

KSZTAŁCENIE INŻYNIERÓW BIOMEDYCZNYCH W ZAKRESIE UMIEJĘTNOŚCI PROJEKTOWANIA

EDUCATION OF BIOMEDICAL ENGINEERS IN SKILLS OF DESIGNING

Piotr Augustyniak^{1*}, Ewa Augustyniak²

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, 30-059 Kraków, Mickiewicza 30

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Humanistyczny,
30-071 Kraków, ul. Gramatyka 8a

*e-mail: august@agh.edu.pl

STRESZCZENIE

Artykuł omawia ważną w dzisiejszych czasach potrzebę kształcenia umiejętności projektowania na studiach technicznych. Zajęcia projektowe stają się okazją do kształcenia kompetencji oraz do realizacji zadań w symulowanych warunkach zatrudnienia. Autorzy wskazują liczne zalety zajęć projektowych, między innymi całościowe traktowanie wiedzy pochodzącej z różnych dziedzin. Niektóre niedogodności, jak np. wzrastający koszt kształcenia mogłyby być rozwiązane w partnerstwie akademicko-przemysłowym.

ABSTRACT

The paper discusses the necessity of teaching of the abilities of designing in technical studies. The design classes are pointed out not only in aspect of integration of knowledge acquired from many different modules, but also as an opportunity for teaching of soft competences and for performing tasks in simulated employment conditions. The authors point out several advantages of the design classes, while some drawbacks like raising education costs, may be solved by exploiting an academic-industrial partnership.

Słowa kluczowe: inżynieria biomedyczna, edukacja, projektowanie

Keywords: biomedical engineering, education, designing

1. Wstęp

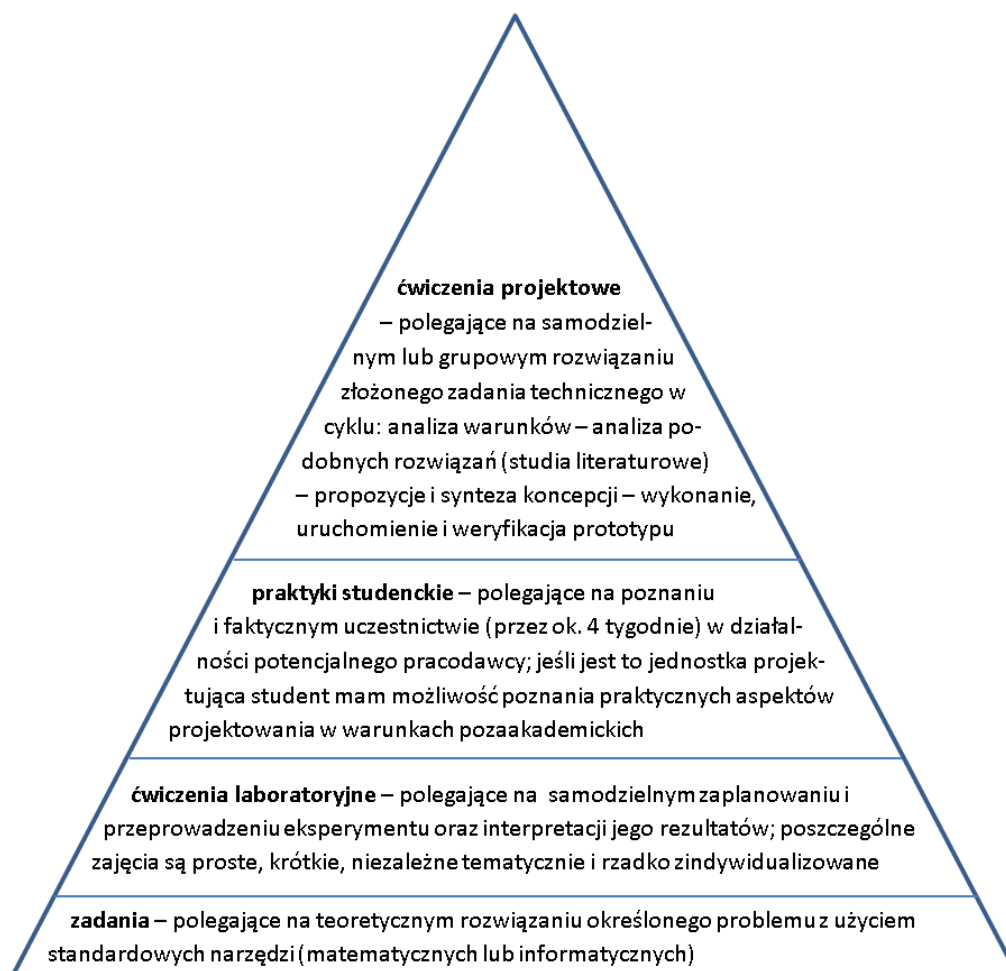
Projekt edukacyjny to technika nauczania, oznacza: „ważną dokładnie zaplanowaną pracę, której celem jest stworzenie nowej rzeczy lub długoterminową pracę nad pewnym zagadnieniem” [1]. Projektowanie jest podstawową formą działalności zawodowej inżyniera, dlatego studenci kierunku Inżynieria Biomedyczna, ze względu na swoje przyszłe zatrudnienie, powinni intensywnie pracować takimi metodami.

