average temperature setting Number of cooled room

Inne źródła podają taką klasyfikację / Other sources state a different classification:

Tabela 3 / Table 3. Czynniki wydajności budynku, źródło: <https://knowledge.autodesk.com>

Building performance factors	Czynniki wydajności budynku	Example / Przykład
Location	Lokalizacja	Boston, MA
Weather station	Stacja meteorologiczna	53158
Outdoor temperature	Temperatura zewnętrzna	Max: 82°F/Min: -10°F
Floor area	Powierzchnia budynku	23,833 sf
Exterior wall area ⁸	Powierzchnia ścian zewnętrznych netto ⁹	13,409 sf
Average lighting power	Średnia moc oświetlenia	1.01 W / ft ²
People	Użytkownicy	93 people
Exterior window ratio ¹⁰	Współczynnik przeszklenia	0.29
Electrical cost	Koszt prądu	\$0.14 / kWh
Fuel cost	Koszt gazu	\$1.16 / Therm

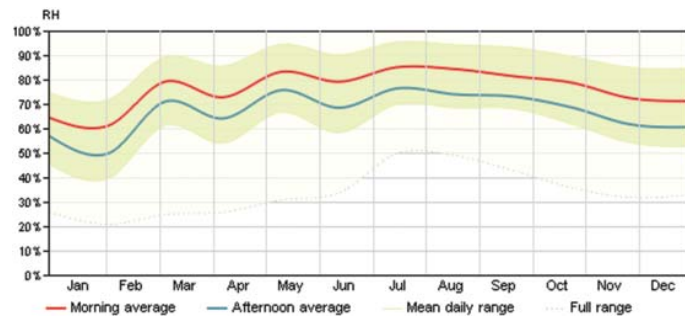
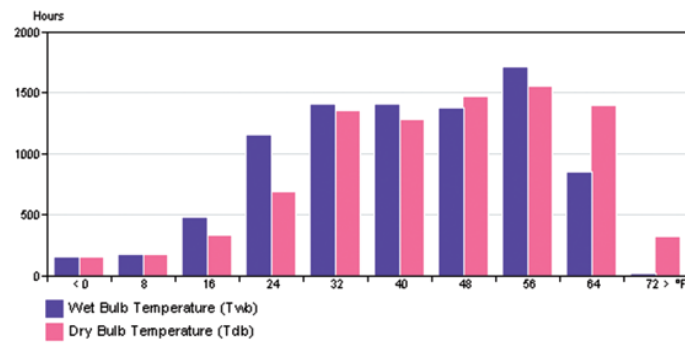
Analiza temperatury

Schemat wyników analizy temperatury przedstawia liczbę godzin w roku, w których *dry-bulb* (temperatura suchego termometru) i *wet-bulb* (temperatura wilgotnego termometru) znajdują się w danym zakresie temperatury. Dzięki analizie *dry-bulb* (Tdb) i *wet-bulb* (Twb) dowiemy się czy projekt może być kandydatem do niskoenergetycznej strategii chłodzenia, takiej jak wentylacja naturalna, ekonomizery (z ang. *economizers*)¹¹ czy systemy chłodzenia parą (z ang. *evaporative cooling systems*). (1) Ekonomizery oszczędzają koszty zużycia energii do chłodzenia. Jeśli termostat wykryje potrzebę chłodzenia, a zewnętrzne powietrze jest chłodne i suche, urządzenie włączy krążenie powietrza zewnętrznego przez budynek, bez konieczności stosowania sprężarek klimatyzacyjnych. (2) Układy chłodzenia parą są skuteczne jeśli powietrze zewnętrzne jest wystarczająco suche. Jednak potencjał chłodzenia parą maleje, gdy wzrasta temperatura wilgotnego powietrza zewnętrznego (*wet-bulb*). (3) Wentylacja nocna działa dobrze w gorących, suchych klimatach, które mają duże wahania temperatury dobowej. Budynek jest wentylowany w nocy i zamykany rano, aby utrzymać chłodne powietrze.

ber of hours per year that dry-bulb and wet-bulb temperatures fall within a certain temperature range. Use outdoor dry-bulb temperatures (Tdb) and wet-bulb temperatures (Twb) to analyse whether the project may be a candidate for different low-energy cooling strategies, such as natural ventilation, economizers⁹, or evaporative cooling systems. (1) Economizers save on cooling energy costs. If the thermostat calls for cooling and the outdoor air is cool and dry, the economizer circulates outdoor air through the building without requiring the air conditioning compressors to be used. (2) Evaporative cooling systems are effective as long as the outside air is dry enough. However, the potential for evaporative cooling decreases as the wet-bulb temperature of the outdoor air increases. (3) Night-time ventilation works well in hot, dry climates that experience large diurnal temperature swings. The building is ventilated at night and closed in the morning to retain the cool air.

