

ANALIZA ZAKŁÓCEŃ PROCESÓW BUDOWLANYCH

Joanna DRZEWIECKA*, Jerzy PASŁAWSKI

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań

Streszczenie: W analizie skutków zakłóceń mogących wystąpić w trakcie realizacji przedsięwzięcia budowlanego szczególną uwagę poświęcić należy nie tylko zakłóceniom procesów budowlanych, lecz także zakłóceniom dostaw materiałów na budowę. Na dwóch przykładach: budowy Trasy Mostu Północnego w Warszawie (kluczowe zakłócenie: wysoki stan wody rzeki Wisły) oraz wykonania sieci wodociągowej w terenie wiejskim (główny czynnik zakłócający: wysokie zwierciadło wody gruntowej), omówiono zakłócenia realizacji przedsięwzięcia, które znacznie skomplikowały wykonanie zadania, wydłużyły czas jego realizacji i zwiększyły koszty inwestycji. Zaproponowano działania umożliwiające ograniczenie wpływu zakłóceń na realizację procesów budowlanych poprzez wprowadzenie elastycznych strategii działania.

Słowa kluczowe: zakłócenia, dystrybucja, materiały budowlane, elastyczność, dostawy.

1. Wstęp

Zakłócenia występujące w trakcie realizacji przedsięwzięcia budowlanego związane są ściśle ze specyfiką branży budowlanej, polegającej na wysokim ryzyku na poziomie operacyjnym (Zavadskas i in., 2010). Prace budowlane są pracami o dużej wrażliwości na zmieniające się warunki otoczenia w tym warunki atmosferyczne. Dodatkowo powodzenie prowadzonych prac oraz osiągnięcie właściwego celu we właściwym miejscu i czasie przy właściwej cenie i jakości produktu związane jest z odpowiednią i niezawodną współpracą pomiędzy wieloma udziałowcami, która to współpraca bywa często niełatwą do skoordynowania.

Specyfika branży budowlanej narzuca stosowanie rozwiązań oraz przewidywanie sytuacji uwzględniających czynniki takie jak czynnik ludzki (jako element ryzyka wewnętrznego), czy czynnik oddziaływania otoczenia na przebieg procesu (np. pogoda jako przykład ryzyka zewnętrznego). Czynniki niezależne od człowieka są często bardzo trudne do przewidzenia i wymagają wieloletnich obserwacji. Aby jak najlepiej przygotować się na każdą ewentualność już na etapie planowania należy opracować scenariusze warunków realizacji: realistyczny, optymistyczny i pesymistyczny danego przedsięwzięcia, aby móc szybciej i sprawniej zareagować w sytuacjach odbiegających od normy.

Jednym z najważniejszych procesów składowych

podczas realizacji przedsięwzięcia budowlanego jest sprawne zaopatrzenie w materiały budowlane. Typowe zakłócenia generować mogą utrudnienia (do wstrzymania realizacji) w przebiegu procesów na budowie doprowadzając do konieczności dłuższego magazynowania lub/i natychmiastowej dostawy niezbędnej do realizacji robót zastępczych (Walsh i in., 2004). Także strategia dostaw (np. wybór dostawcy o długim i niepewnym czasie realizacji zamówienia) może generować bezpośrednie zakłócenia zaopatrzenia w materiały na budowie. W związku z tym konieczna jest analiza całej ścieżki produktu od producenta poprzez pośredników do odbiorcy ze szczególnym uwzględnieniem możliwych miejsc krytycznych w których mogą pojawić się zakłócenia. Zastosowanie dystrybucji bezpośredniej lub pośredniej będzie wynikało z przewidywanej możliwości zakłóceń generowanych przez dostawcę oraz wrażliwości realizowanych procesów na te zakłócenia.

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie roli ryzyka zakłóceń w zarządzaniu produkcją budowlaną na poziomie operacyjnym ze szczególnym uwzględnieniem problemu sprawnego zaopatrzenia w materiały budowlane oraz wskazanie odpowiedniej metody postępowania. Realizując ten cel przedstawiono definicję zakłócenia oraz dokonano ich klasyfikacji, a także omówiono przykłady wpływu zakłóceń na przebieg procesów budowlanych.