Pojęcie projektowania jako ograniczonego warunkami zewnętrznymi procesu koncepcyjnego, ukierunkowanego na zaspokojenie potrzeb odbiorcy środkami technicznymi, jest szeroko stosowane w nauce, zarządzaniu i innych pozatechnicznych działach gospodarki. W tym kontekście umiejętność

projektowania często jest postrzegana jako nadrzędna zaleta absolwenta studiów technicznych. Tymczasem nauka projektowania jest w znikomym stopniu reprezentowana w programach studiów, a w przypadku trudnej sytuacji finansowej uczelnie w pierwszej kolejności rezygnują z prowadzenia kosztownych pracowni projektowych. Niestety, w obliczu trudności finansowych uczelnie coraz częściej decydują się na przekształcenie projektu dyplomowego inżynierskiego w zwykły egzamin.

2. Podejmowanie decyzji w projektowaniu

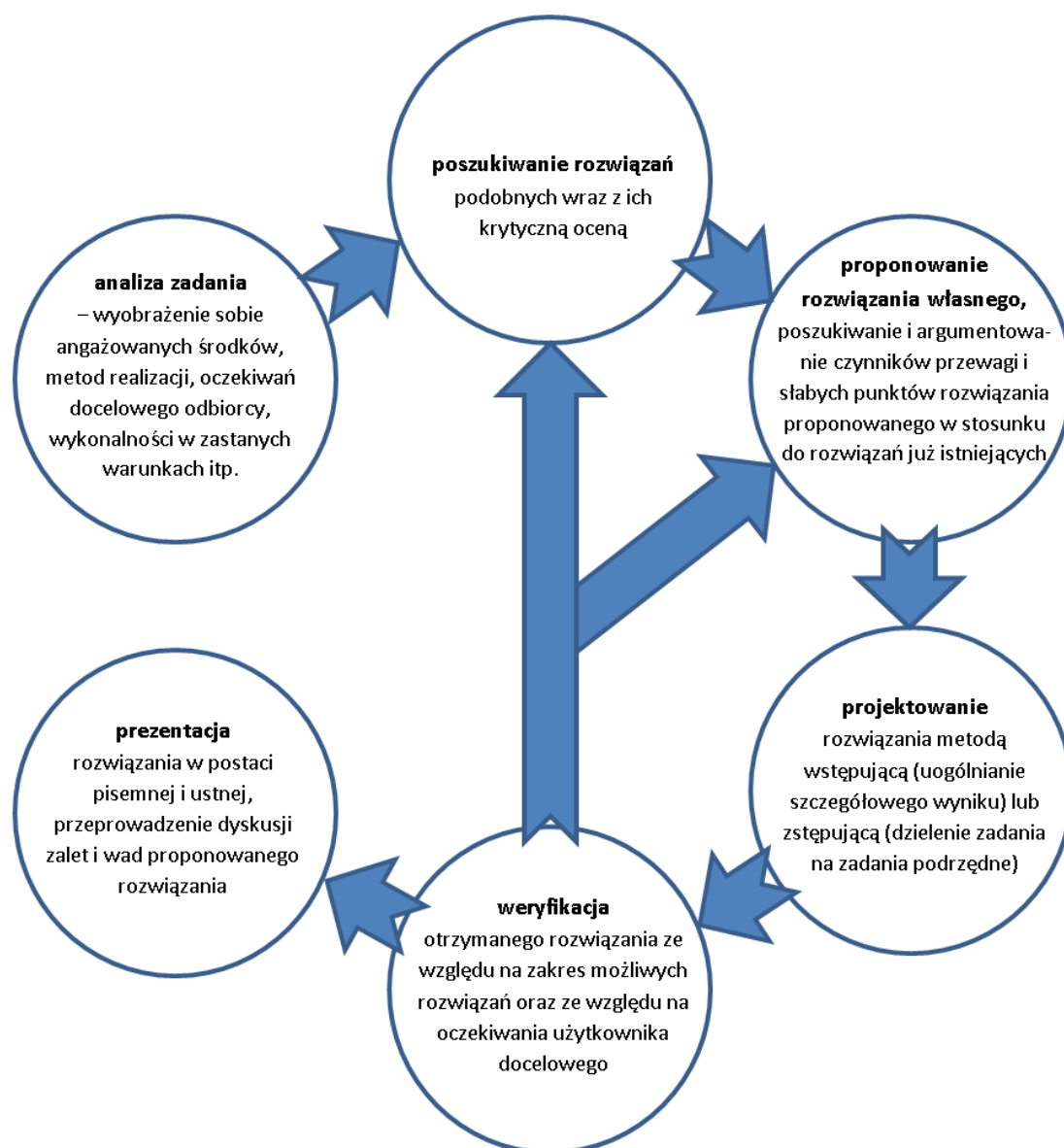
Podczas, gdy w kształceniu akademickim wykład jest zazwyczaj podstawową formą przekazywania wiedzy, form przekazywania i samodzielnego nabywania umiejętności jest kilka. Na rysunku 1 przedstawiono najczęstsze z nich w kolejności wymagań i narastającej trudności.



Rys. 1. Najczęściej wykorzystywane formy przekazywania i samodzielnego nabywania umiejętności (w kolejności narastającej trudności od dołu do góry)

Ćwiczenia projektowe są bardzo złożoną formą dydaktyczną, zawierającą elementy zadań i ćwiczeń laboratoryjnych, ponadto formą najbardziej przypominającą przyszłą działalność zawodową inżyniera. Ich realizacja stanowi zatem nie tylko okazję do syntezy wiedzy i umiejętności pozyskiwanych w ramach sztucznie wydzielonych modułów (dawniej: przedmiotów) kształcenia, ale także pozwala studentowi wyobrazić siebie jako pracownika [2].

