Raport Badawczy
Research Report

RB/64/2009

Szacowanie optymalnego czasu i kosztu budowy Stadionu Narodowego w Warszawie na EURO 2012 z wykorzystaniem oprogramowania MS Project

K. Cichocki, M. Sitnik

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences

POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 3810100

fax: (+48) (22) 3810105

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:
Dr inż. Lech Kruś

Warszawa 2009

Szacowanie optymalnego czasu i kosztu budowy Stadionu Narodowego w Warszawie na EURO 2012, z wykorzystaniem oprogramowania MS Project

Krzysztof S. Cichocki[1], Michał Sitnik[2]

1. Wprowadzenie

Celem pracy, jest zbadanie możliwości realizacji budowy stadionu narodowego (SN) w Warszawie, w terminie wyznaczonym przez Europejską Federację Piłkarską, oszacowanie kosztów tej budowy, przeanalizowanie rentowności projektu oraz zoptymalizowanie zasobów projektu – zbilansowanie zasobów pracy i czasu, aby zdążyć z budową w ustalonym terminie.

1.1 Stadiony w kraju.

W Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach, piłka nożna jest uznawana za sport o bardzo wysokiej popularności. Mecze eliminacyjne reprezentacji kraju do mistrzostw Europy i świata ogląda w telewizji kilka milionów ludzi, a imprezy finałowe, nawet kilkanaście milionów. Natomiast na mecze ligowe przychodzi kilka, maksymalnie kilkanaście tysięcy kibiców, także dlatego, że stadiony są małe i nie posiadają odpowiedniej infrastruktury.

Od wielu lat planuje się wybudowanie reprezentacyjnego stadionu narodowego, na którym odbywałyby się ważne imprezy piłkarskie i sportowe, a ponadto budowy obiektów piłkarskich dla czołowych klubów ligi krajowej. Do tej pory ważne mecze reprezentacji kraju odbywały się na większych stadionach ligowych, takich jak stadion Chorzowski lub Śląski (wrocławski).

W Polsce wyraźnie odczuwa się brak obiektu narodowego, pomimo, że ostatnio polska reprezentacja piłkarska regularnie uczestniczy w imprezach mistrzowskich starego kontynentu i świata. Reprezentacje krajów światowej czołówki ważne mecze rozgrywają na wielkich, nowoczesnych stadionach narodowych w swoim kraju. Brak narodowego stadionu piłkarskiego obniża rangę dyscypliny i uniemożliwia przeprowadzanie meczów w warunkach, odpowiadającym nowoczesnym standardom.
Brak odpowiednich stadionów to także brak infrastruktury towarzyszącej, takiej jak boiska treningowe, zaplecza do treningu dla szkółek piłkarskich, usługi dla piłkarzy i kibiców. Polska młodzież nie ma warunków by zainteresować się rozwojem własnych umiejętności piłkarskich i sportowych. Obecnie, bardzo pozytywną rolę pełni program Orlik – wspierana centralnie lokalna akcja budowy stadionów dla młodzieży.

Nasz kraj od wielu lat myślał o budowie stadionu narodowego, jednak były to tylko plany. Dodatkowo, harmonogramy budów stadionów lokalnych są na ogół minimalistyczne. Kluby, przeważnie rozbudowują lub przebudowują stadiony, często znika część trybun dla kibiców (Legia, Wisła. Lech Poznań). Ponadto, przetargi są przeprowadzane oddzielnie dla poszczególnych etapów budowy, a szacunki dotyczące kosztów są zwykle niepełne. Zadania i przydzielane im zasoby nie są dokładnie analizowane, co powoduje brak środków na realizację inwestycji i opóźnienia jej realizacji - niedokończone trybuny czekają na kontynuację prac. Nowy, niewielki stadion wybudował tylko klub Korona Kielce.

1.2. Organizacja Mistrzostw Europy w piłce nożnej w Polsce i na Ukrainie

W 2003 roku, Polska wspólnie z Ukrainą zaczęły starania o organizację piłkarskich mistrzostw Europy w roku 2012 (8 lat przed mistrzostwami). UEFA przyznała organizację mistrzostw

---

[1] Polsko – Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych (PJWSTK), Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, Warszawa
[2] Absolwent Wydziału Zarządzania Informacją, PJWSTK.

Polsce i Ukrainie, dając i szansę całej Europie Wschodniej. Zauważone zostały nie tylko nasze możliwości, ale także potencjał wielkiego rynku, na którym popularność dyscypliny jest bardzo wysoka. Rząd i władze Warszawy oraz pozostałych miast organizatorów mistrzostw wspierają organizację imprezy. Przygotowano projekty i plany budowy infrastruktury transportowej, hotelowej i sportowej, w tym 6 stadionów (dwa rezerwowe).

