

# Zintegrowane projektowanie zrównoważone

## Integrated sustainable design

### Streszczenie

XXI wiek przyniósł w dziedzinie projektowania rewolucję większą niż miała miejsce przy zamianie deski kreślarskiej na oprogramowanie komputerowe CAD. Mamy do czynienia z niezwykle dynamicznym rozwojem technologii oraz koniecznością stosowania się do wymogów związanych z projektowaniem zrównoważonym. Projektowanie zrównoważone wymaga ścisłej koordynacji na wszystkich etapach i w obrębie wszystkich biorących w nim udział specjalności. Pojawiły się więc narzędzia wspomagające w postaci oprogramowania w standardzie BIM (Building Information Modeling). Umożliwia ono już na bardzo wczesnych etapach opracowywania koncepcji budynku wprowadzenie szeregu istotnych parametrów i wykonanie wstępnych analiz służących zrównoważonemu projektowaniu. Wyniki tych analiz pozwalają na skorygowanie przyjętych założeń projektowych i ich optymalizację. Nauczanie projektowania zrównoważonego w oparciu o te technologie jest dziś niezwykle pomocne dla architektów i inżynierów, a w przyszłości może się stać nieodzowne. Dlatego edukacja w tym zakresie oraz integracja projektowania urbanistyczno-architektonicznego oraz budowlanego wydaje się być konieczna już od pierwszych lat studiów na wydziałach architektury.

### Abstract

The 21<sup>st</sup> century brought about a greater evolution in the field of designing than the one when the drawing board was replaced with the CAD software. We are dealing now with extremely dynamic development of technology and with the need to comply with requirements relating to sustainable design. Sustainable design requires strict coordination at all stages and within the scope of all specialties it concerns. Therefore, supporting tools have emerged – software in the BIM standard (Building Information Modelling). It enables to introduce a number of essential parameters and to perform preliminary analyses relating to sustainable design already at very early stages of the process of developing the concept of a building. The results of such analyses allow to correct the design assumptions adopted and to optimise them. Teaching sustainable design with the support of these technologies is extremely helpful for architects and engineers today, and it can become indispensable in the future. Hence education in this scope and integration of the urban / architectural design with the construction design seems to be necessary starting from the first years of study at faculties of architecture.

Słowa kluczowe: zintegrowane projektowanie zrównoważone, BIM

Keywords: integrated sustainable design, BIM

### 1. WPROWADZENIE

Składową idei zrównoważonego rozwoju jest zrównoważone projektowanie opierające się na zasadach Green Architecture<sup>1</sup>. Przed projektami architektonicznymi wykonywanymi według tej idei stawia się wymóg, aby spełniając terażniejsze potrzeby ludzi nie powodowały jednocześnie negatywnych skutków środowiskowych, ekonomicznych i społecznych dla przyszłych pokoleń<sup>2</sup>. W praktyce oznacza to, że decyzje podejmowane w ramach „zrównoważonego projektowania” muszą być wynikiem wielokryterialnej analizy wpływu budynku na człowieka oraz środowisko, na etapie jego wznoszenia, eksploatacji oraz rozbioru i utylizacji<sup>3</sup>.

Ilość danych i parametrów, które powinno się wprowadzać do projektów i brać pod uwagę już na etapie koncepcji jest znacznie większa niż w projektach tradycyjnych, opracowywanych pod wieloma względami jedynie w sposób intuicyjny. Współczesne projekty architektoniczne wymagają w związku z tym przeprowadzenia szeregu dokładnych analiz i symula-

### 1. INTRODUCTION

One of the components of sustainable development is sustainable design, based on the principles of Green Architecture<sup>1</sup>. Architectural designs prepared according to this concept must fulfil the requirement that while satisfying the current needs of people they must not cause any negative environmental, economic, and social effects for the future generations<sup>2</sup>. In practice, this means that decisions made within the scheme of ‘sustainable design’ must result from a multifaceted analysis of the effect of a building on man and environment, at the stage of its erection, utilisation, as well as demolition and disposal<sup>3</sup>.

The number of data and parameters which should be included in designs and taken into account already at the stage of the concept is much higher than in conventional designs, which in many respects are developed only intuitively. Contemporary architectural designs require, therefore, a number of precise analyses and simulations to

cji, weryfikujących przyjmowane rozwiązania projektowe. To z kolei wymaga zastosowania w procesie projektowania odpowiednich narzędzi wspomagających projektowanie w postaci oprogramowania w standardzie BIM<sup>4</sup>.

Te, można powiedzieć rewolucyjne zmiany w podejściu do projektowania, stawiają nowe wyzwania przed uczelniami zajmującymi się kształceniem przyszłych architektów. Najkrócej mówiąc, konieczna jest poważna korekta programów nauczania w kierunku zintegrowanego projektowania zrównoważonego.