Humidity analysis

Relative humidity is the amount of water vapour present in the gaseous mixture of air and water



Analiza wilgotności

Względna wilgotność, to ilość pary wodnej, która występuje w gazowej mieszaninie powietrza i pary wodnej. Ponieważ wilgotność może się znacznie różnić w ciągu jednego dnia i zazwyczaj jest większa w godzinach porannych, wykres pokazuje średnią poranną (z ang. *morning average*) i średnią popołudniową (z ang. *afternoon average*). Dzienny średni zakres (z ang. *mean daily range*) to różnica między średnią dzienną i maksymalną wilgotnością względną dla danego miesiąca. Pełny zakres (z ang. *full range*) jest zapisem bezwzględnej maksymalnej i minimalnej wilgotności względnej dla danego miesiąca.

Analiza przepływu wiatrów (z ang. *Wind analysis*)

Diagram przepływu wiatrów pokazuje, w którym kierunku i z jaką siłą, w danej lokalizacji, wieją wiatry. Badając przeważające wiatry, projektant może świadomie dobrać najlepszą strategię naturalnej wentylacji budynku, odpowiednio zlokalizować turbiny wiatrowe lub ochronić budynek przed zimnymi prądami. *Flow Design* jest częścią rozwiązań do prototypowania cyfrowego. Symulujemy przepływ powietrza wokół budynków w tunelu aerodynamicznym. *Insight 360* analizuje odpowiednio przygotowany cyfrowy model. Dane wyjściowe możemy ze sobą porównywać i dobrać odpowiedni osprzęt.

Analiza wędrówki słońca i zacieniania

(z ang. *Sun and shadow studies*)

Schematy ścieżki słońca pokażą jak słońce wpłynie na projekt. Stereograficzne diagramy ścieżki słońca można wykorzystać do odczytu azymutu słonecznego i wysokości w danej lokalizacji. Znajomość ścieżki słońca towarzyszy analizie klimatu, która pomaga tworzyć budynki o wysokiej wydajności. Najważniejszym czynnikiem dobrej pasywnej strategii projektowej jest

Il. 3. Schemat wyników analizy dry-bulb (temperatura suchego termometru) i wet-bulb (temperatura wilgotnego termometru), źródło: [https://knowledge.autodesk.com / Diagram of dry-bulb and wet-bulb analysis results](https://knowledge.autodesk.com/Diagram%20of%20dry-bulb%20and%20wet-bulb%20analysis%20results), source: <https://knowledge.autodesk.com>

Il. 4. Schemat wilgotności ze względu na zawartość procentową dla danego miesiąca, źródło: [https://knowledge.autodesk.com / Humidity diagram](https://knowledge.autodesk.com/Humidity%20diagram), as per the percentage for a given month, source: <https://knowledge.autodesk.com>

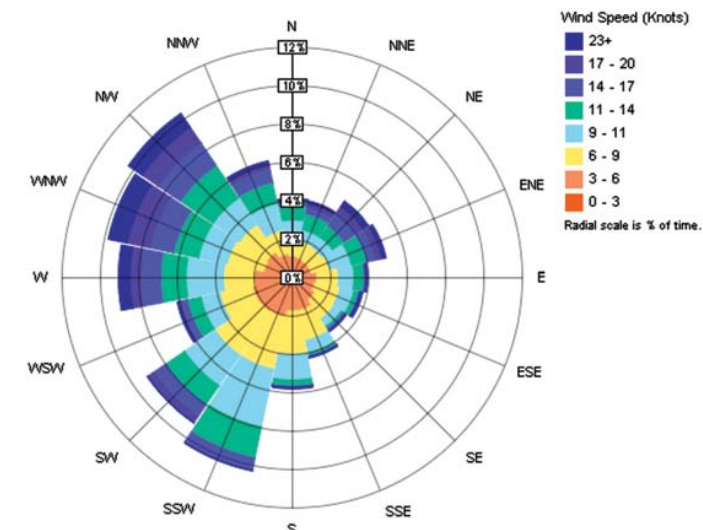
vapour. As the humidity can vary widely over a day and is usually higher in the morning, the graph shows the *morning average* and *afternoon average*. The mean daily range is the difference between the daily average and the maximum relative humidity for a given month. The full range is the record of the absolute maximum and minimum relative humidity for a given month.