2. Omówienie zakresu pracy i wyników przeprowadzonej analizy

2.1. Opis budowanego stadionu

Stadion Narodowy ma być obiektem wielofunkcyjnym, całkowicie zadaszonym (z możliwością otwierania ruchomej części centralnej). Obiekt powstanie w niecce starego Stadionu X-lecia, który został zbudowany w 1955 r., na V Światowy Festiwal Młodzieży. Odbyło się na nim 25 międzynarodowych meczów piłkarskich, kilkanaście mityngów lekkoatletycznych, głównie memoriałów J. Kusocińskiego i imprez kolarskich (Wyścigów Pokoju). Budowa w niecce starego Stadionu X-lecia oznacza, że w pierwszym etapie, po rozebraniu starej warstwy obiektu, trzeba wzmocnić podłoże starego stadionu. Na wzmocnionym palami podłożu ma zostać wybudowany obiekt na 55 tysięcy miejsc, umiejscowionych na dwóch pierścieniach, pomiędzy którymi znajdować się będzie 900 miejsc dla Vip-ów. Dach stadionu umocowany będzie na stalowych masztach, na których elewacja ma ozdobić wewnętrzną szklaną fasadę. Wewnątrz znajdować się będzie wiele pomieszczeń: restauracje i bary, szatnie, sale konferencyjne, pomieszczenia dla dziennikarzy. Murawa stadionu będzie znajdować się 8 metrów nad starym poziomem, a pod nią wybudowany zostanie parking. Budowa będzie podzielona na etapy:

- I: rozbiórka starego stadionu i wzmacnianie terenu palami - pod ciężką konstrukcję
- II: jednoczesna budowa fundamentów, parkingu oraz pierścienia trybun dolnych
- III: budowa drugiego, wyższego pierścienia trybun oraz masztów utrzymujących dach
- IV: budowa dachu (w tym części ruchomej i otwieranej)
- V: montaż elewacji, krzesełek, murawy, oraz roboty drogowe i prace w otoczeniu stadionu.

Równolegle z etapami IV i V będą trwały prace wykończeniowe wnętrz stadionu.

Budowę rozpoczęto 7 10 2008, a termin zakończenia budowy nałożony przez UEFA wyznaczono na 20 06 2011. Aby spełnić normy bezpieczeństwa i wszelkie kryteria, które są wymagane przez UEFA na wielkich imprezach piłkarskich, budowa musi być zakończona na rok przed otwarciem mistrzostw, aby przeprowadzić testy bezpieczeństwa (próbne mecze).
Stadion zostanie wybudowany na terenach, które są własnością Skarbu Państwa. Przebieg prac związanych z budową Stadionu Narodowego nadzorować ma specjalnie do tego powołana spółka: Narodowe Centrum Sportu (NCS).

2.2. Cele realizacji budowy SN

Budowa stadionu to wielki projekt o charakterze inwestycji strategicznej, który jest wykonywany przez okres wielu lat, wymaga czytelnego, dobrze zaplanowanego i zorganizowanego harmonogramu działania (Roszkowski, 2005).
Priorytetowym celem projektu budowy stadionu jest zakończenie jego budowy w terminie określonym przez UEFA. Odpowiednio wczesna realizacja inwestycji budowlanej ma umożliwić poprawną weryfikację wszystkich kryteriów postawionych przez Europejską Federację Piłkarską. Są to między innymi kontrole bezpieczeństwa podczas próbnych imprez, mecze piłkarskie, testowanie systemów zabezpieczeń i systemów monitorowania, symulacja przepustowości, kontrola dróg i procedur ewakuacji. Dodatkowym celem, jest zrealizowanie

przez spółkę NCS budowy stadionu przy możliwie najniższych kosztach. Ponadto, celem pośrednim jest , aby SN przez wiele lat po wybudowaniu służył mieszkańcom stolicy, regionu i kraju.

2.3. Zakres analiz

Na podstawie materiałów dotyczących projektu budowy stadionu narodowego i innych dostępnych materiałów związanych z budową SN, sporządzono listę zadań (działań), które trzeba wykonać, aby zrealizować budowę stadionu. Zebrane w 2008 roku od projektanta ogólnodostępne dane dotyczące harmonogramu budowy stadionu uzupełniono o informacje dotyczące innych tego typu budowli w Europie i na ich podstawie skonstruowano harmonogram realizacji projektu - budowy SN zgodnie ze sztuką budowy stadionów. Harmonogram budowy, to kompletny zbiór zadań umożliwiających budowę, określenie czasu trwania wszystkich zadań oraz ustalenie kolejności ich wykonywania.

