

Paweł NOWAK¹

NARZĘDZIA EDUKACYJNE DLA INŻYNIERÓW – BADAWCZE PROGRAMY EUROPEJSKIE

W referacie przedstawione zostały założenia i pierwsze rezultaty projektów europejskich, organizowanych przez pracowników Politechniki Warszawskiej: Projekt Leonardo da Vinci (MAIN.CON, 2010-2012) – “Augmented Reality Applied to Machinery Maintenance from Construction Sector” oraz Projekt Norweskiego Instrumentu Finansowego (NORW, 2009-2011) - “Distance Learning within Management in Construction”.

EU FUNDED RESEARCH PROJECTS – BEST TOOLS FOR ENGINEERS EDUCATION

Paper presents first findings, assumptions and initial results of the two innovative projects for construction industry, organized by researchers from Warsaw University of Technology: Leonardo da Vinci Projects (MAIN.CON, 2010-2012) – “Augmented Reality Applied to Machinery Maintenance from Construction Sector” and Norwegian Instrument Project (NORW, 2009-2011) - “Distance Learning within Management in Construction”.

1. WSTĘP

Celem projektu MAIN.CON (Leonardo da Vinci, projekt transferu innowacji, nr: 2010-1-ES1-LEO05-20930) jest zaprojektowanie podstaw szkoleń dla podstawowej obsługi maszyn budowlanych z wykorzystaniem innowacyjnej technologii „rzeczywistości rozszerzonej” (Augmented Reality - AR). System ten zwiększy umiejętności operatorów maszyn budowlanych i transportowych poprzez połączenie bieżących napraw i przeglądów z systemem komputerowym prowadzącym operatora maszyny poprzez wszystkie niezbędne procedury utrzymania maszyny.

Projekt NORW (nr: FSS/2008-X/D5/W/0005/U/0013) jest związany z przygotowaniem studiów podyplomowych dla menedżerów budowlanych (a także dla inżynierów innych branż, np. inżynierów transportu) z zakresu zarządzania. Dwa pierwsze podręczniki zostaną opracowane dla nauczania metodą blended learning, na norweskiej platformie edukacyjnej „It’s Learning”. Są to: “Economy and Financial Management in Construction” oraz

¹ Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, ul. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, p.nowak@il.pw.edu.pl

“Construction Management”. W referacie przedstawione zostały sposoby wykorzystania podręczników, technologia It’s Learning oraz zestawy opracowanych ćwiczeń.

Loga Norweskiego Instrumentu Finansowego oraz program Leonardo da Vinci pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Loga wybranych programów europejskich

2. ZAŁOŻENIA PROJEKTU MAIN.CON

2.1 Wprowadzenie

Efektywność procesów budowlanych i transportowych w dużej mierze zależy od wydajności pracy zespołów maszyn i urządzeń. Charakter procesów budowlanych, w których zazwyczaj następuje przemieszczenie znacznych mas materii powoduje, że maszyny budowlane charakteryzują się masywnością swojej konstrukcji tj. mają zwartą budowę, znaczną masę konstrukcyjną i dużymi mocami silników. Pamiętać należy, że wymiary przestrzenne maszyn budowlanych są też bardzo istotnym ich parametrem. Kształtują one wymagania przestrzenne, jakim musi sprostać ich stanowisko pracy [1].

Cechy transportowe maszyn budowlanych wynikają z przeważającego udziału operacji transportowych, w stosunku do całości wykonywanych działań budowlanych. Równocześnie procesy budowlane charakteryzują się ścisłym procesowym powiązaniem operacji technologicznych (w budowaniu i montażu) z operacjami transportu produkcyjnego w taki sposób, że operacje transportowe stały się integralną częścią składową procesów budowlanych. Powoduje to, że większość maszyn, działających na placu budowy to maszyny o rozwiniętych właściwościach transportowych.

Użyteczność maszyny budowlanej – to cecha określająca jej przydatność praktyczną związaną z zróżnicowanymi warunkami eksploatacji i zróżnicowania rozwiązań konstrukcyjnych maszyny budowlanej. Charakterystyka pracy narzędzi roboczych maszyny budowlanej wynika z rodzaju wykonywanych czynności i występujących przy nich oporów.