### 2. PROJEKTOWANIE ZRÓWNOWAŻONE OPARTE NA OPRAGRAMOWANIU W STANDARDZIE BIM

Na pierwszym roku studiów na Wydziale Architektury PK studenci mają za zadanie opracować projekt średniej wielkości pawilonu użyteczności publicznej, zlokalizowanego na placu w otoczeniu miejskim, który w założeniu ma być budynkiem zrównoważonym, a więc zaprojektowanym zgodnie z zasadami *Green Architecture*<sup>5</sup>. W związku z tym dopuszczone i rekomendowane do używania przez studentów są narzędzia wspomagające projektowanie w postaci oprogramowania w standardzie BIM<sup>6</sup>. Zastosowanie tego oprogramowania umożliwia już na etapie opracowywania koncepcji budynku wprowadzenie szeregu istotnych parametrów i wykonanie wstępnych analiz służących zrównoważonemu projektowaniu. Wyniki tych analiz pozwalają na skorygowanie przyjętych założeń projektowych i ich optymalizację. Jedną z istotnych cech budynku zrównoważonego jest energooszczędność, dlatego analizy dotyczą przede wszystkim tych aspektów projektu, które mają wpływ na ostateczny poziom wydajności energetycznej<sup>7</sup>. Elementy projektowania zrównoważonego, które są rekomendowane do wprowadzenia do opracowania projektowego w systemie BIM na etapie koncepcji to lokalizacja z uwzględnieniem parametrów klimatycznych.

#### Lokalizacja z uwzględnieniem parametrów klimatycznych

Programy wspomagające projektowanie w standardzie BIM, umożliwiają wprowadzenie dokładnej lokalizacji inwestycji (długość i szerokość geograficzna oraz wysokość nad poziomem morza). Z szerokością geograficzną jest powiązana wysokość słońca i kąt padania promieni słonecznych. Umożliwia to przeprowadzanie analiz nasłonecznienia projektowanego budynku. Aby na kolejnych etapach prac projektowych wykonać analizy energetyczne projektowanego budynku niezbędne jest posiadanie odpowiednich danych klimatycznych. Projektowe temperatury zewnętrzne przyjmowane są zgodnie z Normą, czyli w przypadku zlokalizowania projektu w Krakowie – dla III strefy klimatycznej.

W projektach opracowywanych przez studentów w ramach ćwiczeń projektowych już na wstępnym etapie projektu koncepcyjnego wymagane jest wprowadzenie konkretnej lokalizacji projektowanego budynku ze ściśle określonymi parametrami klimatycznymi, a więc:

- temperatura powietrza
- względna wilgotność
- nasłonecznienie
- prędkość i kierunek dominujących wiatrów

be performed in order to verify the assumed design solutions. This in turn calls for the application of appropriate design aiding tools in the designing process – software in the BIM standard<sup>4</sup>. These changes in approaching the designing process, which can be easily recognised as revolutionary, pose new challenges before universities and colleges that train future architects. In brief, a serious correction of the curriculum towards integrated sustainable design is necessary.

### 2. SUSTAINABLE DESIGN BASED ON BIM SOFTWARE

At the first year of studies at the Faculty of Architecture of the Cracow University of Technology, students face the task of developing a design of a medium size public utility pavilion located in a square in an urban environment, which is to be a sustainable building, and therefore designed in compliance with the principles of Green Architecture<sup>5</sup>. For this reason students are allowed and recommended to make use of design aiding tools in the form of BIM software<sup>6</sup>. Application of this software enables to introduce a number of essential parameters and to perform preliminary analyses for the purposes of sustainable design already at the stage of the development of the very concept of a building. Results of such analyses allow to correct the initially adopted design assumptions and to optimise them. One of essential properties of a sustainable building is its energy efficiency; therefore, the analysis focuses predominantly on aspects of a building which influence the final level of its energy efficiency<sup>7</sup>. Elements of sustainable design recommended to be implemented in the design study in the BIM system at the stage of the concept are the location of the building, taking into account its climatic parameters.