Dla każdego zadania oszacowano czas realizacji i ustalono jego miejsce w ciągu kolejno wykonywanych wszystkich zadań projektu. Ustalono tzw. „poprzedniki" i „następniki" każdego zadania, tzn. zadania, które będą wykonywane odpowiednio przed oraz po danym zadaniu. Wszystkie zadania połączono ze sobą. W ten sposób zbudowano harmonogram sieciowy dla projektu budowy SN, skonstruowano wykres Gantta i z pomocą oprogramowania *MS Project*, wyznaczono ścieżkę krytyczną[3]. Do każdego zadania przydzielono odpowiednie zasoby – rzeczowe oraz zasoby pracy (ludzi), a także oszacowano koszty wykonania zadania.

Przedstawiony harmonogram dotyczy etapów związanych bezpośrednio z budową obiektu, nie uwzględnia prac przedprojektowych takich jak: przygotowanie projektu przed budową (sprawy prawne, decyzje wyborów terenów, decyzje środowiskowe, zezwolenia na budowę), projekt techniczny stadionu, procedury przetargowe i próbne badania terenu.

Najważniejszym kryterium przy układaniu harmonogramu budowy (realizacji zadań) był warunek ukończenia całej budowy w przewidzianym terminie. Aby spełnić ten warunek należało dokonać optymalizacji zasobów i opracować tzw. optymalny harmonogram.
W procesie optymalizacji zasobów zastosowano metodę analizy ścieżki krytycznej, (najdłuższego możliwego przebiegu czasowego inwestycji), która pozwala na wybranie zadań krytycznych projektu oraz bilansowanie zasobów siły roboczej i czasu dla tych zadań. Optymalizacja czasu polega na autorskim podziale prac związanych z budową stadionu oraz na dopasowaniu terminu zakończenia wszystkich niezbędnych prac na 20 czerwca 2011 r.

2.4. Opis wyników analizy

Analizie poddano skonstruowany z pomocą oprogramowania *MS Project* harmonogram projektu, pokazany na wykresie Gantta (rys.1). Wybrane zadania poddano bilansowaniu zasobów czasu i pracy poprzez: wprowadzenie pracy w nadgodzinach, przydzielanie dodatkowych pracowników do realizacji wybranego zadania, przydzielanie nocnych bądź całodobowych prac. Wszystkie techniki doprowadziły do skrócenia „zadań krytycznych", które mają wpływ na czas zakończenia projektu. W ramach optymalizacji czasu trwania zadań dokonano likwidacji przeciążeń zasobów, głównie ludzi, które prowadzą do opóźnień wykonania wybranych zadań.

---

[3] W pracy wykorzystano oprogramowanie *MS Project* (MSP) oraz Excel, szeroko stosowane przy podejmowaniu strategicznych decyzji dotyczących zarządzania projektami. MSP, to oprogramowanie wspomagające zarządzanie przedsięwzięciami – zasobami, czasem i finansami projektu. Pozwala na utworzenie, edytowanie i kontrolę harmonogramu, utworzenie budżetu projektu. Dzięki wsparciu wizualnemu projektu: wykresy, diagramy i tabele ułatwia on prace na etapie planowania (i przebiegu) projektu. Pełna zgodność MSP z programami takimi jak MS Excel, umożliwia przenoszenie wyników do arkuszy kalkulacyjnych i analizy finansowe.

Przeprowadzona analiza wykazała, że istnieje możliwość terminowego zakończenia budowy, także przy wystąpieniu potrzeby skrócenia większej liczby zadań, niż tylko tych, których czas realizacji skrócono w pracy. Koszt budowy rośnie proporcjonalnie do liczby skracanych zadań - do wysokości dużo wyższych płac za nadgodziny, prac nocnych i całodobowych.

Koszt budowy stadionu (realizacji harmonogramu) wyniósł ponad 1,001 miliarda złotych. Po przeprowadzeniu bilansowania zasobów, wzrósł o ponad 3 mln zł. W optymalizacji uczestniczyła mała liczba zadań, dlatego koszty zmian są małym ułamkiem całego kosztu budowy.
Wykorzystane w opracowaniu szacunkowe dane dotyczące wartości budowy Stadionu Narodowego powstały prawie dwa lata temu i nie są dobrym wyznacznikiem rzeczywistego kosztu realizacji inwestycji. Przykładowo, stal jest jednym z ważniejszych materiałów przy budowie stadionu, a jego cena mocno się zmieniła. Dodatkowo, światowy kryzys finansowy wpłynął na zmianę cen.

W celu zbadania rentowności projektu, wykorzystano metody analizy finansowej, uwzględniając zmienną wartość pieniądza w czasie. Przeanalizowano przepływy pieniężne projektu (koszty budowy SN, po zoptymalizowaniu), i zbadano czy i w jakim okresie budowa stadionu wygeneruje dodatnią stopę zwrotu (ponad stopę dyskontową). Roczne dochody i koszty utrzymania stadionu obliczono na podstawie programów marketingowych i komercyjnych podobnych obiektów w Europie (stadiony Arsenal Londyn, Stade de France w Paryżu, Allianz Arena w Monachium) oraz danych szacunkowych z rynku polskiego.