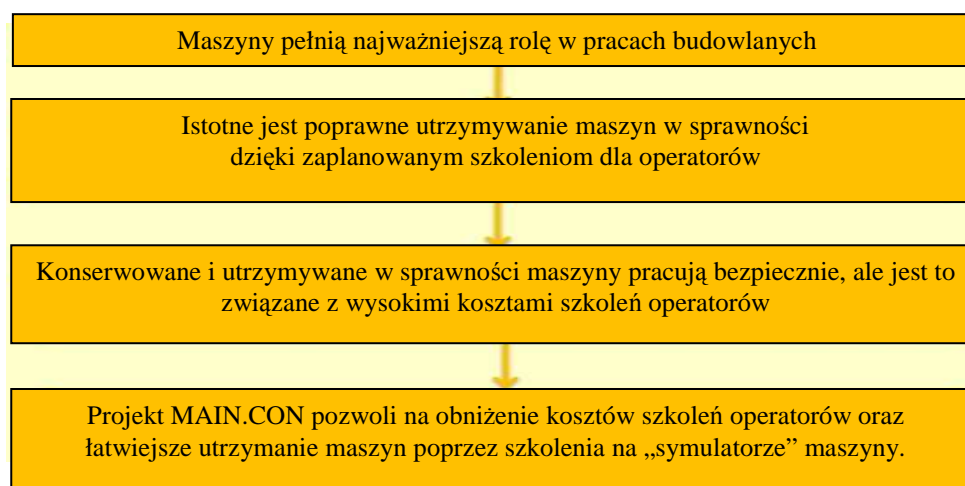
Z właściwościami narzędzia roboczego maszyny budowlanej wiąże się zwykle pojęcie wielkości charakterystycznej maszyny - czyli jej wyróżnika. Wielkość ta jest umownie przyjęta dla poszczególnych rodzajów maszyn i określa „wielkość” maszyny. Przykładowo jest to nośność dla środków transportu, pojemność łyżki roboczej dla koparek jednoznaczyniowych, moc silnika dla spycharek, pojemność skrzyni dla zgarciarek, itp.

Ważną też właściwością techniczno-ekonomiczną maszyny budowlanej jest jej wydajność. Dobra praca maszyny budowlanej związana jest z jej konstrukcją, która z reguły jest dość skomplikowana. Stopniowy rozwój automatyzacji procesów zależy w dużej mierze od rozwoju technologii, w tym technologii informatycznych oraz robotyzacji – z coraz szerszym zastosowaniem automatycznych systemów sterowanych komputerowo.

Rzeczywistość rozszerzona w zakresie utrzymania i konserwacji maszyn może przyczynić się dalszego rozwoju technologii budowlanych i transportowych [1].

2.2 Podstawy projektu

Partnerzy w projekcie badawczym MAIN.CON są następujący: Labour Foundation for the Construction Sector, Hiszpania (Promotor), Polish British Construction Partnership, Polska, BZB, Niemcy, Centro Edile Andrea Palladio, Włochy oraz Ente Scuola per la Formazione delle Maestranze Edili, Włochy. Głównym celem projektu jest zaprojektowanie systemów szkoleniowych z zakresu utrzymania i konserwacji maszyn budowlanych z zastosowanie nowej, innowacyjnej technologii – rzeczywistości rozszerzonej. System ten znacznie polepszy podstawowe umiejętności operatorów maszyn związane z bezpiecznym użytkowaniem maszyn. Główne założenia projektu pokazano na rys. 2



Rys. 2. Główne założenia projektu MAIN.CON [2]

Rzeczywistość rozszerzona (Augmented Reality - AR) to termin definiujący bezpośrednie lub pośrednie spojrzenie na świat rzeczywisty, którego elementy są połączone z elementami wirtualnymi tak, by stworzyć zmiksowaną rzeczywistość w czasie realnym. W rzeczywistości rozszerzonej wybrane grupy narzędzi dodają informacje wirtualne do rzeczywistego świata. Różnica pomiędzy rzeczywistością rozszerzoną, a wirtualną polega na tym, że nie zastępuje ona rzeczywistego świata, a jedynie dodaje pewne elementy wirtualne, nałożone na obraz rzeczywisty.