Climate analysis – wind

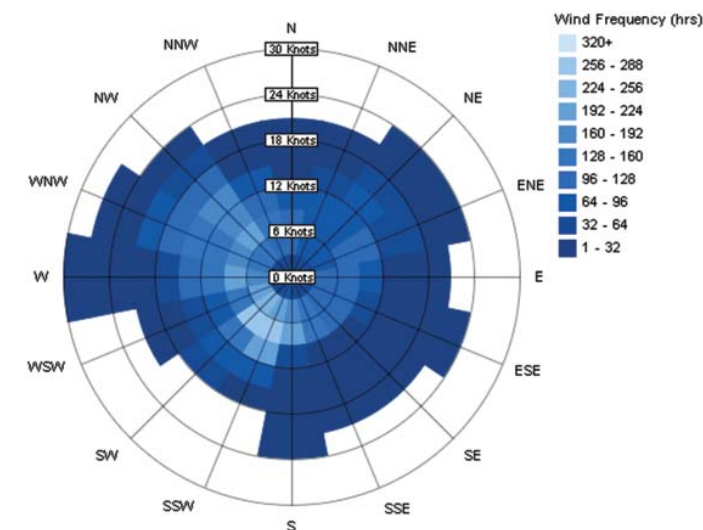
The wind flow diagram shows the direction and strength of the wind in a given location. By studying the prevailing wind patterns for a location, designers can make informed decisions about natural ventilation strategies, locating wind turbines appropriately, and shielding buildings from cold winter winds. *Flow design* is part of the digital prototype solutions. It allows simulating the air flow around the buildings in the aerodynamic tunnel. *Insight 360* analyses a properly prepared digital model. Output data can be cross-compared, and appropriate equipment can be then selected.

Sun and shadow studies

The sun path diagrams will show how the sun will affect the design. Stereographic sun path diagrams can be used to read azimuth and altitude in a given location. Learning the sun path is accompanied by a climate analysis that helps building high-performance structures. The most important factor of a good passive design strategy is the use of energy and sunlight. The analysis will show how the sun moves on the premises, and how the shadows will be cast by the construction on the nearby buildings. This tool allows making effective decisions about the light in the building and the energy provided by the sun.



Il. 5. Roczna róża wiatrów (Dystrybucja prędkości), źródło: [https://knowledge.autodesk.com / Annual wind rose \(speed distribution\)](https://knowledge.autodesk.com/Annual%20wind%20rose%20(speed%20distribution)), source: <https://knowledge.autodesk.com>



Il. 6. Roczna róża wiatrów (Dystrybucja częstotliwości), źródło: [https://knowledge.autodesk.com / Annual wind rose \(frequency distribution\)](https://knowledge.autodesk.com/Annual%20wind%20rose%20(frequency%20distribution)), source: <https://knowledge.autodesk.com>

wykorzystanie energii i światła słonecznego. Analiza pokaże nam w jaki sposób słońce przemieszcza na działce i jak cienie będą rzucone przez i na okoliczne obiekty i budynki. Narzędzie to pozwala skutecznie podejmować decyzje dotyczące światła w budynku i dostarczanej przez słońce energii.

Analiza promieniowania (z ang. *Solar radiation*)

Promieniowanie słoneczne podgrzewa przegrody tworzące budynek i może zasilić istniejące panele fotowoltaiczne. Zrozumienie znaczenia promieniowania słonecznego pomoże odpowiednio dopasować sąsiedztwa kubatur, zorientować je w odpowiednich kierunkach świata oraz dobrać odpowiednią technologię przegród do danego klimatu. Intensywność promieniowania słonecznego zależy od przejrzystości atmosfery i kąta padania pod jakim słońce uderza w powierzchnię. Im promienie słoneczne padają na powierzchnię bardziej prostopadle tym więcej dostarczają ciepła i energii słonecznej.

Analiza oświetlenia (z ang. *Illuminance simulations*)