Zajęcia projektowe charakteryzują się nagromadzeniem akcentów dydaktycznych związanych z praktyką. Umiejętne ich rozłożenie prowadzi od wiedzy stanowiącej bazę procesu projektowania, poprzez umiejętności rozwiązywania zadań cząstkowych w sposób teoretyczny (zadania) i praktyczny (ćwiczenia laboratoryjne) aż do świadomie kontrolowanego procesu decyzyjnego zawierającego szereg typowych elementów (p. rys. 2).



Rys. 2. Schemat blokowy procesu decyzyjnego związanego z projektowaniem

Jednym z najistotniejszych atutów zajęć projektowych jest kształcenie w zakresie podejmowania decyzji inżynierskich – jest to szczególna cecha samodzielności i odpowiedzialności pracowników wyższego szczebla o wykształceniu technicznym. W przeciwieństwie do zadań i zajęć laboratoryjnych, zajęcia projektowe wymagają od studenta sporządzenia i przestrzegania harmonogramu działań oraz samodzielnych i rzetelnych odpowiedzi na pytania o stan zaawansowania prac i jakość otrzymanego rezultatu. Projekt stanowi więc celowe planowe i zespołowe działanie studentów, mające rozwiązać konkretny, zadany problem. Ważnym etapem końcowym tego zadania jest publiczne zaprezentowanie efektów pracy. Przedstawiony na rysunku 2 schemat elementów procesu zawiera punkty zwrotne (kontrolne), w których realizacja może powracać do czynności poprzedzających (np. brak istotnych zalet proponowanego rozwiązania, albo niespełnienie założeń projektu).