#### Location taking into account climatic parameters

Design aiding tools in the BIM standard enable to enter a precise location of the investment (longitude, latitude, and altitude above sea level). Parameters that are connected with latitude are the solar altitude and the incidence angle of sunrays. This allows to perform analysis of insolation of the designed building. It is necessary to hold appropriate climatic data in order to perform energy-related analysis of the designed building at subsequent stages of the designing works. The external temperatures taken into account during the designing process are adopted in compliance with the Standard, so if a project is located in Cracow – they are appropriate for the 3<sup>rd</sup> climatic zone. In designs prepared by students within the scheme of their practical design classes it is required to enter a specific location of the designed building along with closely determined climatic parameters already at the initial stage. These parameters include:

- Air temperature
- Relative humidity
- Insolation
- Speed and direction of prevailing winds

A factor which has a significant effect on the energy characteristics of a building is the wind effect level, that is the speed and direction of prevailing winds in

Znaczący wpływ na charakterystykę energetyczną budynku ma poziom oddziaływania wiatru, czyli prędkość i kierunek dominujących wiatrów dla danej lokalizacji. Konkretna lokalizacja projektu i charakterystyczne dla niej oddziaływanie wiatru powinna być wytyczną do zaplanowania odpowiedniego osłonięcia lub „otwarcia” dla poszczególnych elewacji budynku.

Projektowane osłonięcia od wiatru mają wpływ na stopień tzw. zacieniania poziomego, czyli zakresu, w jakim cienie rzucane są przez obiekty zewnętrzne na elementy nieprzezroczyste budynku. Źródła zacienienia poziomego budynku wynikają z usytuowania budynku w terenie, rodzaju i ilości elementów znajdujących się w otoczeniu budynku oraz z konstrukcji bryły samego budynku. Ocenę stopnia zacienienia budynku lub jego najbliższego otoczenia należy rozpatrywać dla dwóch pór roku: zimowej i letniej. Zimowe zacienienie ścian i okien ukierunkowanych na południe uniemożliwia wykorzystanie energii słonecznej, natomiast zacienienie w lecie, zwłaszcza od strony zachodniej, może okazać się korzystne, gdyż zapobiega przegrzewaniu budynku. Jeżeli istnieje taka potrzeba, otoczenie obiektu powinno być odpowiednio modyfikowane w celu zwiększenia zacienienia lub zwiększenia dostępności promieniowania słonecznego.

Zgodnie z wymogami ustawowymi pomieszczenia w budynkach powinny mieć zapewniony odpowiedni czas nasłonecznienia, określany w dniach równonocy (21 marca i 21 września)<sup>8</sup>. Zweryfikować to można tzw. analizą nasłonecznienia budynku, która pozwala na zaobserwowanie projektowanego budynku w realnej sytuacji w celu sprawdzenia warunków nasłonecznienia w określonym miejscu (położeniu geograficznym) oraz w określonym przedziale czasu<sup>9</sup>.

Wariantowe analizy nasłonecznienia dla projektów studenckich wykonywane są w programie Archicad z uwzględnieniem parametrów geograficznego położenia modelu i związanej z tym pozycji słońca. Dzień przeprowadzenia analizy nasłonecznienia wyznaczany jest na 21 marca. Odstępy czasowe pomiędzy poszczególnymi klatkami analizy przyjmowane są standardowo co 1 godzinę.

### Przeszklenia w budynku

Ze względu na wymagany przepisami poziom oszczędzania energii już na etapie koncepcji określone powinny być również minimalne i maksymalne dopuszczalne powierzchnie okien. Proporcje wielkości przeszkleń w budynku określa Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych<sup>10</sup>:

- **Minimalna** dopuszczalna powierzchnia przeszkleń – W pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8
- **Maksymalna** dopuszczalna powierzchnia przeszkleń – W budynku użyteczności publicznej pole powierzchni  $A_{0p}$ , wyrażone w  $m^2$ , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż  $0,9 W/(m^2K)$ , obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość  $A_{0max}$  obliczone według wzoru:  $A_{0max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w$ , gdzie:  $A_z$  – jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie

a specific location. A specific location of a project and the wind effect characteristic for it should constitute a guideline for planning a relevant shield or “openings” for individual elevations of the building. Designed wind shields have their effect on the level of the so-called horizontal shadowing, which is a range in which shadows are cast by external structures onto non-transparent elements of the building. Sources of horizontal shadowing of a building result from the location of the building in the area, the type and number of elements that are located in the vicinity of the building, and the structure of the very form of the building. The evaluation of the degree of shadowing of the building or its immediate surroundings needs to be considered for two seasons: winter and summer. Shadowing of walls and windows facing the south renders it impossible to make use of the solar energy, and shadowing in summer, especially from the western side, may turn out to be beneficial, as it prevents overheating of the building. If it is necessary, the surrounding area of the building should be appropriately modified so as to increase shadowing or increase the accessibility of sunrays. Under relevant statutory provisions, rooms in buildings should have a secured period of insolation, determined on the days of the equinox (21 March and 21 September)<sup>8</sup>. It can be verified by means of the so-called building insolation analysis, which enables to observe a specific building in a real situation in order to verify the insolation conditions in a specific place (geographical location) and in a specific time interval<sup>9</sup>.