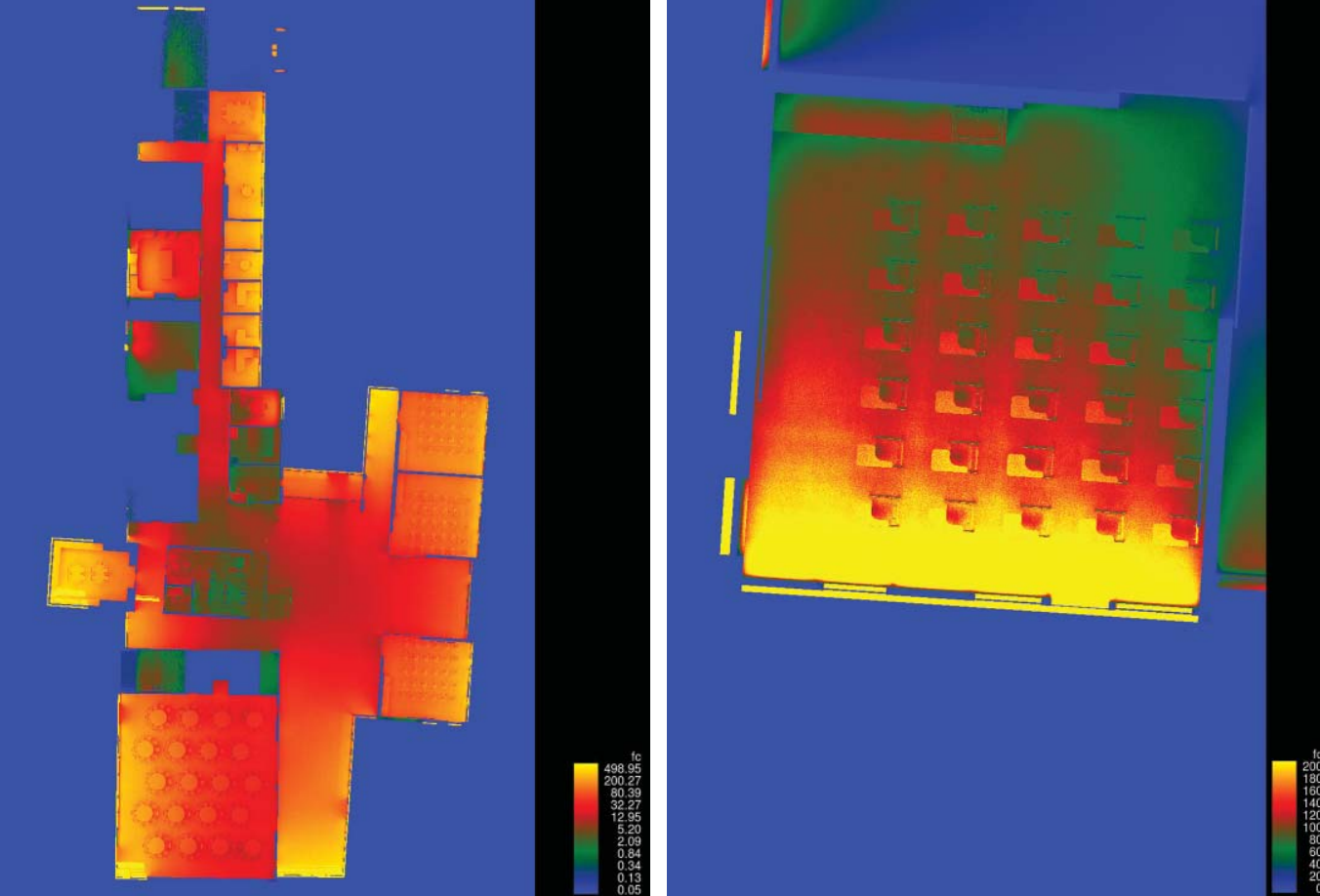
Analiza oświetlenia odbywa się najczęściej na rzucie lub widoku perspektywicznym. Dzięki cyfrowemu modelowi można

Solar radiation

Solar radiation heats the partitions comprising the building and can power the existing photovoltaic panels. Understanding the significance of solar radiation will help massing, orient and program your building to capitalize on the solar radiation characteristics of your site and climate. Knowing the metrics for solar radiation can help with the analysis. The intensity of the sun varies by the clarity of the atmosphere and the angle at which the sun strikes a surface, called the „incident angle”. The more perpendicular the sun’s rays are to a surface, the more heat and light energy.

Illuminance simulations

Lighting analysis is usually done on a plan or a perspective view. With the digital model, the illumination of a surface by natural or artificial light can be calculated, with views and diagrams presented in coloured gradients, from blue to yellow, to indicate underexposed (blue) and overexposed (yellow) areas. A suitable amount of lighting can be thus calculated, e.g., for a work surface, such as a desk or table.