Wskaźniki zaktualizowanej wartości netto (NPV) oraz wewnętrznej stopy zwrotu (IRR) zbadano dla okresu pięćdziesięciu lat. W wyniku analizy uzyskano, że próg rentowności dla budowy SN zostanie osiągnięty po 26 latach, przy stopie dyskonta 5%.
Generowane, w ramach programu komercyjnego obiektu, roczne dochody przewyższyły koszty operacyjne (stałe i zmienne) związane z utrzymaniem stadionu. Stadion potrafi „na siebie zarabiać". Przy uwzględnieniu, jako źródła finansowania stadionu, 30 letniego kredytu, w wysokości 30% kosztu (300 tyś. zł.), próg rentowności osiągnięto po 50 latach, przy stopie dyskonta 5% i 5% stopie oprocentowania kredytu.

Stadion i wydane na jego budowę, środki publiczne, będą źródłem szeroko rozumianych korzyści, np. zdrowotnych i ogólno rozwojowych mieszkańców regionu i Warszawy (tzw. korzyści ekonomicznych), które, często w sposób bezpośrednio niemierzalny, przyczynią się do rozwoju gospodarczego regionu i Polski. Przeprowadzono uproszczony szacunek kosztów i korzyści ekonomicznych, które wyceniono w pieniądzu.
Dla sumarycznych kosztów finansowych i ekonomicznych odpowiednie wartości ENPV oraz EIRR są znacząco wyższe niż dla NPV i IRR wyznaczonych tylko dla przepływów finansowych. Próg rentowności realizacji projektu występuje po około 17 latach.

3. Konstrukcja harmonogramu realizacji budowy stadionu narodowego

3.1. Działania, etapy budowy SN i szacowanie czasu trwania poszczególnych działań

Praca nad harmonogramem projektu jest równoznaczna z tworzeniem wykresu Gantta – połączeniem wszystkich działań niezbędnych do zakończenia budowy. Harmonogram tworzymy następująco:
I: Definiujemy (po analizie) wszystkie działania niezbędne do realizacji projektu (47 działań) oraz wyróżniamy etapy prac (cele etapowe)

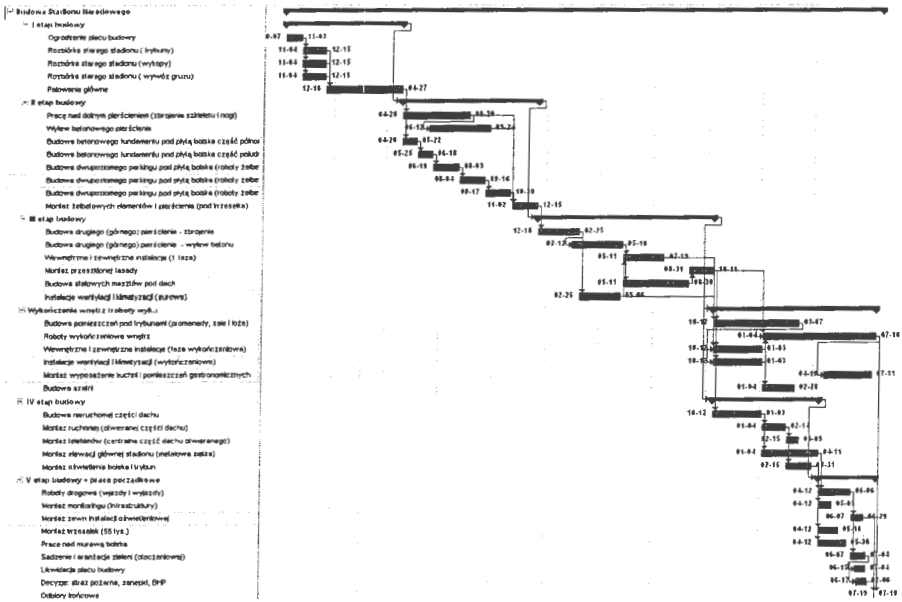
II: Ustalamy czasy trwania poszczególnych działań oraz kolejność realizacji tych działań (otrzymujemy daty rozpoczęcia i zakończenia kolejnych działań). Gdy jest to konieczne, ustalamy „na sztywno" daty rozpoczęcia lub zakończenia wybranego działania

III: Wszystkie działania umieszczamy w odpowiednich formatach programu *MS Project*. Wykres *Gantta* i wykres sieciowy, pokazujący wszystkie działania, otrzymujemy po określeniu następników i poprzedników (rys.1)