W projekcie MAIN.CON rzeczywistość rozszerzona zostanie nałożona na wybraną robotę budowlaną – roboty ziemne, wykopy, z dwóch powodów. Po pierwsze są to prace zazwyczaj bardzo intensywne, co wymaga znacznego prewencyjnego konserwowania maszyn. Po drugie – prace te zazwyczaj są wykonywane przez dużą liczbę podwykonawców (samo-zatrudnionych lub małych firm – posiadających własną maszynę), dla których ważne jest utrzymanie jej w należytej kondycji.

Projekt MAIN.CON bazuje na rezultatach poprzedniego projektu LdV, pt.: „System szkoleń dla operatorów koparek”, którego głównym produktem były szkolenia z zakresu konserwacji maszyn. Na szkolenia te zostanie nałożona rzeczywistość wirtualna - experimentalny system Osobistego Cyfrowego Asystanta (personal digital assistant - PDA), który będzie wspomagał operatorów w procesie nauczania z zastosowaniem listy sprawdzającej. Rzeczywisty obraz maszyny oraz cyfrowy asystent pomagający wykonać podstawowe czynności konserwująco – naprawcze – to właśnie rzeczywistość rozszerzona projektu MAIN.CON. Pierwsze udane próby zastosowania rzeczywistości rozszerzonej przeprowadził producent samochodów BMW, w celu ułatwienia napraw i konserwacji samochodów. Rys. 3 to zrzut ekranowy ze strony internetowej BMW, pokazujący procedury wymiany jednej z części silnika – kanałów chłodnicy.



Rys. 3. Zrzut ekranowy systemu rzeczywistości rozszerzonej BMW [4]

2.3 Klasyfikacja maszyn budowlanych

Zasady działania maszyn zwykle są przedstawione w postaci schematów układu konstrukcji. Najbardziej znanymi schematami są: schemat kinematyczny pokazujący układ mechanizmów napędu i podstawowych ruchów roboczych maszyny, schemat układu elektrycznego zasilania i sterowania maszyną, schemat układu hydraulicznego wspomaganie napędu i pracy narzędzi roboczych. Dla potrzeb technicznej obsługi codziennej maszyny podaje się schemat smarowania istotnych podzespołów i instrukcję obsługi. Właściwości maszyn wraz z rodzajami ich konstrukcji oraz założonymi celami klasyfikacji tworzą nieograniczoną możliwość ich systematyki. Powoduje to zawsze pewne trudności w porozumiewaniu się różnych środowisk. Aby tego uniknąć organizacje międzynarodowe wprowadziły odpowiednie normy. Projekt MAIN.CON bazował będzie na normie określającej europejską klasyfikację maszyn budowlanych według ich przeznaczenia dla poszczególnych grup robót (ISO/TR 12602).

Zaproponowany w niej podział maszyn budowlanych do robót ziemnych jest następujący [1]:

- 100 Maszyny i urządzenia do robót ziemnych:

- wstępne roboty ziemne i wykopy szerokoprzestrzenne: 110 spycharki; kołowe, gąsienicowe, 120 ładowarki; kołowe, gąsienicowe, 130 koparko-ładowarki; kołowe,

- gąsienicowe, 140 koparki; hydrauliczne, linowe, z kołem czerpakowym, łańcuchowe wieloczerpakowe, urządzenia do wyburzania,
- transport mas ziemnych: 150 wywrotki; przegubowe, samochodowe,
- roboty ziemne, wykończeniowe: 160 zgarniarki, 170 równiarki,
- wykopy wąsko-przestrzenne i jamiste: 180 koparki do rowów, 190 układarki rur.

2.4 System utrzymania i napraw maszyn budowlanych

Proces eksploatacji maszyn, którym zajmuje się projekt MAIN.CON, jest to cały zespół czynności organizacyjnych i technicznych, których celem jest wykonywanie przez maszyny zadań produkcyjnych zgodnie z ich technicznymi parametrami oraz utrzymanie technicznej zdolności maszyn do wykonywania pracy.