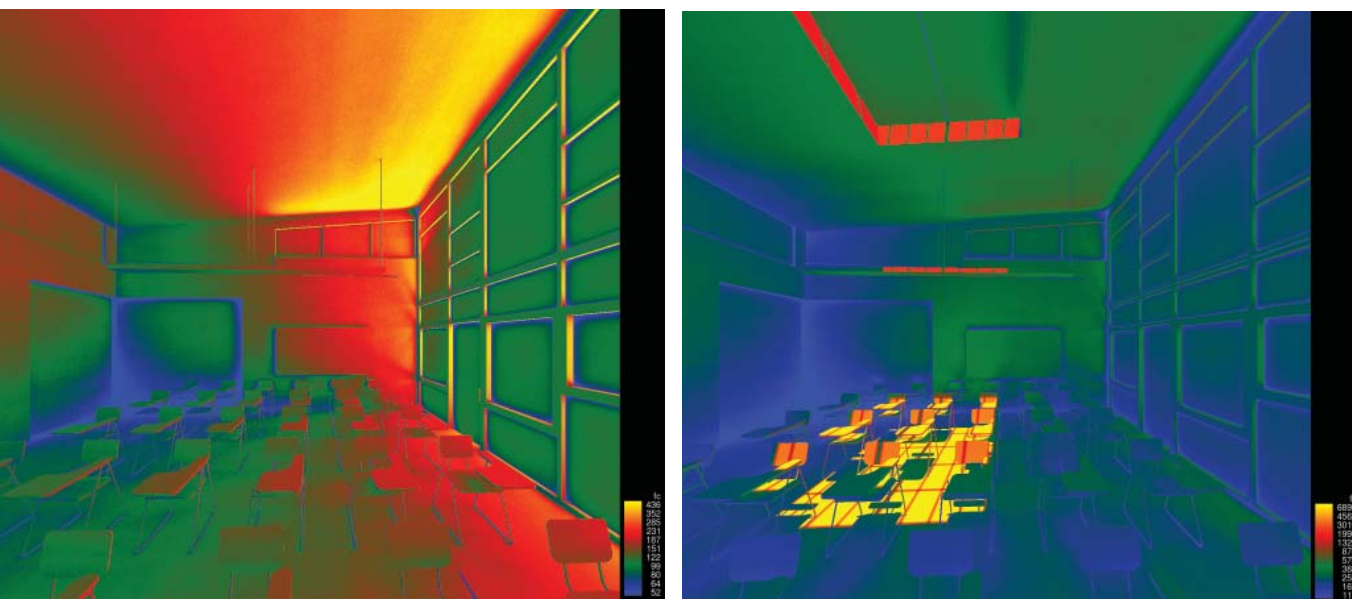


Il. 7. Analiza oświetlenia, Widok z góry pomieszczeń budynku i analiza ich naświetlenia światłem naturalnym. Autor: arch. Wojciech Cieplucha / Lighting analysis, View from the top of a building's rooms with analysis of their exposure to natural light. Author: Wojciech Cieplucha, MSc Eng.

Il. 8. Analiza oświetlenia, Widok z góry pomieszczenia sali lekcyjnej i analiza jej naświetlenia światłem naturalnym. Część od strony południowej jest prześwietlona, część od strony północnej jest niedoświetlona. Autor: arch. Wojciech Cieplucha / Lighting analysis, View from the top of a classroom with analysis of its illumination with natural light. The southern part is overexposed, the northern part is underexposed. Author: Wojciech Cieplucha, MSc Eng.

Il. 9. Widok perspektywiczny pomieszczenia sali lekcyjnej i analiza jej naświetlenia światłem naturalnym. Pomieszczenie jest niedoświetlone, świetlik prześwietla centrum pokoju. Autor: arch. Wojciech Cieplucha / A perspective view of a classroom with analysis of its natural light exposure. The room is underexposed, the skylight over-illuminates the centre of the room. Author: Wojciech Cieplucha, MSc Eng.

Il. 10. Widok perspektywiczny pomieszczenia sali lekcyjnej i analiza jej naświetlenia światłem naturalnym. Szyby z prawej strony rysunku odbijają zbyt dużą ilość promieni słonecznych, promienie słoneczne nie docierają do wnętrza. Autor: arch. Wojciech Cieplucha / A perspective view of a classroom with analysis of its natural light exposure. The glass on the right side of the drawing reflects too much sunlight, preventing it from reaching the interior. Author: Wojciech Cieplucha, MSc Eng.



obliczyć oświetlenie danej powierzchni przez światło naturalne lub sztuczne. Widoki i diagramy w kolorowych gradientach od koloru niebieskiego do żółtego wskazują miejsca niedoświetlone (niebieski) i prześwietlone (żółty). Oszacujemy w ten sposób wystarczającą ilość oświetlenia np. na powierzchni roboczej, takiej jak biurko lub stół.