Inną cechą zajęć projektowych jest kształcenie w zakresie metod weryfikacji rozmaitych (własnych i literaturowych) rozwiązań projektowych. Pozwala to na rzetelną ocenę rozwiązań i obiektywny opis ich zalet i wad z użyciem parametrów technicznych wyznaczonych teoretycznie lub doświadczalnie. Osoba o takich umiejętnościach jest niezależna w życiu zawodowym, nie ulega bezpodstawnym opiniom i ma świadomość możliwości weryfikowania i argumentowania wszelkich decyzji technicznych w procesie projektowania i produkcji. Metoda projektów uczy bowiem

samodzielnego poszukiwania źródeł wiedzy potrzebnej w każdym konkretnym przypadku i budowania dzięki niej specyficznych zasobów, koniecznych do twórczego rozwiązania postawionego problemu.

Kształcenie umiejętności podczas zajęć projektowych nie tylko stwarza studentom warunki zbliżone do ich przyszłego miejsca zatrudnienia, ale także jest powszechnie oczekiwane przez pracodawców o szerokich horyzontach rozwoju. Troską uczelni nie powinno być to, żeby absolwent szybko znalazł pracę, ale, aby znalazł dobrą pracę [3]. Zwieńczeniem projektów wykonanych w ramach zajęć projektowych podczas studiów jest projekt dyplomowy (inżynierski lub magisterski), który stanowi swego rodzaju wizytówkę umiejętności absolwenta (niem. *Meisterstück*) w zakresie wszystkich aspektów projektowania.

3. Kompetencje społeczne w projektowaniu

Projekty (a także częściowo praktyki) studenckie stwarzają znacznie lepszą niż w przypadku prostych form akademickich okazję rozwoju postaw (tzw. „umiejętności miękkich”). Należą do nich: zarządzanie zasobami, zarządzanie zespołem ludzkim, umiejętność weryfikacji i raportowania postępów oraz prezentacji ostatecznego rezultatu. W ramach eksperymentu dydaktycznego przeprowadzonego w AGH studenci samodzielnie organizowali się w zespoły, które następnie aplikowały o przydzielenie konkretnego zadania projektowego z zamkniętej listy ofert. Formalizm narzucony przez prowadzącego polegał na wypełnieniu formularza określającego doświadczenie i umiejętności zespołu wnioskującego, cechy proponowanego rozwiązania, harmonogram i koszty realizacji zadania oraz spodziewany rezultat projektu. W ten sposób przydział zadań projektowych był realizowany analogicznie do procesu pozyskiwania środków na prace badawcze i stał się okazją do nauczania kompetencji społecznych w tym zakresie. Dalsza realizacja projektu również wykorzystywała analogię do projektów badawczych: w połowie realizacji wymagane było przesłanie sprawozdania cząstkowego, a na zakończenie – sprawozdania końcowego wraz z dowodem poprawności wykonania. Ocena realizacji projektu odbywała się podczas seminarium końcowego, zorganizowanego na podobieństwo sesji konferencji naukowych z 10 minutowymi wystąpieniami i dyskusją publiczności. Część studentów zdecydowała się na wygłoszenie referatu w ramach Studenckiej Sesji Kół Naukowych AGH, niektórzy również zgłosili akces do corocznej konferencji BiomedTech Silesia w Zabrze, konferencji Modelowanie i Pomiary w Medycynie w Krynicy i innych. W ten sposób przeprowadzana ocena projektów pomogła studentom rozwinąć również inne umiejętności i kompetencje tak bardzo potrzebne im w dalszym życiu. Umiejętność zaprezentowania własnych osiągnięć i przekazania ich w określonej, wzorowej formie wydaje się także konieczna w dalszej działalności zawodowej.