W procesie eksploatacji wyróżnia się następujące stany maszyn [1]:

1). Stan eksploatacji produkcyjnej maszyn - jest stanem zdadności maszyn do wykonywania pracy mechanicznej (w stosunku do maszyn wynajmowanych, należy używać pojęcie - stan użytkowania produkcyjnego maszyn). Do podstawowych czynności wykonywanych w stanie eksploatacji produkcyjnej maszyn zalicza się:

- czynności formalno-prawne związane z przejazdami maszyn po drogach publicznych,
- transport maszyn na placie budowy (warunki przejazdu, zabezpieczenie transportu),
- przygotowanie maszyn do pracy (posadowienie maszyny, podłączenie zasilania),
- stan wykonywania zadań i pracy mechanicznej maszyn (ograniczenia pozycyjne, bhp),
- demontaż maszyn i transport na inne miejsce pracy lub do miejsca przechowywania.

Czas oczekiwania na realizację zadań jest nieuniknionym czasem eksploatacji produkcyjnej maszyn i wynosi 5-15 % bilansu ich czasu produkcyjnego.

2). Stan obsługi technicznej maszyn - to stan zapobiegania awariom, naprawy lub remontu maszyn i kontrola stanu zdadności maszyn do wykonywania zadań produkcyjnych. Podstawowe czynności wykonywane w stanie obsługi technicznej maszyn są następujące [1]:

- mycie elementów roboczych maszyn i smarowanie najbardziej wrażliwych na uszkodzenia elementów maszyn, po zakończeniu każdej zmiany roboczej,
- okresowe przeglądy, obsługi techniczne i transportowe maszyn i sprzętu pomocniczego, po zakończeniu cyklu robót lub całości robót na placu budowy oraz planowane naprawy i remonty maszyn i sprzętu pomocniczego.

Maszyny będące w stanie obsługi technicznej, dzielą się na maszyny naprawialne lub nienaprawialne. Do maszyn nienaprawialnych zalicza się maszyny niezdatne technicznie lub też maszyny, które ze względów technicznych są naprawialne, ale ich naprawa jest nieopłacalna. Z zagadnieniem obsługi technicznej maszyn wiąże się pojęcie zdolności naprawczej maszyny.

Obsługi techniczne okresowe obejmują planowane czynności profilaktyczne, zapobiegające przedwczesnym uszkodzeniom maszyny. Wyróżnia się następujące rodzaje obsługi [1]:

- obsługa techniczna codzienna (OTC) - zespół czynności obsługi: mycia, smarowania oraz sprawdzania stanu niektórych mechanizmów (elementów hydrauliki, sworzni, prowadnic, płaskich, etc.), które są wykonywane codziennie, najczęściej po zakończeniu każdej zmiany roboczej. Smarowanie mechanizmów maszyny polega na uzupełnieniu lub wymianie smaru

w punktach smarowniczych, w określonych odstępach czasu. Obsługa codzienna jest uważana za jedną z najważniejszych czynności, decydujących o utrzymaniu maszyny we właściwym stanie technicznym i o niezawodności jej pracy.

- obsługa techniczna okresowa (OTO) - zespół czynności obsługi: kontrola stanu maszyny i wymiana niektórych części lub drobnych podzespołów, które wykonuje się przed każdym nowym sezonem letnim lub zimowym lub przed przemieszczeniem maszyny na nowym placu budowy. Przeglądy okresowe, oprócz zwykłych czynności obsługowych, jak wymiana oleju, obejmują sprawdzenie głównych mechanizmów maszyny (przekładni, sprzęgieł, hamulców, łożysk, układów hydraulicznych, etc.) i ustalenie terminu naprawy średniej.

- obsługa techniczna transportowa (OTT) - zespół specjalnych czynności wykonywanych w celu przygotowania i zabezpieczenia maszyny w czasie jej transportu. Obsługa transportowa może zakładać częściowy demontaż i czynności konserwacji maszyny na czas transportu.