Analiza obciążeń energii (z ang. *Energy loads*)

Obciążenia energii to energia potrzebna budynkowi. Energia może zostać dostarczona za pomocą energii elektrycznej, paliw lub środków biernych (pasywnych). Obciążenia cieplne to ilość energii grzewczej i chłodzącej, która musi być dodana lub usunięta z budynku, aby zapewnić użytkownikom komfort cieplny. Obciążenia termiczne pochodzą z transportu ciepła wewnątrz budynku podczas jego pracy oraz pomiędzy budynkiem a otoczeniem zewnętrznym. Przy obciążeniach termicznych można mówić o obciążeniach grzewczych (gdy budynek jest zbyt zimny) i obciążeniach chłodzących (gdy budynek jest zbyt gorący). Na obciążenia grzewcze i chłodzące nie tylko wpływa temperatura (ciepło właściwe), ale także wilgoć (ciepło utajone). Obciążenia grzewcze i chłodzące są sterowane przez system HVAC (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja z ang. Heating, Ventilation, Air Conditioning) budynku, który wykorzystuje energię do dodawania lub usuwania ciepła i dopasowania warunków użytkowania przestrzeni. Zużycie energii przekłada się na osprzęt HVAC, który napędzany jest paliwem lub energią elektryczną. Inne obciążenia budynku takie jak obciążenia wtykowe oraz obciążenia oświetleniowe wymagają odpowiedniej ilości energii elektrycznej.

Analiza konstrukcji

Cyfrowy model zawiera informacje o materiałach, ich wytrzymałości i geometrii danego elementu. Tworzony jest model analityczny, który umożliwia przeprowadzenie analizy konstrukcji. Zadając na geometrię odpowiednie siły otrzymujemy wykresy i schematy, które umożliwią projektantowi poprawne dobranie elementów konstrukcji. Już na wstępnym etapie szkicowania cyfrowego modelu, moduł z analizami jest dostępny.

Prezentowanie wyników

Dane możemy w różny sposób przedstawiać, w postaci schematów, diagramów, wykresów, zestawień ilościowych, graficznych, widoków, poziomych, pionowych, widoków z zewnątrz bryły, z wnętrza bryły. Różne modele są używane przez różne osoby w różnym czasie. Architekci są bardziej wizualni (wolą rysować i rzeźbić), a ich modele wyglądają jak budynek. Inżynierowie są bardziej analityczni (preferują obliczanie i analizę), a ich modele mogą wyglądać jak uproszczona struktura budowlana albo nawet tabelaryczne zestawienie liczbowe. Wszystkie modele mogą być wykorzystane w zintegrowanym projektowaniu budynków.

Podejmowanie decyzji

Zdrowy rozsądek, który towarzyszy nam od lat jest zastąpiony wielkimi maszynami, które obliczają a stopień dokładności i szacowania jest bardzo dokładny. Błędy są znikome. Podej-

Energy loads

Energy loads are the energy a building needs. It can be supplied by electricity, fuel or in a passive form. Thermal loads are the amount of heating and cooling energy that must be added or removed from the building to provide users with thermal comfort. Thermal loads come from the heat transport inside the building during its use, and between the building and the outside environment. Thermal loads are heat loads (when the building is too cold) and cooling loads (when the building is too hot). Heating and cooling loads not only affect the temperature (specific heat) but also the moisture (latent heat). Heating and cooling loads are controlled by a HVAC (heating, ventilation, air conditioning) system of a building, which uses energy to add or remove heat and adjust the conditions for using the space. Energy consumption is influenced by the HVAC equipment that is fuelled or electrically powered. Other building loads, such as plug-in and lighting loads require a sufficient amount of electricity.

Structural analysis

The digital model contains information about the materials, their strength and the geometry of the element. An analytical model is created, which allows analysing the structure. By assigning the right forces to its geometry, charts and diagrams are obtained, which enable the designer to select the correct elements of the structure. An analytical module is available already at the initial stage of sketching the digital model.

Presentation of the results

Data can be represented in different ways, in the form of schemes, diagrams, graphs, quantitative and graphic summaries, horizontal and vertical views, as well as external and internal views of the structure. Different models are used by different people at different times. Architects prefer the visual (drawing and sculpting) and their models look like buildings. Engineers are more analytical (they prefer to calculate and analyse), and their models may look like a simplified building structure or even a tabular numerical compilation. In the integrated building design, all models can be used.

Decision-making

Common sense, which has served us for years, is replaced by powerful calculating machines, and the degree of accuracy and estimation is very high, with negligible errors. Decision making is becoming more and more accurate, with hardly no misjudgement.

BIM does not solve design problems; it helps to anticipate and confront difficulties. Each stage of the model work, the BIM design, must be supported by the organization as a whole. It can't be merely an IT or R&D department initiative, or just a project or industry-level work. The decisions

mowanie decyzji staje się coraz trafniejsze, ograniczona jest ilość błędów.