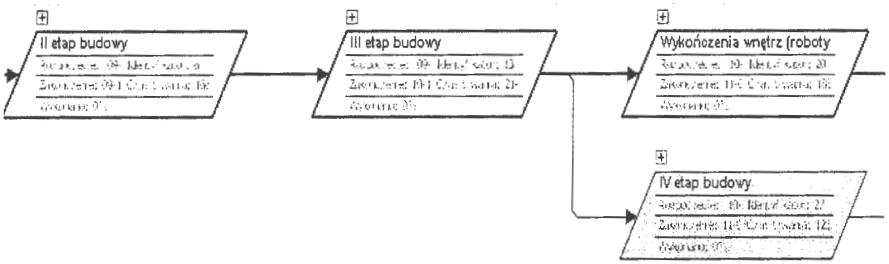
IV: Wyznaczamy (jeżeli istnieje) ścieżkę krytyczną, dzięki programowi MSP. Ścieżka krytyczna, to zbiór działań (w sieci wszystkich działań), która umożliwia realizację projektu w najkrótszym czasie.

Podczas tworzenia wykresu Gantta dzielimy cały projekt na mniejsze, częściowe etapy prac.

Rysunek 1. Wykres Gantta: MS Project



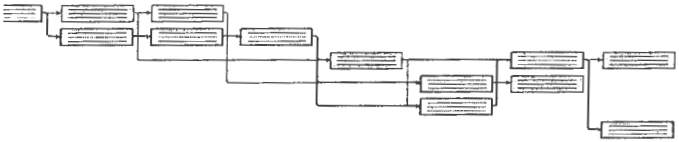
Rysunek 2. Wybrane etapy budowy



Na rys. 2. pokazano wybrane etapy budowy SN , a na rys.3 pokazano wykres sieciowy.

Rysunek 3. Wykres sieciowy budowy SN: MS Project

C.D.



3.2 Źródła informacji o zadaniach budowy Stadionu Narodowego. Wykorzystanie wykresu Gantta

Harmonogram budowy stadionu powstał na podstawie danych dotyczących projektu budowy SN przekazywanych mediom przez spółkę Narodowe Centrum Sportu - wstępnego harmonogramu sporządzonego przez projektantów SN (http://www.zw.com.pl). Informacje te uzupełniono o zadania niezbędne przy budowie stadionów, a kolejność wykonywania zadań jest zgodna ze sztuką budowania stadionów (Neufert,1980).

Istnieje wiele możliwości wykorzystania wykresu Gantta i MS Project do analizy czasu realizacji projektu. Przykładowo, po dodaniu do arkusza zadań kolumny 'swobodny zapas czasu', lub ('całkowity zapas czasu') jesteśmy informowani o zapasie czasowym zadania - o tym, o ile może się opóźnić realizacja zadania by nie przesunąć terminu zakończenia całego projektu.

4. Zasoby projektu; bilansowanie zasobów

4.1. Zasoby projektu: MS Project

Na podstawie dostępnych źródeł

- Ustalamy zasoby niezbędne do zbudowania stadionu (zidentyfikowano 63 zasoby)
- Przydzielamy zasoby (pracy i materiałów) do poszczególnych działań
- Bilansujemy zasoby.

Na rys. 4 pokazano część zasobów projektu (tabela z *MS Project*). Materiały przydzielamy procentowo do odpowiednich zadań. Na jednego pracownika przydzielamy 100% zasobu pracy. Przykładowo, przy „zbrojarzu mamy 3000% (pracuje 30 zbrojarzy).
W tabeli pokazano także stawki zasadnicze pracowników i stawki za nadgodziny. W 2007 r. zarobki w budownictwie wzrosły o 12% i na początku 2008 roku o kolejne 20% (z powodu braku pracowników). W 2008 r. przekraczały wyraźnie średnie płace dla całego przemysłu (GUS: stat.gov.pl).

		Nazwa zasobu	Typ	Maks. jednostek	Stawka zasad.	Stawka za nadg.	Koszt każdego	Naliczanie	Kalendarz bazowy
1		Pracownik porządkowy	Praca	1 000%	20,00 zł/godz.	40,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
2		Pracownik rozbiórkowy	Praca	2 700%	35,00 zł/godz.	55,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
3		Pracownik wykopy	Praca	2 700%	35,00 zł/godz.	55,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
4		Pracownik wywóz	Praca	5 400%	30,00 zł/godz.	60,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
5		Inżynier palowanie (nadzór)	Praca	1 500%	75,00 zł/godz.	100,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
6		Pracownik palowanie	Praca	3 600%	40,00 zł/godz.	60,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
7		Operator palownice	Praca	2 400%	50,00 zł/godz.	70,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
8		Ogrodzenie (materiały)	Materiał		150 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
9		Koparki	Materiał		5 000 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
10		Palownice	Materiał		26 000 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
11		Pale	Materiał		57 000 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
12		Narzędzia rozbiórkowe	Materiał		2 890 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
13		Wywrotki	Materiał		12 000 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
14		Beton do palowania	Materiał		12 000 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	
15		Operator dźwigu	Praca	1 500%	50,00 zł/godz.	90,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
16		Zbrojarz	Praca	3 000%	32,00 zł/godz.	60,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
17		Inżynier nadz. Zbrojenia	Praca	1 000%	60,00 zł/godz.	90,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
18		Inżynier nadzorca instalacji	Praca	1 000%	60,00 zł/godz.	90,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
19		Nadzór betonu	Praca	1 000%	60,00 zł/godz.	90,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
20		Pracownik beton	Praca	3 000%	30,00 zł/godz.	60,00 zł/godz.	0,00 zł	Proporcjona	Standardowy
21		Zbrojenia	Materiał		80 000 000,00 zł		0,00 zł	Proporcjona	