Opisane zasady zastosowano do projektów dotyczących zastosowań informatyki w przetwarzaniu sygnałów biomedycznych i sformułowano poszczególne zadania z ograniczeniami typowymi dla realizacji konkretnego zamówienia przez firmę programistyczną (dom softwareowy) realizowanego w określonych uwarunkowaniach [4]. Należą do nich:

- narzucone środowisko programistyczne Microsoft Visual Studio 2010 Professional (studenci Akademii Górniczo-Hutniczej mają darmowy dostęp do środowiska dzięki programowi MSDN Academic Alliance), język programowania C⁺⁺, system kontroli wersji Subversion,
- narzucone biblioteki STL, Boost (w szczególności szablony klas Smart Pointers, mechanizm Slots & Signals), oraz środowisko Qt4,
- używanie wspólnych struktur informacyjnych do komunikacji pomiędzy procedurami projektu oraz obsługi strumieni danych wejściowych i wyjściowych,
- stosowanie diagramów klas i sekwencji (poszczególne moduły) oraz diagramów przypadków użycia systemu, pakietów i wdrożenia (tzw. project manager),
- stosowanie jednolitej formy edytorskiej raportu i struktury złożonej z opisu badań literaturowych, opisu procedur i metod, specyfikacji warunków testowania oraz rezultatów i ich dyskusji.

Tak narzucony reżim realizacji projektu i sprawozdania zmusza do podporządkowania się ogólnym regułom i wykazania się umiejętnością koncentracji na najważniejszych wynikach badań oraz najważniejszych osiągnięciach.

Istotną indywidualną kwestią każdego projektu jest wybór wśród realizujących studentów osoby zarządzającej tzw. *project managera*. Osoba ta ma za zadanie trzymać pieczę nad projektem, dokumentacją oraz konsolidacją modułów. Polecanym studentom rozwiązaniem jest wykorzystanie jednego z dostępnych tego typu narzędzi: Assembla.com, SourceForge.net lub BerliOS.de. Oferują one hosting kodów źródłowych, bugtracker, wiki, forum dyskusyjne, systemy kontroli wersji Subversion i Git oraz systemy powiadamiania użytkowników. Każda osoba w zespole może uzyskać dostęp do aktualnej wersji swojego modułu oraz całości projektu (o dostępie do innych modułów decyduje *project manager*) poprzez system kontroli wersji. Zaletą przechowywania kodów źródłowych na serwerze jest ciągły dostęp do nich przez *project managera* oraz możliwość wspólnej pracy dwóch osób w zespole nad tym samym kodem źródłowym bez wzajemnego nadpisywania fragmentów modułu.

4. Projektowanie inspirowane przez przemysł

Ponieważ zajęcia projektowe zawierają proste formy dydaktyki akademickiej (zadania, ćwiczenia laboratoryjne), zgodnie z zasadą stopniowania trudności powinny następować kolejno. Planując tok studiów inżynierii biomedycznej I stopnia w AGH przyjęto, że projekty w ramach czterech modułów zawodowych (elektroniczna aparatura medyczna, techniki obrazowania medycznego, biomateriały i biomechanika inżynierska) zostaną zrealizowane w semestrze 6. Jednoczesna realizacja czterech projektów stanowi wprawdzie spore obciążenie dla studenta, daje jednak możliwość porównania podstawowych gałęzi inżynierii biomedycznej pod kątem wyboru specjalności na studiach II stopnia, a także możliwość kontynuacji jednego wybranego projektu jako projektu dyplomowego, realizowanego w semestrze 7. Zapewniona jest także znaczna dywersyfikacja tematyczna projektów, dzięki której absolwent jest szeroko wykształconym praktykiem, a nie specjalistą w wąskim zakresie tematycznym.