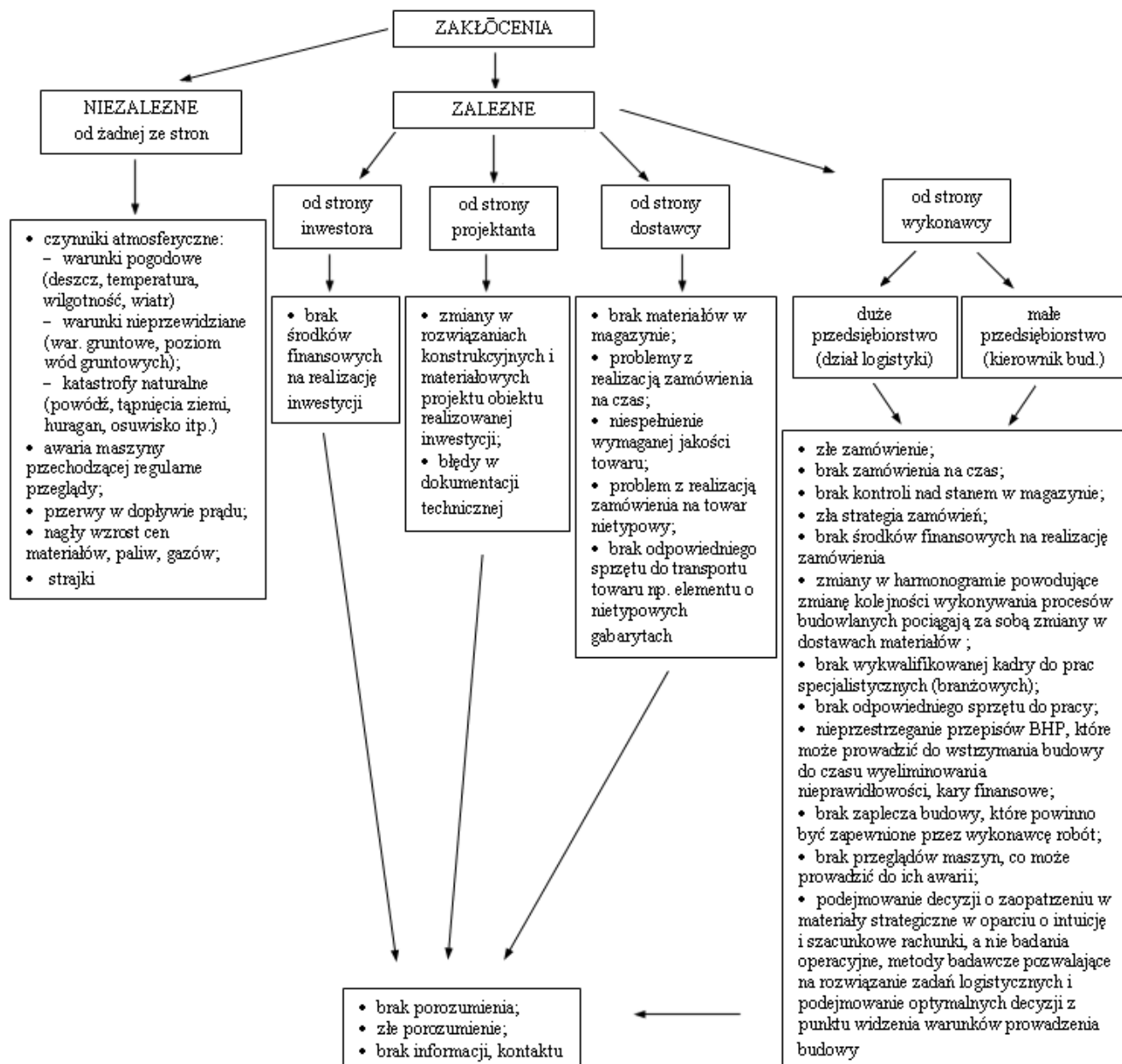
* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: joanna-drzewiecka@wp.pl

2. Klasyfikacja zakłóceń

Zakłócenie można zdefiniować (Gehbauer i in., 2007) jako niespodziewane zjawisko powodujące przerwanie lub co najmniej opóźnienie wykonania zadań. Istnieją różne sposoby klasyfikacji zakłóceń. Jednym z nich jest podział na trzy grupy czynników: wejścia (na przykład praca ludzka, materiał), środowiska wewnętrznego (między innymi Zarządzanie i nadzór) oraz wyjścia (na przykład produkty), na które oddziałują czynniki zewnętrzne (między innymi pogoda, warunki finansowe, związki zawodowe) generujące zakłócenia. W literaturze

znacznie częściej analizowane są opóźnienia rozumiane jako typowe skutki zakłóceń (Leśniak, 2010). Poniżej przedstawiono klasyfikację zakłóceń ze względu na stronę odpowiedzialną za ich wystąpienie oraz ze względu na ich znaczenie dla pomyślnej realizacji zadania (rys. 1).