Variant analyses of insolation for the purposes of students' designs are performed in Archicad, taking into account geographical parameters of the location of the model and the position of the sun connected with it. The date set for the insolation analysis is 21 March. The time intervals between individual frames of the analysis are normally one-hour long.

### Glass in the building

Due to the level of energy efficiency imposed in relevant legal regulations, the minimum and maximum admissible surface areas of windows should be determined already at the stage of the concept, as well. Proportions in the size of glass surfaces in a building are specified in the Regulation on Technical Conditions<sup>10</sup>:

- **Minimum** admissible surface area of glass – In a room intended for people's stay, the ratio of the surface area of windows calculated in the lumen of the window frames to the surface area of the floor should be at least 1:8
- **Maximum** admissible surface area of glass – In a public utility building the area  $A_{0p}$ , expressed in square metres, of windows and glass partitions with the heat transfer coefficient not lower than  $0,9 W/(m^2K)$ , calculated according to their modular dimensions, cannot be higher than the value of  $A_{0max}$  calculated according to the formula:  $A_{0max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w$ , where:  $A_z$  – is a sum of areas of the floor plans of all overground floors (within the external contour of the building) in a 5-metre-wide belt along the external walls,  $A_w$  – is a sum of areas of the remaining part of

o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,  $A_w$  – jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu  $A_z$ .

Nie ma odrębnych zaleceń, dotyczących rekomendowanej wielkości przeszkleń dla budynków niskoenergetycznych (NF 40) i pasywnych (NF 15), która powinna być zweryfikowana przez analizy zysków i strat energii dla całego budynku<sup>11</sup>. Jednak projektując budynek energooszczędny należy mieć na uwadze, że okna w budynkach energooszczędnych pełnią ważną rolę, ponieważ wprowadzenie światła dziennego do budynku poprzez okna jest najprostszą formą biernego pozyskiwania energii z promieniowania słonecznego. Badania prowadzone w Passivhouse Institute w Darmstadt dowiodły, że jedynie okna usytuowane od strony południowej oraz południowo-wschodniej i południowo-zachodniej mogą mieć pozytywny bilans energetyczny<sup>12</sup>. Stąd w budynkach energooszczędnych zalecana jest koncentracja okien od strony południowej. Jednocześnie południowe okna powinny posiadać elementy ocieniające, które pozwalają na ochronę wnętrza przed przegrzewaniem się w okresie letnim. Z kolei na elewacji północnej zalecane jest unikanie okien, a na elewacji wschodniej i zachodniej ograniczenie ich ilości<sup>13</sup>.

Ponadto w projekcie koncepcyjnym należy zwrócić uwagę na fakt, że w szerokościach geograficznych w jakich położona jest Polska, ilość promieniowania słonecznego w sezonie grzewczym jest relatywnie niewielka w porównaniu do ilości promieniowania słonecznego, które oddziałuje na budynek w miesiącach ciepłych. W budynkach energooszczędnych o dużej powierzchni okien od strony południowej może więc wystąpić problem przegrzewania wnętrza. W celu zachowania komfortu cieplnego w okresie letnim zalecane jest w związku z tym stosowanie urządzeń przeciwslonecznych.

### Instalacje i techniczne wyposażenie budynku

Na etapie koncepcji projektowej, która dotyczy budynku energooszczędnego powinny być określone przez studentów wstępne założenia dotyczące rozwiązań instalacyjnych i technicznego wyposażenia budynku. Dotyczą one następujących grup instalacji urządzeń:

- **Instalacje zapewniające wymianę powietrza i komfort cieplny** – W budynkach projektowanych w sposób tradycyjny wymiana powietrza zapewniana jest przez system naturalnej wentylacji grawitacyjnej. W budynkach energooszczędnych nie da się osiągnąć wymaganego – znacznie wyższego poziomu wydajności energetycznej aniżeli w standardowych budynkach normatywnych – bez zastosowania mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (rekuperacją). Efektywnymi urządzeniami w zakresie dostarczania energii cieplnej do ogrzewania budynków energooszczędnych są pompy ciepła. Zalecane uzupełnienie systemu wentylacyjno-grzewczego w budynkach energooszczędnych stanowi tzw. gruntowy wymiennik ciepła (GWC).
- **Instalacja ciepłej wody użytkowej** – W budynkach tradycyjnych głównym składnikiem bilansu energetycznego jest zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku, natomiast energia potrzebna do przygotowywania cie-

the floor plan of all the floors after subtracting  $A_z$ . There are no separate provisions as to the recommended size of glazed surfaces for low-energy buildings (NF 40) and passive buildings (NF 15), which should be verified by means of the analysis of energy gains and losses for the entire building<sup>11</sup>. Nevertheless, when designing an energy efficient building it should be borne in mind that windows play an important role in low energy buildings, because introducing daylight in the building through windows constitutes the simplest method of passive energy gain from solar radiation. Research carried out in Passivhouse Institute in Darmstadt has demonstrated that only windows facing the south as well as south-east and south-west can have a positive energy balance<sup>12</sup>. Hence it is recommended to concentrate windows on the southern side of buildings. Simultaneously, windows facing the south should be furnished with shadowing elements, which allow to protect interiors against overheating in summer. On the northern elevation, on the other hand, it is recommended to avoid windows, and on the eastern and western elevation it is advisable to limit their number<sup>13</sup>.