BIM nie rozstrzyga problemów projektowych, pomaga przewidywać trudności i wychodzić im naprzeciw. Etapy pracy nad modelem, projektowanie w technologii BIM musi być wspierane przez organizację jako całość. Nie może być wyłącznie inicjatywa działu IT czy badawczo-rozwojowego lub działanie na poziomie projektu czy branży. Udostępniamy kooperantom podjęte przez nas decyzje i oczekujemy na interakcje z ich strony. Koordynacja projektu z innymi branżami pozwala na wczesne wykrycie kolizji. Tworzenie projektu na platformie internetowej (w chmurze) pozwala na szybką wymianę informacji. Modelujemy, analizujemy i wprowadzamy zmiany przy współpracy z innymi branżami. Edycja dotyczy powiązanych elementów w cyfrowym modelu. Szkice 2D nie pozwalają na automatyczne, szybkie i bezbłędne zliczanie parametrów elementów. Korekty projektantów widoczne są dla wszystkich pracujących nad projektem. Przedsiębiorstwa zyskują dzięki możliwości nadzorowania procesu projektowego od koncepcji po budowę na jednej cyfrowej platformie. Praca z dokumentacją nie jest czasochłonna i można wykorzystać zyskany czas na twórcze decyzje, które wspierają projekt w jego istnieniu.

Cyfrowe narzędzia a zawód architekta

W dobie kiedy dostęp do narzędzi jest nieograniczony jaką rolę pełni zawód architekta? Jak jest rola architekta, który zmagają się z coraz to nowszymi technologiami i coraz to większą mocą obliczeniową? Czy powinniśmy mówić o architektach-informatykach, czy może architektach-znawcach-programów, a może dzięki automatyzacji tego co już znane, powiemy o architektach-twórcach?

Czy pojęcie piękna może być opisane algorytmem? Warto zaznaczyć, że BIM nie rozstrzyga problemów projektowych, pomaga przewidywać trudności i wychodzić im naprzeciw. Znajomość cyfrowych narzędzi powinna pomagać zachować architektowi do nich dystans i pamiętać o tym co czyni dobry projekt architektoniczny.

PRZYPISY

¹ Na podstawie danych opisanych przez American Institute of Architect's Building Information Modeling Protocol, <https://www.aiacontracts.org/>

² Cytat z <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/project-phases-level-development>

³ Sanders, C. H. and Phillipson, M. C., 2003. *UK adaptation strategy and technical measures: the impact so climate change on buildings. Building Research and Information*. [Online]. 31(3-4), pp. 210-221. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/0961321032000097638> [Accessed 20 May 2013]

⁴ Camilleri, M. Jaques, R. and Isaacs, N., 2001. *Impacts of climate change on building performance in New Zealand. Building Research and Information*. [Online]. 29(6), pp. 440-450. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/09613210110083636> [Accessed 20 May 2013].

⁵ „Heating degree days”, or „HDD”, są miarą ilości (w stopniach) i na jak długo (w dniach), temperatura powietrza zewnętrznego była niższa niż określona temperatura bazowa. Są one wykorzystywane do obliczeń dotyczących zużycia energii potrzebnej do ogrzewania budynków, źródło: <http://www.degreedays.net>

⁶ „Cooling degree days”, or „CDD”, są miarą ilości (w stopniach) i na jak długo (w dniach), temperatura powietrza zewnętrznego była wyższa niż określona temperatura bazowa. Są one wykorzystywane do obliczeń dotyczących zużycia energii potrzebnej do chłodzenia budynków, źródło: <http://www.degreedays.net>

⁷ Adapted from Steemers and Yun, 2009, Egunatum, S., E. Joseph-Akwara & R. Akaigwe (2016) *Optimizing Energy Consumption In Building Designs Using Building Information Model (Bim)*. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 24, 19-28.

⁸ The net wall area (gross wall area, minus openings) of the analyzed model.

are announced to all collaborators, with interaction in mind. Coordinating the project with other industries allows for early detection of a collision. Creating a project on an on-line platform (in the cloud) allows for rapid exchange of information. Modelling, analysing, and implementing changes is done in collaboration with other industries, and editing affects the co-related elements of the digital model. 2D sketches do not allow automatic, quick and error-free calculation of element parameters. Designers' amendments are visible to all working on the project, and organisations benefit from the ability to oversee the design process, from concept to construction, in a single digital platform. Working with documentation is time-efficient, and the saved time can be used to make creative decisions that support the making of the project.

Digital tools and the profession of architect

In the age when access to tools is unlimited, what is the role of the profession of architect? What is the role of an architect who is struggling with ever-updated technology and ever-increasing computing power? Are architects computer scientists, or software experts? Or perhaps, thanks to automation, we may call them architectural creators?

Can the concept of beauty be described by an algorithm? Please note that BIM does not solve design problems; it helps to anticipate difficulties and respond to them. The knowledge of digital tools should help architects remain objective, and remember what makes a good architectural design.