Jak widać istotne znaczenie dla wykonawcy mają kwestie związane z opracowaniem strategii zaopatrzenia w materiały i odpowiadające im problemy po stronie dostawcy. Nie bez znaczenia w trakcie realizacji przedsięwzięcia budowlanego jest czynnik ludzki, który stanowić może przyczynę wielu zakłóceń (Leśniak i Plebankiewicz, 2009).



Rys. 1. Klasyfikacja zakłóceń ze względu na stronę odpowiedzialną za ich wystąpienie. Opracowanie własne na podstawie (Sobotka, 2010)

3. Przyczyny i skutki zakłóceń

Poza nielicznymi wyjątkami wszystkie zakłócenia procesów budowlanych powodują dodatkowe koszty i generują kolejne problemy, takie jak: zakłócenia zaopatrzenia w materiały budowlane, opóźnienia, wstrzymanie robót, zmiany zakresu prac, roboty poprawkowe i dodatkowe itp., co ilustruje rysunek 2.

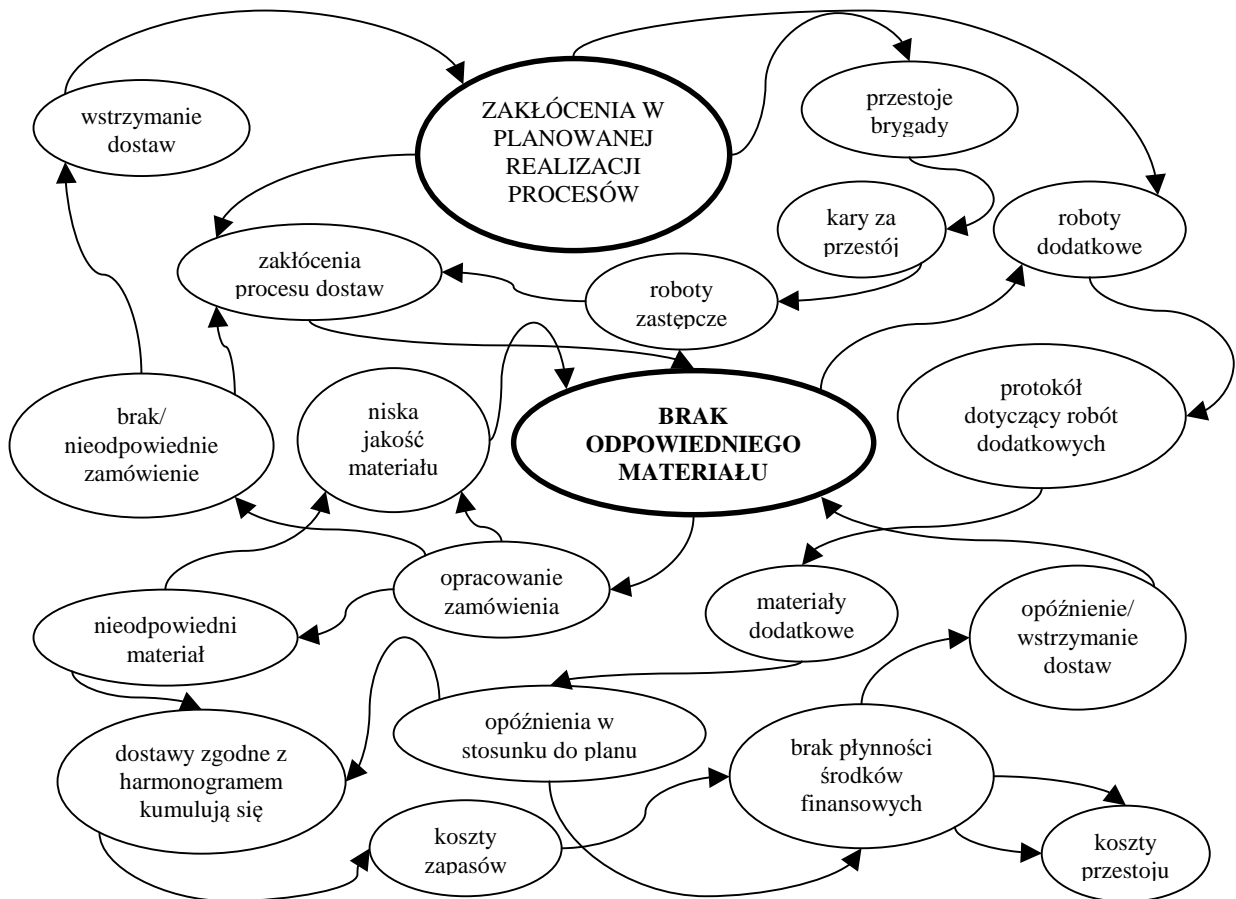
Nie tylko zakłócenia procesów budowlanych generują zakłócenia zaopatrzenia w materiały budowlane, lecz także przyjęta strategia logistyczna może powodować zakłócenia realizacji procesów na budowie. Przykładowo przy realizacji dużego kompleksu basenów sportowo-rekreacyjnych przyjęcie strategii zaopatrzenia w płytki ceramiczne z Włoch (czas realizacji dostawy około 4 tygodni) spowodowało ciągłe zakłócenia pracy większości procesów budowlanych. Zakłócenie polegające na braku odpowiedniego materiału powoduje kolejne zakłócenia (na przykład konieczność dostawy materiałów umożliwiających realizację robót zastępczych, itp.).