Zajęcia projektowe należą do najbardziej zindywidualizowanych form kształcenia, co niesie z sobą liczne korzyści, jak np. łatwość adaptacji treści do bieżących potrzeb potencjalnych pracodawców, dobór treści do indywidualnych zainteresowań studentów czy kształcenie w zakresie szerokiego zakresu umiejętności [5]. Niestety, indywidualizacja pociąga za sobą znacząco wyższy nakład pracy pracowników dydaktycznych, większe zapotrzebowanie na aparaturę pomiarową uczelni (podwyższa koszty kształcenia), a także wymaga bieżącej modyfikacji listy proponowanych projektów. W tym ostatnim zadaniu nieocenioną pomocą są sugestie tematów (a nieraz i oferta walidacji rozwiązań studenckich) ze strony przedstawicieli przemysłu. Podczas drugiej Ogólnopolskiej Konferencji Inżynieria Biomedyczna-Edukacja w Krakowie (w 2010r.) w ramach konkursu „*Wyzwania*” przedstawiciele firm produkujących aparaturę medyczną zgłosili kilka zadań podjętych następnie przez studenckie koła naukowe uczelni z całego kraju. Wprawdzie skala konkursu (zarówno po stronie partnerów przemysłowych, jak i po stronie realizatorów) nie pozwoliła na parametryczną ocenę zaproponowanych rozwiązań, ale osiągnięto obopólną korzyść wynikającą ze zbliżenia studentów i pracodawców oraz z konfrontacji umiejętności studentów z zadaniami postawionymi przez przemysł. Tego typu zajęcia są przez młodzież niesłychanie cenione i wpływają bardzo motywująco na ich dalszą pracę i zaangażowanie na uczelni. Konkretnie pytania poznawcze stawiane przed studentami właśnie dzięki projektowi, zmuszają ich do zapoznania się z dotychczasową wiedzą w wybranej dziedzinie oraz odniesienia się do rzeczywistości świata zewnętrznego, w którym problemy te występują. Dzięki zadaniom projektowym poznanie potrzebnej wiedzy, nie wydaje się już im niepotrzebną teorią, lecz środkiem koniecznym do osiągnięcia zamierzonego, rzeczywistego, a nie jedynie hipotetycznego celu.

Opisane wyżej korzyści i znaczenie zajęć projektowych w kształceniu studentów wszystkich kierunków inżynierskich oraz sukces kroków poczynionych w tym kierunku w AGH przyczynią się w niedalekiej przyszłości do zawiązania swoistego partnerstwa akademicko-przemysłowego, w ramach którego przedstawiciele przemysłu poprzez proponowanie konkretnych zadań projektowych będą mogli wpływać na proces kształcenia absolwentów studiów technicznych, jednocześnie czyniąc te studia bardziej atrakcyjne.

5. Edukacja zorientowana na projektowanie

Aby student w szkole wyższej mógł sprostać wymaganiom stawianym na tym etapie edukacji, powinien być przygotowany do samodzielnej działalności już na poprzedzającym etapie kształcenia. Od 20 sierpnia 2010r. ze względu na rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej także w gimnazjach dla uczniów objętych nową podstawą programową kształcenia ogólnego istnieje obowiązek tworzenia zespołowych projektów edukacyjnych. Projekty te mają za zadanie kształcenie kompetencji kluczowych, między innymi takich jak: porozumiewanie się (w grupie), kompetencje matematyczne i podstawowe kompetencje naukowo-techniczne, a także umiejętność uczenia się czy kompetencje społeczne. Projekt edukacyjny kształci też inicjatywę i przedsiębiorczość tak bardzo potrzebne w dalszym wykorzystaniu połączonej wiedzy, umiejętności i postaw w rzeczywistych pracach, które mają na względzie rozwiązanie konkretnego problemu. Tak wyglądają początki prac projektowych w szkołach przedmaturalnych. Ukazują one wyraźną potrzebę zmiany metod nauczania z „herbartowskich” [6] teorii na współczesne metody zanurzone w rzeczywistej praktyce i potrzebach środowiska. Służą temu ewidentnie te sposoby pracy z uczniami, które są nakierowane na samodzielność i twórcze myślenie, a także ich własną aktywność podczas lekcji. Chodzi więc o jedynie nakierowanie, a nie wyłączenie we wszystkim młodzieży, o umocnienie w niej poczucia pełnej odpowiedzialności za wszystkie etapy realizacji projektu od planowania począwszy, a na właściwych działaniach praktycznych kończąc. Ważne jest także ciągle pobudzanie i motywowanie uczniów do rozwijania własnych zainteresowań i pomysłów oraz umocnienie w nich pewnej asertywności na własnej drodze działań. Może to sprzyjać również umiejętności znajdowania informacji oraz twórczego ich wykorzystywania w budowaniu własnych teorii i rozwiązań. Rozwiązania te mogą być dzięki dobrze przebiegającej współpracy następnie dyskutowane w poszczególnych grupach, a później oceniane podczas ewaluacji wewnątrzprojektowej. W szkołach przedmaturalnych powinno się więc już od początku edukacji zwracać uwagę na prowadzenie lekcji operacyjnych i problemowych (według podziału Wincentego Okonia [7]) zamiast tak często mających miejsce jedynie prostych i mało praktycznych lekcji podających. Lekcje problemowe, które bazują na samodzielnym dojściu do wiedzy przez uczniów, tworzą sytuacje, w których wykorzystując dotychczasową wiedzę, własne zdolności, a także nierzadko umiejętność współpracy, bazując również na dotychczasowych doświadczeniach, są oni w stanie stosunkowo samodzielnie rozwiązywać postawione przed nimi zagadnienia.