Furthermore, at the stage of the conceptual design it is necessary to take into account that in latitudes similar to those of Poland the quantities of solar radiation in the heating period are relatively minor compared to the quantity of solar radiation that has its effect on a building in warm months. Therefore, there may occur a phenomenon of overheating of interiors in energy efficient buildings with large window areas facing the south. So as to maintain the heat comfort in the summertime, it is, therefore, recommended to apply sun protections.

### Installations and technical fittings of the building

At the stage of a design concept which refers to an energy efficient building students should define the initial assumptions referring to installation solutions and technical fittings of the building. They refer to the following groups of installations and fittings:

- **Installations providing air exchange and heat comfort** – in conventionally designed buildings air exchange is provided by the system of natural gravity ventilation. In energy efficient buildings it is impossible to obtain the required – much higher – level of energy efficiency than in standard normative buildings without the application of mechanical supply-exhaust ventilation with heat recovery. Effective devices in terms of supplying heat energy for heating energy efficient buildings are heat pumps. The recommended completion of the ventilation and heating system in energy efficient buildings is the so-called ground-coupled heat exchanger.
- **Domestic hot water installation** – In conventional buildings the main component of the energy balance is the demand for heat for heating of the building, whereas the energy necessary to obtain domestic hot water constitutes only its small part. In energy efficient buildings the proportions are reversed; therefore, it is necessary to aim at the maximum reduction of heat losses in the domestic hot water installation, the decrease of the demand for hot water, and the use of renewable

plej wody użytkowej (c.w.u.) stanowi tylko jego niewielką część. W budynkach energooszczędnych proporcje te są odwrotne i w związku z tym należy dążyć do maksymalnego ograniczenia strat ciepła w instalacji c.w.u., zmniejszenia zapotrzebowania na ciepłą wodę i wykorzystywania do jej przygotowania odnawialnych źródeł energii (np. kolektory słoneczne).

- **Instalacje elektryczne** – W budynkach energooszczędnych należy zapewnić dużą efektywność wykorzystania energii elektrycznej oraz w maksymalnym stopniu wykorzystywać możliwości oświetlania pomieszczeń światłem dziennym.
- **Automatyka i systemy inteligentnego budynku** – Inteligentny budynek to określenie wysoce zaawansowanego technicznie budynku, który posiada system czujników i detektorów oraz jeden, zintegrowany system zarządzania wszystkimi znajdującymi się w nim instalacjami. Zastosowanie w budynku automatyki powiązanej z systemem inteligentnego budynku pozwala na znaczne obniżenie zużycia energii – koszt instalacji urządzeń inteligentnego budynku to około 1-2% kosztu jego budowy, ale urządzenia te mają wpływ na obniżenie 75% kosztów eksploatacji budynku.

#### Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych

- **Pasywne systemy słoneczne** – Zmniejszenie zużycia energii do ogrzewania pomieszczeń można osiągnąć dzięki stosowaniu pasywnych systemów słonecznych. Systemy takie tworzą elementy budynków, które odpowiednio zaprojektowane w bierny sposób pochłaniają promieniowanie słoneczne, przepuszczają je lub magazynują
- **Aktywne systemy słoneczne** – Aktywne systemy słoneczne to systemy, w których dzięki zastosowaniu specjalnych urządzeń instalacyjnych zachodzi przemiana energii promieniowania słonecznego na ciepło użytkowe. Przykładem takich urządzeń są np. kolektory słoneczne.
- **Konwersja promieniowania słonecznego w energię elektryczną**, czyli np. ogniwa fotowoltaiczne
- **Pompy ciepła**, czyli urządzenia, które podbierają energię ze źródła o niskiej temperaturze (źródło dolne) i przenoszą ją do źródła o wyższej temperaturze (źródło górne), gdzie zostaje wykorzystana do ogrzewania pomieszczeń lub podgrzewania ciepłej wody użytkowej.
- **Inne źródła energii odnawialnej**, takie jak biomasa, energia wiatru, itp.