Naprawy planowo-zapobiegawcze są to czynności techniczne, których celem jest przywrócenie pierwotnego stanu technicznego maszyny. Wyróżnia się następujące rodzaje napraw:

- naprawa średnia (NS) - zespół czynności konserwacyjno-naprawczych wykonywanych po ustalonej ilości godzin pracy maszyny (np. ok. 2.5 tys. godz. dla ładowarki); obejmuje usunięcie usterek lub wymianę podzespołów układu hydraulicznego, elektrycznego, mechanizmów narzędzi roboczych, etc. Do najważniejszych czynności sprawdzających należą: pomiar luzów w mechanizmach napędu maszyny i narzędzi roboczych (kół zębatych, łożysk, sworzni, etc.), przegląd uszczelnień gumowych pomp, cylindrów i przewodów hydraulicznych, sprawdzenie zużycia części i podzespołów elektrycznych, etc.

- naprawa główna (NG) - zespół czynności remontowych wykonywanych po ustalonej liczbie godzin pracy maszyny (np. ok. 5 tys. godz. dla ładowarki); obejmuje weryfikację wszystkich części i podzespołów, naprawę lub wymianę głównych podzespołów maszyny. Do ważniejszych czynności należy: wymiana uszczelnień i przewodów giętkich, pomp i rozdzielaczy hydraulicznych, głównych podzespołów elektrycznych, demontaż i naprawę lub wymianę głównych zespołów maszyny, silnika, skrzyni biegów, mechanizmów jazdy i narzędzi roboczych, wymianę części i podzespołów.

- naprawa awaryjna (NA) - obejmuje pełny zakres naprawy wynikający z uszkodzenia.

2.5 Wstępne rezultaty projektu MAIN.CON

W celu osiągnięcia rezultatów projektu, prace podzielono na następujące pakiety robocze:

- Pakiet roboczy I – analiza maszyn dla robot ziemnych w krajach partnerskich. W tym pakiecie przeprowadzone zostaną spotkania z operatorami maszyn w celu ustalenia, które części maszyn są najbardziej awaryjne oraz w celu wyboru maszyny do opracowania systemu Augmented Reality (AR).

- Pakiet roboczy II – zdefiniowanie potrzebnych operatorowi maszyn umiejętności konserwacyjno - naprawczych. Rys. 4 pokazuje możliwe połączenie świata rzeczywistego i wirtualnego – rzeczywistość rozszerzoną.

- Pakiet roboczy III – przygotowanie oprogramowania Augmented Reality dla szkoleń z zakresu konserwacji i naprawy maszyn.

Wszystkie produkty projektu będą testowane i oceniane przez ekspertów. Pełna użytkowa wersja rezultatów projektu będzie dostępna pod koniec 2012 roku.



Rys. 4. Ramon (w Polsce – Roman) – osobisty asystent cyfrowy w projekcie MAIN.CON [2]

3. ZAŁOŻENIA PROJEKTU NORW

3.1 Wprowadzenie

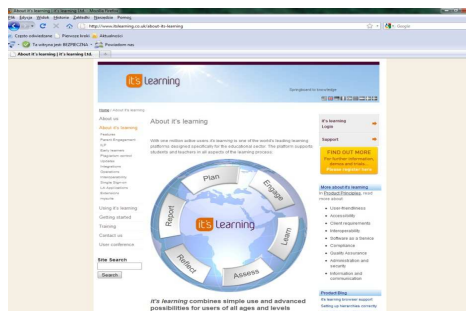
Projekt NORW jest związany z rozwojem studiów dla polskich i norweskich menedżerów budowlanych w języku angielskim i metodą distance learning. Projekt pozwoli na przygotowanie nowych kursów, modułów nauczania oraz pozwoli na modyfikacje istniejących systemów nauczania. Nowe programy nauczania zostały przygotowane specjalnie dla menedżerów budowlanych z małych i średnich przedsiębiorstw. Są to dwa nowe kursy, łączące w metodzie blended learning nauczanie stacjonarne z nauczaniem przez Internet:

- „Ekonomia i zarządzanie finansami w budownictwie” oraz
- “Zarządzanie budową”