Rysunek 4. Zasoby projektu

4.2. Bilansowanie zasobów i optymalizacja harmonogramu

Bilansowanie zasobów polega na usunięciu przeciążenia określonego zasobu[4]. Optymalizacja zasobów polega na takim dopasowaniu zasobów do poszczególnych zadań, aby zakończyć budowę SN w wyznaczonym przez UEFA terminie. W tym celu, po wykonaniu harmonogramu w MS *Project*, przydzieleniu zasobów i poznaniu czasu wykonania projektu, dokładnie analizujemy zadania leżące na ścieżce krytycznej. Następnie:

1. Sprawdzamy swobodne zapasy czasu
2. Wybieramy zadania krytyczne do - optymalizacji
3. Dokonujemy optymalizacji zasobów i harmonogramu: a) dodajemy nadgodziny, b) wprowadzamy 24h czas pracy, c) wprowadzamy nocną pracę, d) przydzielamy dodatkowe zasoby, e) zadania z zapasami czasu wykonujemy równolegle, aby zmniejszyć czas realizacji projektu i liczbę pracowników
4. Ponownie sprawdzamy przeciążenia zasobów i analizujemy czas realizacji projektu.

Pokazane w *MS Project* ostatnie zadanie budowy SN, przed optymalizacją, kończy się 19 07 2011. Realizacja projektu jest opóźniona o 28 dni roboczych (łączny czas budowy - 740 dni). Najdłuższym zadaniem w harmonogramie jest 'Wykończenie wnętrz' (Ww), w 3 etapie budowy. Analiza tego zadania pozwoli sprawdzić czy można skrócić jego czas realizacji. Etap wykończeń trwa 140 dni, odpowiednio skrócony zmieni przebieg ścieżki krytycznej i przeniesie ją na

[4] Zasób przeciążony ma do zrealizowania więcej pracy niż informuje o tym jego dostępność w programie *MS Project* (*MS Project 2003 Standard PL i A Guide.., 2004*). Projekt z przeciążeniami skazany jest z góry na opóźnienia, pracownicy mają do wykonania za dużo pracy.

trwające równolegle etapy IV i V. Na rys. 5A pokazano ścieżkę krytyczną przebiegającą przez zadanie Ww, a na rys. 5B – nową ścieżkę krytyczną, która nie przebiega już przez zadanie Ww, lecz przez zadania 4 i 5 etapu. Pokazano to także na rys. 2. Czas realizacji projektu się skraca, z 19 07 do 07 07.
Następnie, analizujemy zapasy czasu w etapach 4 i 5 aby zidentyfikować nowe zadania krytyczne do zbilansowania. Wyszukujemy takie zadania, dla których możliwe jest skrócenie czasu ich realizacji.

Analiza przeciążeń to kolejny krok po skróceniu zadań. Najdłuższe zadanie wykończeń wnętrz trwające 140 dni zostało podzielone na dwie części: pierwszą, trwającą 120 dni, z ośmiogodzinnym kalendarzem pracy i drugą, trwającą 20 dni, z dwudziestoczterogodzinnym kalendarzem pracy. Dzięki temu czas wykończeń wnętrz skraca się o 14 dni. Wzrasta koszt wykonania zadania z uwagi na wyższe stawki pracowników pracujących cały dzień. Zespół 38 pracowników w części pierwszej ma do wypracowania dziennie 304h. Ta sama ilość pracowników, przy 24h kalendarzu pracy, ma 3 razy więcej godzin do przepracowania - 912h.

Zadania krytyczne w etapach IV i V to: 'Budowa nieruchomej części dachu', 'Montaż elewacji głównej', 'Roboty drogowe' oraz 'Sadzenie i aranżacja zieleni'. Po przydzieleniu zadaniom 24h kalendarza możliwe jest przydzielenie, do zadań, dodatkowych pracowników na nocną zmianę (*MS Project 2003 Standard PL*). Całkowity czas pracy zwiększa się i czas trwania zadania jest krótszy.