Projekt wykonywany w drugim semestrze 1 roku Architektury w Instytucie Projektowania Urbanistycznego Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej jest kończony na etapie koncepcji funkcjonalno-architektonicznej. Uwzględnienie wymienionych elementów projektowania zrównoważonego na etapie projektu koncepcyjnego umożliwia kontynuowanie opracowania projektowego w fazie projektu budowlanego i wykonawczego bez istotnych korekt związanych z orientacją budynku, doświetleniem, funkcją, itp. Dzięki tak prowadzonemu nauczaniu na etapie koncepcji na dalszych etapach można uszczegóławiać decyzje projektowe. Po przypisaniu wszystkim materiałom budowlanym zastosowanym w poszczególnych elementach budynku ich cech fizycznych, można prze-

energy sources to prepare it (e.g. solar collectors).

- **Electric installations** – In energy efficient buildings it is necessary to secure high efficiency of the use of electric energy and to make maximum use of options of adding natural daylight to rooms.
- **Automatic control and smart building systems** – smart building is a term that describes a technically highly advanced building, equipped with a system of sensors and detectors, and one integrated system of management of all the installations located in it. The application of automatic control connected with the system of a smart building allows to reduce the energy consumption considerably – the cost of installation of smart building devices constitutes ca. 1-2% of its construction, but these devices have their effect on the reduction of 75% of the building utilisation costs.

#### Use of energy from renewable sources

- **Passive solar systems** – The reduction of energy consumption caused by heating rooms can be obtained thanks to the application of passive solar systems. Such systems are created by elements of buildings which – if properly designed – passively absorb solar radiation, transmit, or store it.
- **Active solar systems** – Active solar systems are systems in which thanks to the application of special installation devices the energy of solar radiation is transformed into domestic heat. Examples of such devices are solar collectors.
- **Conversion of solar radiation into electric energy**, e.g. photovoltaic cells.
- **Heat pumps**, that is devices which take energy from a low temperature source (lower source) and transport it to a higher temperature source (upper source), where it is used for heating rooms or for heating up domestic hot water.
- **Other renewable energy sources**, such as biomass, wind energy, etc.

The design prepared during the 2<sup>nd</sup> semester of the 1<sup>st</sup> year of Architecture in the Institute of Urban Design, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology, is completed at the stage of the functional and architectural concept. Taking into account the aforementioned elements of sustainable design at the stage of the conceptual design allows to continue the design development at the stage of the building permit design and the detailed design, without any essential corrections pertaining to the building orientation, illumination increase, function, etc. Thanks to this method of teaching at the stage of the concept, design decisions can be elaborated in more detail during subsequent stages of the process. Having assigned all construction materials applied in individual elements of the building with their physical properties, students can move on to subsequent analyses, such as the analysis of gains and losses of the final energy for the heating purposes, the analysis of comfort and overheating, etc.

prowadzać kolejne analizy takie jak: analiza zysków i strat energii końcowej na ogrzewanie budynku, analiza komfortu i przegrzewania, itp.

Poniżej przedstawiono projekty studentów I roku wykonane w oparciu o narzędzia BIM. Autorki projektów: Dominika Poluk, Magdalena Ryś, Patrycja Seruga, Monika Sokółowska, Julia Sierpień.

#### 3. PODSUMOWANIE

Projektowanie urbanistyczno- architektoniczne oraz budowlane wpisujące się w ideę zrównoważonego rozwoju wymaga koordynacji na wszystkich etapach oraz integracji działań wszystkich uczestników procesu projektowego. Projektowanie zrównoważone opiera się na określonych zasadach, które są ze sobą logicznie powiązane. Przeprowadzenie stosownych analiz oraz wprowadzenie do projektu rozwiązań określanych jako „zrównoważone”, poszerza niewątpliwie zakres opracowania, zwiększa też ryzyko popełnienia błędu. Wydaje się, że na dzień dzisiejszy, najsprawniejszym narzędziem wspomagającym projektowanie zrównoważone jest oprogramowanie BIM. Wynika to z możliwości wprowadzenia do projektu szeregu parametrów, takich jak np. położenie geograficzne i związane z nim dane klimatyczne, pozycja słońca, itp. oraz przeprowadzenia powiązanych z nimi analiz, takich jak np. analiza nasłonecznienia budynku. Bez wspomaganie w postaci odpowiedniego oprogramowania analizy takie byłyby niezwykle żmudne lub wręcz niemożliwe do przeprowadzenia. Technologie komputerowe wyszły naprzeciw zwiększonym wymogom stawianym projektom i ich twórcom w dobie rozwoju zrównoważonego. Nauczanie projektowania zrównoważonego w oparciu o te technologie jest dziś niezwykle pomocne dla architektów i inżynierów, a w przyszłości może się stać nieodzowne. Dlatego edukacja w tym zakresie oraz integracja projektowania urbanistyczno- architektonicznego oraz budowlanego wydaje się być konieczna już od pierwszych lat studiów.