Potrzeba takich szkoleń została potwierdzona w Polsce poprzez liczne prace badawcze i kontakty polskimi, norweskimi oraz europejskimi menedżerami budowlanymi. Operacyjnym zadaniem projektu jest zwiększenie atrakcyjności nauczania na Politechnice Warszawskiej - a przez to zwiększenie umiejętności osób zarządzających budowlanymi projektami infrastrukturalnymi, współfinansowanymi z UE (drogi, mosty, lotniska, koleje, składowiska odpadów, uzdatnianie wód pitnych oraz oczyszczalnie ścieków). Projekt przyczyni się do rozwinięcia platformy internetowej dla budownictwa, z materiałami dydaktycznymi w języku polskim i angielskim. Partnerami w projekcie są: Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (Promotor), Polska, Polish British Construction Partnership, Polska, Norwegian University of Science and Technology (NTNU) w Trondheim oraz SINTEF w Oslo (Norwegia). Rezultaty projektu będą także wdrażane w innych krajach europejskich – poprzez polską platformę internetową.

3.2 Merytoryczne założenia kursów projektu NORW

Dla kursów distance learning, które powstaną w projekcie, wykorzystana zostanie platforma edukacyjna It's Learning, ulokowana na serwerach NTNU. Zrzut ekranowy głównej strony platformy przedstawiono na rys. 5



Rys. 5. Zrzut ekranowy głównej strony Platformy It's Learning [5]

Kurs pt. “Ekonomia i zarządzanie finansami” będzie zawierał elementy odnoszące się do etapu przygotowania projektu:

- stadium możliwości,
- stadium pre-feasibility,
- stadium feasibility.

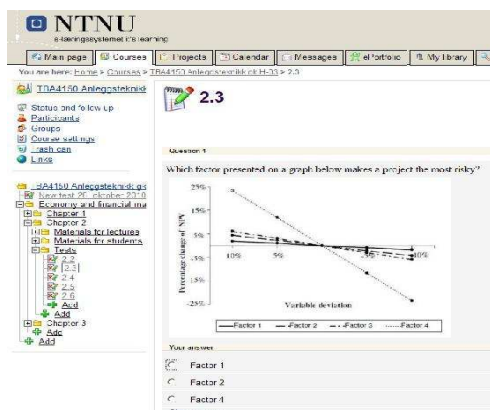
Wszystkie te trzy stadia, w mniejszym lub większym stopniu, wykorzystują metody i analizy matematyczne, między innymi takie jak, [6]:

- metoda oceny wartości bieżącej netto (NPV), bazująca na dyskontowaniu przepływów pieniężnych w projekcie oraz badaniu stopy zwrotu z kreowaniem wielu możliwych scenariuszy rozwoju projektu,
- metoda wyceny kapitału (capital asset pricing method , CAPM) – determinująca trendy rozwoju projektu na podstawie poprzednio prowadzonych projektów, w połączeniu z badaniem ryzyka oraz wykorzystaniem gier strategicznych,
- unikatowe, autorskie i oryginalne wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych do analizy NPV,
- zasady finansowanie projektów partnerstwa publiczno prywatnego,
- podstawy Zarządzania Wartością i Inżynierii Wartości,
- podstawy zarządzania ryzykiem.

Dla wszystkich powyższych zagadnień przygotowano materiały dydaktyczne oraz kilkaset ćwiczeń – uzupełniających wiedzę oraz sprawdzających przyswojenie materiału. Przykład takiego ćwiczenia pokazano na rys. 6.

Kurs “Zarządzanie budową” zawierać będzie następujące elementy [7]:

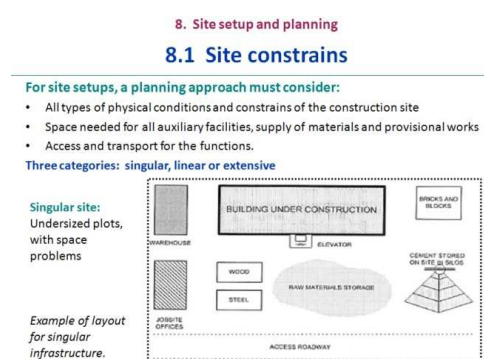
- generalne informacje o budownictwie europejskim, definicje firmy budowlanej, tradycyjne narodowe schematy organizacyjne, powiązania pomiędzy budową, a firmą,
- dokumenty kontraktowe i definicje wszystkich uczestników procesu budowlanego, dokumentacja przetargowa i projektowa, kanały przepływu informacji, podejmowanie decyzji oraz teoria negocjacji,