- Montaż przeszklonej fasady

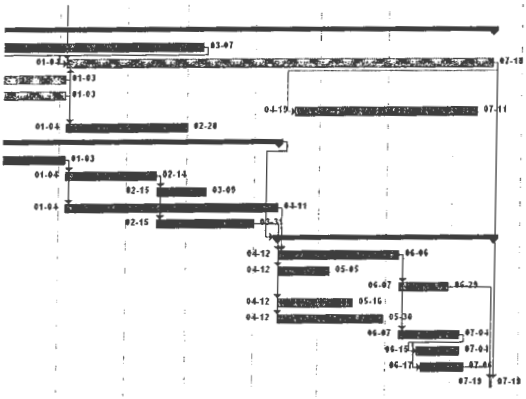
Trzydziestu pracowników jest wspomaganych przez siedmiu na nocnej zmianie. Czas montażu fasady z 60 dni skraca się do 51 dni.

- Budowa stalowych masztów

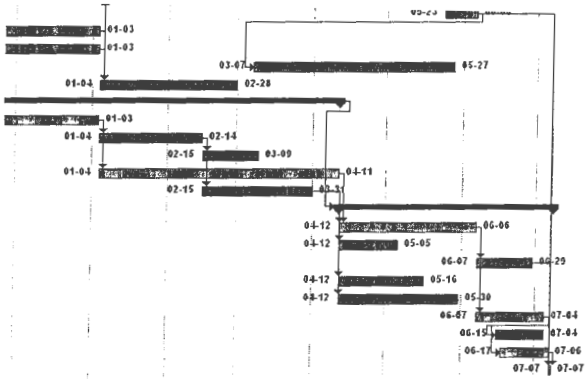
Dziesięciu pracowników na nocnej zmianie wspomaga grupę trzydziestu pracowników z dziennymi godzinami pracy. Budowa masztów skraca się o kolejne 10 dni.

Nie wszystkie zadania w harmonogramie mogą być realizowane w nocy. Niebezpieczna i skomplikowana budowa dachu lub wybrane roboty drogowe są realizowane wyłącznie w ciągu dnia.

Rysunek 5.
A.



B.



5. Koszty i przychody

5.1. Koszty budowy

Koszty budowy stadionu, wyliczone z wykorzystaniem MS Project, po uwzględnieniu cen materiałów i płac w latach 2007 i 2008 wyniosły przed optymalizacją 1 001 587 840 zł, natomiast po optymalizacji, gdy SN zostanie wybudowany w terminie, 1 004 493 189 zł.
Koszt budowy 1 krzesełka wynosi 18 272 zł i jest o 50?% niższy niż dla stadionów Emirates Stadium oraz Wembley w Londynie i o 15% niższy niż dla stadionu Allianz Arena w Monachium.
Źródła finansowania projektu. Zgodnie z http://www.msport.gov.pl, Fundusz Rozwoju Kultury Fizycznej (budżet państwa) ma wyasygnować 80% środków, pozostałe 20% sfinansuje miasto Warszawa. Zaproponowano wydatkowanie środków po równo w r. 2010 i 2011, a w r. 2009 przewidziano wydatki większe o 20%.

5.2. Dlaczego warto budować stadiony

Stadion jest areną wydarzeń sportowych, ma przynosić korzyści rozwojowe dla młodzieży i osób pracujących związane ze sportem. Powinien także zachęcać do czynnego uprawiania sportu i udziału w imprezach sportowych - podnosić zdrowotność społeczeństwa.
Stadion Narodowy powinien zarabiać na siebie, ale, poprzez lokalizację i wielofunkcyjność, winien przynosić korzyści społeczeństwu całego kraju. Zadaszony stadion może być areną imprez masowych, koncertów, pokazów, targów i zjazdów. Dobrze promowane imprezy będą zachęcać mieszkańców miasta i kraju oraz gości zagranicznych do przyjazdu. Stadion, na którym organizacja imprez jest bezpieczna i nie zakłóca spokoju mieszkańcom, może stać się regularnym przystankiem na trasach wielkich grup muzycznych i artystycznych. SN będzie prezentował kraj na wydarzeniach międzynarodowych i zachęcał do przyjazdu do Polski - to promocja turystyczna kraju.

SN stanie się obiektem, który połączy turystycznie oba brzegi Wisły i będzie integralną częścią ścieżki turystycznej po mieście. Umiejscowienie SN nad rzeką wpłynie na zagospodarowanie brzegów Wisły obok stadionu. SN i jego otoczenie wymuszą poprawę komunikacji w mieście – drogowej, torowej i dla pieszych. SN jest szansą na skok cywilizacyjny dla dzielnic prawobrzeżnej Warszawy. Dzielnice się wzbogacą, podwyższy się jakość infrastruktury, druga linia metra połączy miasto ze stadionem, a miasto przyciągnie nowych inwestorów.