ENDNOTES

¹ Based on data provided by the American Institute of Architects Building, Information Modeling Protocol, <https://www.aiacontracts.org/>

² Quoted from <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/project-phases-level-development>

³ Detailed specification: <http://bimforum.org/lod/>

⁴ Sanders, C. H. and Phillipson, M. C., 2003. *UK adaptation strategy and technical measures: the impact of climate change on buildings. Building Research and Information*. [Online]. 31(3-4), pp. 210-221. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/0961321032000097638> [Accessed 20 May 2013]

⁵ Camilleri, M. Jaques, R. and Isaacs, N., 2001. *Impacts of climate change on building performance in New Zealand. Building Research and Information*. [Online]. 29(6), pp. 440-450. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/09613210110083636> [Accessed 20 May 2013].

⁶ „Heating degree days”, or „HDD” indicate how the outdoor air temperature was lower than the specified base temperature, in quantity (degrees) and duration (days). They are used to calculate the energy consumption needed to heat buildings, source: <http://www.degreedays.net>

⁷ „Cooling degree days”, or „CDD” indicate how the outdoor air temperature was higher than the specified base temperature, in quantity (degrees) and duration (days). They are used to calculate the energy consumption needed to cool buildings, source: <http://www.degreedays.net>

⁸ The net wall area (gross wall area, minus openings) of the analysed model.

⁹ Adapted from Steemers and Yun, 2009, Egunatum, S., E. Joseph-Akwara & R. Akaigwe (2016) *OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION IN BUILDING DESIGNS USING BUILDING INFORMATION MODEL (BIM)*. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 24, pp. 19-28.

⁹ Powierzchnia ściany netto (powierzchnia ścian brutto, minus otwory) analizowanego modelu

¹⁰ Współczynnik ilości okien jest miarą pola procentowego wyznaczonego przez podzielenie całkowitego obszaru przeszklonego budynku przez powierzchnię ściany zewnętrznej.

¹¹ Zainteresowanych odsyłam do <http://indoorairnerd.com/ventilation/ventilation-with-economizers>

LITERATURA

[1] American Institute of Architects, *Integrated Project Delivery: A Guide 2007* version 1.

[2] Kumlin R., *Architectural Programming: Creative Techniques for Design Professionals*, Wyd. McGraw-Hill Inc., New York 1995.

[3] Cherry E., *Programming for Design: From Theory to Practice*, Wyd. John Wiley & Sons Inc., New York 1998.

[4] <http://indoorairnerd.com/ventilation/ventilation-with-economizers>

[5] B. Hardin, D. McCool, *BIM and Construction Management*, Wyd. Sybex, Indianapolis 2015.

[6] Tomana A., *BIM Innowacyjna technologia w budownictwie*, Wyd. Witold Sadecki Seiton, Kraków 2015.

[7] <https://knowledge.autodesk.com>

[8] Sanders C. H., Phillipson M. C., *UK adaptation strategy and technical measures: the impact so climate change on buildings. Building Research and Information*, 2003.

[9] Camilleri M. Jaques R., Isaacs N., *Impacts of climate change on building performance in New Zealand. Building Research and Information*, 2001.

[10] Adapted from Steemers and Yun, 2009, Egunatum, S., E. Joseph-Akwara & R. Akaigwe (2016) *Optimizing Energy Consumption In Building Designs Using Building Information Model (Bim)*. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 24, 19-28

¹⁰ For more details, see: <http://indoorairnerd.com/ventilation/ventilation-with-economizers>

BIBLIOGRAPHY

[1] American Institute of Architects, *Integrated Project Delivery: A Guide 2007* version 1.

[2] Kumlin R., *Architectural Programming: Creative Techniques for Design Professionals*, McGraw-Hill Inc., New York 1995.

[3] Cherry E., *Programming for Design: From Theory to Practice*, John Wiley & Sons Inc., New York 1998.

[4] <http://indoorairnerd.com/ventilation/ventilation-with-economizers>

[5] B. Hardin, D. McCool, *BIM and Construction Management*, Sybex, Indianapolis 2015.

[6] Tomana A., *BIM Innowacyjna technologia w budownictwie*, Witold Sadecki Seiton, Krakow 2015.

[7] <https://knowledge.autodesk.com>

[8] Sanders C. H., Phillipson M. C., *UK adaptation strategy and technical measures: the impact so climate change on buildings. Building Research and Information*, 2003.

[9] Camilleri M. Jaques R., Isaacs N., *Impacts of climate change on building performance in New Zealand. Building Research and Information*, 2001.

[10] Adapted from Steemers and Yun, 2009, Egunatum, S. E. Joseph-Akwara & R. Akaigwe (2016) *Optimizing Energy Consumption In Building Designs Using Building Information Model (BIM)*. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 24, pp. 19-28.