Rys. 6. Przykład ćwiczenia z zakresu zarządzania finansami na It's Learning [3]

- analiza przepływu informacji, dokumentacji oraz utrzymywanie danych z placu budowy – dzienniki budów, raporty, spotkania robocze,
- podstawowe zasady wykonywania robót: maszyny i wyposażenie, wydajność, przygotowanie terenu budowy i jego utrzymanie, jakość i technologia, prowadzenie robót, techniki obmiarów, inżynierię wartości oraz benchmarking, zarządzanie jakością,
- BHP na placu budowy (plany BIOZ),
- zagrożenia ochrony środowiska,
- łańcuchy dostaw, budownictwo zrównoważone i lean construction,
- zarządzanie zasobami, zadania, przydzielanie zasobów, harmonogramy prac, czasy trwania robót, monitoring czasu i kosztów projektu,
- zmiany projektowe w czasie trwania robót, procedury płatności,
- zamknięcie projektu, wykonanie dokumentacji powykonawczej.

Dla wszystkich zagadnień zaprezentowanych powyżej przygotowano zestawy tekstów dydaktycznych oraz ćwiczeń. Przykład ćwiczenia z zakresu projektowania zaplecza budowy przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Przykład ćwiczenia z zakresu zarządzania budową na It's Learning [3].

4. WNIOSKI

Rezultaty obu projektów zaprezentowanych w referacie powinny znacząco poprawić jakość i atrakcyjność system nauczania personelu budowy. Projekt NORW da możliwość pogłębiania wiedzy na studiach podyplomowych tym inżynierom, którzy – zajęci na placach budów przy projektach infrastrukturalnych – nie mają czasu na uczestniczenie w kursach stacjonarnych, organizowanych zazwyczaj w formie co dwutygodniowych zjazdów weekendowych. Platforma It's Learning umożliwi im udział w zajęciach z domu lub terenu budowy.

Produkty projektu MAIN.CON poprawią codzienną pracę operatorów maszyn budowlanych – w tym koparek i transportu ziemi z wykopów (jako że prace transportowe to istotny element robót budowlanych, np. 1m² budynku mieszkalnego wymaga przetransportowanie ok. 2 ton materiałów w zależności od technologii i zastosowanych materiałów) [1]. Lepsze utrzymanie maszyn budowlanych pozytywnie wpłynie na ich wydajność. Szkolenia z wykorzystaniem Augmented Reality zmniejszy także znacząco koszty szkoleń dla operatorów maszyn.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1]. Martinek, W., Nowak, P., Woyciechowski, P., *Technologia robot budowlanych (Technology of Building Works)*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (Publishing House of the Warsaw University of Technology), ISBN 978-83-7207-832-2, Warsaw, 2010.
- [2]. LDV MAIN.CON Leonardo da Vinci project (No: 2010-1-ES1-LEO05-20930), titled: "Augmented Reality Applied to Machinery Maintenance from Construction Sector" draft working materials, Warsaw, Madrid, 2011.
- [3]. Norwegian Financial Instrument NORW project (No: FSS/2008/X/D5/W/0005/-U/0013), titled: "Distance learning within management in construction", draft working materials prepared by P. Kluczuk, A. Minasowicz, A. Nicał, P. Nowak, S. Jerko, Warsaw, Oslo, 2011.
- [4]. http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_introduction.html, accessed at 28th January 2011.
- [5]. <http://www.itslearning.com>, accessed at 28th January 2011.
- [6]. Minasowicz, A., *Economy and Financial Management in Construction*, manual from LDV CLOEMC I project, titled: "Common Learning Outcomes for European Managers in Construction", No: PL/06/B/P/PP/174014, ISBN 978-83-7561-023-9, Poltext, Warsaw, 2009.
- [7]. Catalá, J., Moura, H. Pellicer E., Teixeira, J.C., Yepes, V., *Construction Management*, manual from LDV CLOEMC I project, titled: "Common Learning Outcomes for European Managers in Construction", No: PL/06/B/P/PP/174014, ISBN 978-83-7561-040-6, Poltext, Warsaw, 2009.