#### PRZYPISY

- <sup>1</sup> Zasady Green Architecture: energooszczędność, wykorzystanie alternatywnych źródeł energii, poszanowanie dla użytkownika, poszanowanie dla otoczenia, zasada 3R (reduce, reuse, recycle –ang.). Vale B., R. Green Architecture, Bulfinch Press, 1991
- <sup>2</sup> Edwards B. Green Architecture, Architectural Design, Vol. 71, No. 4, July, 2001,
- <sup>3</sup> Jagiełło-Kowalczyk M. Koordynacja środowiskowa w kształtowaniu zrównoważonych inwestycji mieszkaniowych, Monografia 418, Politechnika Krakowska, Kraków 2012, str. 160–170.
- <sup>4</sup> BIM – Building Information Modeling – modelowanie informacji o budynkach i budowlach. Jamroz M. iBIM. Projektowanie wielowymiarowe [w:] Archivolta 1(65)/2015, str. 70.
- <sup>5</sup> W ramach przedmiotu Projektowanie wstępne urbanistyczno-architektoniczne
- <sup>6</sup> Innowacyjny system nauczania w oparciu o oprogramowanie w standardzie BIM. Autorskie opracowanie systemu: Jagiełło-Kowalczyk M, Markiewicz P.
- <sup>7</sup> Markiewicz P. Zintegrowane projektowanie energetyczne [w:] Archivolta 3(67)/2015, Kraków 2015, str. 76–83
- <sup>8</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r., Rozdział 2. Oświetlenie i nasłonecznienie, § 60, Dz.U. Nr 75, poz. 690 wraz z wprowadzonymi zmianami
- <sup>9</sup> Twarowski M., Słońce w architekturze, Instytut Urbanistyki i *Architektury*, Arkady, 1996
- <sup>10</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690) wraz z wprowadzonymi zmianami, załącznik 2: Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii
- <sup>11</sup> Kisilewicz T.: Zasady kształtowania budynków pasywnych, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, 2005, T. 1, str.169–176

Designs by first-year students, developed using BIM tools, have been presented below: Dominika Poluk, Magdalena Ryś, Patrycja Seruga, Monika Sokółowska, Julia Sierpień.

#### 3. SUMMARY

Urban / architectural and construction design inscribed in the concept of sustainable development requires coordination at all stages, as well as integration of activities of all actors taking part in the designing process. Sustainable design is based on specific logically interrelated principles. Undoubtedly, performing relevant analyses and introducing specific solutions referred to as sustainable in the design broadens the scope of the study, and it increases the risk of an error, too. It seems that as of today, the most efficient tool that aids the process of sustainable designing is the BIM software. It results from the possibility of introducing a number of parameters in the design, such as e.g. geographical location and the climatic data connected with it, the position of the sun, etc., and the performance of analysis relating to them, such as e.g. the analysis of the building insolation. Without the help of relevant software, such analyses would be extremely laborious, or downright impossible to conduct. Computer technologies have accommodated increased demands that must be satisfied by designs and their authors in the era of sustainable development. Teaching sustainable design on the basis of those technologies is extremely helpful for architects and engineers today, and it may become indispensable in the future. Therefore, education in this scope and integration of urban / architectural and construction designs seems to be necessary starting from the first years of studies.

#### ENDNOTES

- <sup>1</sup> Green Architecture principles: energy efficiency, use of alternative energy sources, respect for user, respect for the surroundings, the rule of 3Rs (reduce, reuse, recycle). Vale B., R. Green Architecture, Bulfinch Press, 1991
- <sup>2</sup> Edwards B. Green Architecture, Architectural Design, Vol. 71, No. 4, July, 2001,
- <sup>3</sup> Jagiełło-Kowalczyk M. Koordynacja środowiskowa w kształtowaniu zrównoważonych inwestycji mieszkaniowych, Monograph 418, Cracow University of Technology, Cracow 2012, pp. 160–170.
- <sup>4</sup> BIM – Building Information Modelling. Jamroz M. iBIM. Projektowanie wielowymiarowe [in:] Archivolta 1(65)/2015, p. 70.
- <sup>5</sup> Within the scheme of the subject Preliminary Urban / Architectural Design.
- <sup>6</sup> Innovative teaching system based on BIM programming. System development: Jagiełło-Kowalczyk M, Markiewicz P.
- <sup>7</sup> Markiewicz P. Zintegrowane projektowanie energetyczne [in:] Archivolta 3(67)/2015, Cracow 2015, pp. 76–83
- <sup>8</sup> Regulation of the Minister of Infrastructure on Technical Conditions to Be Satisfied by Buildings and Their Location dated 12 April 2002, Chapter 2. Illumination and Insulation, § 60 Official Journal No. 75, item 690 as amended.
- <sup>9</sup> Twarowski M., Słońce w architekturze, Institute of Urban Planning and Architecture, Arkady, 1996
- <sup>10</sup> Regulation of the Minister of Infrastructure on Technical Conditions to Be Satisfied by Buildings and Their Location dated 12 April 2002 (Official Journal No. 75, item 690) as amended, Appendix 2: Requirements on thermal insulation and other requirements relating to energy efficiency
- <sup>11</sup> Kisilewicz T.: Zasady kształtowania budynków pasywnych, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, 2005, V. 1, pp.169–176
- <sup>12</sup> Feist W., Forschungsprojekt Passive Hauser, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1988, p. 35