Starają się sami formułować problemy, a nawet własne teorie, co na tym etapie edukacji jest zadaniem bardzo trudnym. Następnie sami odkrywają rozwiązania dzięki weryfikacji hipotez na drodze własnych eksperymentów, innych działań praktycznych i porównawczych. Następnie także samodzielnie lub przy jak najmniejszej pomocy nauczyciela, mają za zadanie indywidualne sformułowanie rozwiązań i wyciągnięcie wniosków mających często także dalsze zastosowania w przyszłości. Dzięki takiej samodzielnej pracy uczniowie uzyskują wiele satysfakcji i zapału do dalszych działań. W procesie tym nauczyciel, podążając za maksymą Marii Montessori „*Naucz mnie zrobić to samemu*”, tylko nadzoruje proces myślenia i działania dzieci, nie pozwalając im zbłądzić zbyt daleko od prawdy. Ma on także za zadanie zachęcać i motywować do dalszych wytrwałych i twórczych działań, jedynie przybliżając metody i środki, pozostawiając jednak w gestii samych zainteresowanych samodzielny ich wybór i dojście do ostatecznego rozwiązania danego problemu. Prowadzenie lekcji w takiej formie już w stosunkowo wczesnych latach edukacji owocuje wypracowaniem w uczniach sposobu pracy, opartego na własnej aktywności i działaniu, a nie biernym przyjmowaniu wiedzy, co ciągle jeszcze ma miejsce w naszych szkołach i uniwersytetach. Uczniowie nabierają też wiary we własne możliwości i uczą się wcześniej pracy na konkretnych przykładach projektów, mających związek z rzeczywistością. Dodatkową motywacją są niezwłocznie widoczne efekty działania i możliwość oceny ich skutków bezpośrednio po wykonaniu, co prowokuje uczniów już we wczesnych latach do przyjmowania odpowiedzialności za własne umiejętności oraz uczy krytycznego, opartego na faktach postrzegania rzeczywistości. Propagowanie procesu nauczania-uczenia się (ang. *teaching-learning process*), a nie jedynie przekazywania wiedzy, a także uczenia się poprzez działanie, co zawsze ma miejsce w działaniach projektowych, wydaje się formą bardzo potrzebną w szkołach, które przygotowują młodzież do dalszych, samodzielnych działań.