Budowa stadionu prowadzi do powstawania nowych miejsc pracy, aktywizuje bezrobotnych przy pracach związanych z Euro 2012 zarówno przed, jak i po mistrzostwach. Dzięki Euro 2012

powstają warsztaty wolontariatu dla młodzieży, która będzie pracować w czasie mistrzostw. Program, ma szansę kontynuacji niesienia pomocy przez zainteresowaną młodzież także w akcjach po roku 2012. Organizacja imprez towarzyszących piłkarskim ME zaktywizuje organizacje pozarządowe.

Zagadnienia te uwzględniono w ekonomicznej analizie rentowności projektu budowy stadionu.

5.2. Przychody i koszty eksploatacyjne

Koszty. W wyniku szacunków przyjęto, że roczne koszty operacyjne (stałe i zmienne), po roku 2012, będą równe 35 mln zł.

Przychody. W wyniku poniższych szacunków, roczne przychody wyniosą 97.2 mln zł.

10 letnia sprzedaż nazwy Stadionu Narodowego – 5 mln euro x 4,5[5] zł = 22,5 mln zł
5-letnia dzierżawa 90 lóż prywatnej firmie – 10 mln euro x 4,5 zł = 45 mln zł/5 = 9 mln zł rocznie
Około 20 imprez rocznie (koncertów, wystaw, spektakli, meczów) – 20 x 0,5 mln euro = 10 mln euro x 4,5 zł = 45 mln zł
Zwiedzanie stadionu – 200 tys. (osób/rok) x 8 euro = 1,6 mln euro x 4,5 zł = 7,2 mln zł
Wynajem sal konferencyjnych – 1 mln euro x 4,5 zł = 4,5 mln zł
Pozostałe dochody (reklamy, restauracje, sklepy) – 2 mln euro x 4,5 zł = 9 mln zł.
Dochody roczne oraz koszty zmienne w latach 2011 i 2012, z uwagi na niepełny rok eksploatacji oraz okres przed i po ME będą inne. W 2011 roku uda się zorganizować 5-6 imprez, a więc dochody zmniejszą się do ok. 35 mln zł. W roku 2012, w uwagi na organizację ME, dochody będą wyższe.

6. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wykazała, że zakończenie budowy Stadionu Narodowego jest możliwe w termie wyznaczonym przez UEFA. Skonstruowany z pomocą programu *MS Project* harmonogram projektu udowodnił, że przydzielanie dodatkowych pracowników do prac całodobowych (optymalizacja czasowa), w warunkach rzeczywistych, zwiększy koszty budowy o nie więcej niż 2%. Próg rentowności dla budowy SN zostanie osiągnięty po 26 latach, przy stopie dyskonta 5%. Finansowanie budowy 30 letnim kredytem przesunie próg rentowności o ponad 80%.

Uwzględnienie korzyści społecznych spowoduje, że próg rentowności budowy SN wyniesie poniżej 20 lat. Inwestycje pro-społeczne, takie jak budowy Stadionu Narodowego, mimo wysokich kosztów finansowych, mogą ekonomicznie rekompensować i przewyższać poniesione nakłady. Stadion Narodowy może być początkiem zmian, stać się ważnym elementem budowy społeczeństwa obywatelskiego i rozwoju miasta i kraju.

Literatura

A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, 3rd ed. 2004
Bereska B., *Encyklopedia zarządzania*, http://mfiles.pl/pl/index.php/Wykres_Gantta (17.12.2008)
Chatfield, C.S., Johnson T.D.: *Microsoft Project 2002; Krok po kroku. Read Me*, 2003

[5] Obliczenia wykonywano w styczniu 2009 r.

Cichocki K.S.: *Materiały do wykładów i laboratorium: Zarządzanie projektami, MS Project*; na podstawie kilku projektów przygotowanych do finansowania z UE, Warszawa, 2008
Cichocki K., *Analiza finansowa i ekonomiczna projektu. Budowa kanalizacji w Budach Głogowskich oraz modernizacja oczyszczalni ścieków - przetwarzanie osadów ściekowych metodą ORTWED,* IBS PAN, RB/ 35/2008, Warszawa
Grzyb R., *28 mld zł mniej na inwestycje związane z Euro 2012*, gazeta prawna, biznes (18.04.2008)
Internet 1., http://www.zw.com.pl/temat/48_Stadion_Narodowy.html/
Internet 2., http://www.stat.gov.pl/
MS Project 2003 Standard PL, Praca zbiorowa, Wydawnictwo CSS EDUSOFT
E. Neufert, *Podręcznik projektowania architektoniczno-budowlanego*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1980
Roszkowski H., A. Wiatrak, *Zarządzanie projektem*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2005
Sitnik M, *Optymalizacja zasobów harmonogramu budowy Stadionu Narodowego oraz analiza finansowa obiektu przy użyciu narzędzi informatycznych*, praca dyplomowa, PJWSTK, Warszawa, 02 2009.