<sup>12</sup> Feist W., *Forschungsprojekt Passive Hauser*, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1988, str.35

<sup>13</sup> Markiewicz P. Wpływ orientacji budynku względem stron świata, wielkości przeszkleń oraz konstrukcji okien i sposobu ich montażu na zużycie energii końcowej na ogrzewanie w budynkach energooszczędnych [w:] *Housing Environment 16/2016*, Wydawnictwo Katedry Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego, Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej, Kraków 2016, str. 23–33.

## LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r., Rozdział 2. Oświetlenie i nasłonecznienie, § 60, Dz.U. Nr 75, poz. 690 wraz z wprowadzonymi zmianami
- [2] Twarowski M., *Słońce w architekturze*, Instytut Urbanistyki i Architektury, Arkady, 1996
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690) wraz z wprowadzonymi zmianami, załącznik 2: Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii
- [4] Kisilewicz T., *Zasady kształtowania budynków pasywnych*, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, 2005, T.1
- [5] Feist W., *Forschungsprojekt Passive Hauser*, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1988,
- [6] Markiewicz P., *Wpływ orientacji budynku względem stron świata, wielkości przeszkleń oraz konstrukcji okien i sposobu ich montażu na zużycie energii końcowej na ogrzewanie w budynkach energooszczędnych*, *Housing Environment 16/2016*, Wydawnictwo Katedry Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego, Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej, Kraków 2016
- [7] Markiewicz P., *Zintegrowane projektowanie energetyczne*, *Archivolta 3(67)/2015*, Kraków 2015
- [8] Jagiełło-Kowalczyk M., *Koordinacja środowiskowa w kształtowaniu zrównoważonych inwestycji mieszkaniowych*, Monografia 418, Politechnika Krakowska, Kraków 2012
- [9] Vale B. R., *Green Architecture*, Bulfinch Press, 1991
- [10] Edwards B., *Green Architecture*, *Architectural Design*, Vol. 71, No. 4, July, 2001

<sup>13</sup> Markiewicz P. Wpływ orientacji budynku względem stron świata, wielkości przeszkleń oraz konstrukcji okien i sposobu ich montażu na zużycie energii końcowej na ogrzewanie w budynkach energooszczędnych [in:] *Housing Environment 16/2016*, Publication of the Chair of Housing Environment, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology, Cracow 2016, pp. 23–33.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] Regulation of the Minister of Infrastructure on Technical Conditions to Be Satisfied by Buildings and Their Location dated 12 April 2002, Chapter 2. Illumination and Insolation, § 60 Official Journal No. 75, item 690 as amended.
- [2] Twarowski M., *Słońce w architekturze*, Institute of Urban Planning and Architecture, Arkady, 1996
- [3] Regulation of the Minister of Infrastructure on Technical Conditions to Be Satisfied by Buildings and Their Location dated 12 April 2002 (Official Journal No. 75, item 690) as amended, Appendix 2: Requirements on thermal insulation and other requirements relating to energy efficiency.
- [4] Kisilewicz T., *Zasady kształtowania budynków pasywnych*, *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*, 2005, V.1
- [5] Feist W., *Forschungsprojekt Passive Hauser*, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 1988,
- [6] Markiewicz P., *Wpływ orientacji budynku względem stron świata, wielkości przeszkleń oraz konstrukcji okien i sposobu ich montażu na zużycie energii końcowej na ogrzewanie w budynkach energooszczędnych*, *Housing Environment 16/2016*, Publication of the Chair of Housing Environment, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology, Cracow 2016
- [7] Markiewicz P., *Zintegrowane projektowanie energetyczne*, *Archivolta 3(67)/2015*, Cracow 2015
- [8] Jagiełło-Kowalczyk M., *Koordinacja środowiskowa w kształtowaniu zrównoważonych inwestycji mieszkaniowych*, Monograph 418, Cracow University of Technology, Cracow 2012
- [9] Vale B. R., *Green Architecture*, Bulfinch Press, 1991
- [10] Edwards B., *Green Architecture*, *Architectural Design*, Vol. 71, No. 4, July, 2001,