6. Podsumowanie

W AGH trzy kolejne roczniki studentów inżynierii biomedycznej zrealizowały opisany schemat zajęć projektowych w ramach przedmiotów: *Przetwarzanie Sygnałów w Systemach Diagnostyki Medycznej* (na kierunku Informatyka Stosowana) oraz *Dedykowane Algorytmy Diagnostyki Medycznej* (na kierunku Inżynieria Biomedyczna). Rezultatem jest szereg innowacyjnych pomysłów studenckich, rywalizacja pomiędzy zespołami, realizującymi to samo zadanie (możliwa do rozstrzygnięcia na podstawie parametrów ilościowych, np. osiągniętej dokładności analizy EKG) oraz wdrożenie typowego dla nauk technicznych schematu: od postawienia problemu, przez analizę dostępnych metod, zaproponowanie i implementację własnego rozwiązania, bezstronną jego ocenę na drodze eksperymentu, aż do publikacji rezultatów. Przykładowe rezultaty realizacji projektów dostępne są na stronie <http://www.edi.agh.edu.pl/> w zakładkach „*przykłady rozwiązań*” dla poszczególnych etapów interpretacji zapisu EKG [8].

W tego typu działalności bardzo ważna i potrzebna okazuje się ewaluacja; konieczna w pracy metodą projektów. Po zakończeniu zajęć projektowych wśród studentów przeprowadzane są oddzielne anonimowe ankiety dotyczące poziomu merytorycznego zajęć (pytania zamknięte) oraz poruszanej tematyki (pytania otwarte). W przypadku projektów pozwala to na eliminację tych, których realizacja przysparza problemy, a rozwiązanie nie idzie w parze ze zdobytymi umiejętnościami. W ten sposób wycofano z listy propozycji m.in. projekt pt.: „*Ocena morfologii załamka T w wektorkardiogramie*”, który mimo powodzenia, nie prowadzi do zaznajomienia się z żadną konkretną metodą obliczeniową. Projekty ewoluują, tworzone są ciągle nowe tematy i możliwości pracy dla studentów.

W zakresie tematyki projektów, ankiety w kilku przypadkach ujawniły oczekiwania studentów, dotyczące kształcenia w zakresie klinicznej interpretacji sygnałów oraz konstrukcji własnych układów elektronicznych służących do akwizycji biopotencjałów. O ile program studiów kierunku Inżynieria Biomedyczna AGH w Krakowie nie uwzględnia odrębnego kursu dotyczącego klinicznych aspektów biosygnałów, o tyle szczegółowe informacje dotyczące budowy układów biopomiarowych są realizowane w ramach kursów „*Sensory i pomiary wielkości nieelektrycznych*” (semestr IV), „*Elektroniczna aparatura medyczna*” (semestr VI) oraz przedmiotu wybieralnego „*Systemy elektroniczne dla potrzeb aplikacji medycznych*” (semestr I, studia II stopnia).

LITERATURA

- [1] Longman Dictionary of Contemporary English, Longman Group, Harlow 1995.
- [2] E. Augustyniak, P. Augustyniak: *From the foundation act to the corporate culture of a BME Teaching Institute*, Proceedings of the 32nd annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2010, s. 319–322.
- [3] M. Wasilewska-Radwańska, E. Augustyniak, R. Tadeusiewicz, P. Augustyniak: *Educational Opportunities in BME Specialization - Tradition, Culture and Perspectives*, [w:] D.N. Ghista (red.) Biomedical Engineering, InTech, 2012.
- [4] T. Pięciak, P. Augustyniak: *Jak i czego uczyć w zakresie przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych?*, OKIBEDU12, Acta Bio-Optica et Informatica Medica, vol. 18(2), 2012, s. 5–12.
- [5] P. Augustyniak: *Adaptive Approach to BME Teaching at the AGH-UST*, [w:] P. Augustyniak (red.) Biomedical Engineering Educational Offer Review, Bio-Algorithms and Med-Systems, 2011.
- [6] A. Murzyn: *Filozofia nauczania wychowującego J.F. Herbarta*, Wydanie II, Impuls, Kraków 2010.
- [7] W. Okoń: *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*, Żak Wydawnictwo Akademickie, Warszawa 2003.
- [8] P. Augustyniak: *Elektrokardiografia dla Informatyka – Praktyka*, Wydawnictwo Studenckiego Towarzystwa Naukowego AGH, Kraków 2011.

otrzymano / submitted: 20.11.2013r.
zaakceptowano / accepted: 03.03.2014r.