4. Analiza przykładów: budowa mostu i sieci wodociągowej

Aby zilustrować wpływ zakłóceń za przebieg procesów budowlanych przeanalizowano dwa przypadki: budowę Trasy Mostu Północnego w Warszawie oraz budowę sieci wodociągowej na terenie wiejskim w Wielkopolsce. W obu przypadkach warunki zewnętrzne związane z pogodą spowodowały bardzo istotne zmiany w przebiegu planowanych procesów budowlanych, które wymagały także zmiany harmonogramu dostaw materiałów.

4.1. Budowa trasy i mostu

Zjawiskiem zakłócającym podczas budowy trasy i mostu Północnego w Warszawie był wysoki stan wody na rzece Wiśle – rzędna korony zastosowanej ścianki szczelnej nabrzeży tymczasowych oraz grodzy do wykonania fundamentów podpór znajdujących się w nurcie rzeki (P40 i P50) znajdowała się na poziomie około 390 cm na wodowskazie Warszawa-Port. Przy uwzględnieniu



Rys. 2. Schemat przyczyn i skutków braku odpowiedniego materiału

średniego stanu Wisły w Warszawie – 232 cm na tym wodowskazię dawało to prawie 160 cm „rezerwy”, tymczasem podczas budowy (lata 2009-2010) stan ten był wielokrotnie przekraczany, co skutkowało następującymi kluczowymi konsekwencjami:

1. 01.03 – 11.03.2010 maksymalny stan wody w tym okresie – 505 cm; przerwa w pracach:

- podpora P40: opóźnienie wykonania próbnego obciążenia statycznego pali;
- podpora P50: opóźnienie wykopów zasypu grodzy oraz montażu I-ego etapu rozparcia grodzy.

2. 19.05 – 17.06.2010 maksymalny stan wody w tym okresie – 778 cm;

ewakuacja całego sprzętu pływającego do portu Żerań (strata czasu, paliwa i pieniędzy za postój) przerwa w pracach:

- podpora P40: usuwanie podwodne urobku z grodzy P40, po przejściu wysokiej wody w grodzy przybyło około 1700 m³ piasku – który ponownie trzeba było wybrać;
- podpora P50: przerwanie zbrojenia ławy fundamentowej o wymiarach 15,6 × 43,8 × 3,5 m, stopień zaawansowania prac – około 75% (200-250 t stali).

W okresie 16.06 – 29.07.2010 usuwanie piasku (ponad 2000 m³) oraz całego zbrojenia (nie nadaje się do dalszego użytku) i zbrojenie od nowa całej ławy fundamentowej. Ogromne straty.

Przerwa w pracach przy podporach P20, P30, P60, P70, P80.

3. 01.08 – 07.08.2010 maksymalny stan wody w tym okresie 577 cm; przerwa w pracach:

- podpora P40: wykopy podwodne w grodzy;
- podpora P50: deskowanie filarów.

4. 04.09 – 20.09.2010 maksymalny stan wody w tym okresie nieznany (co najmniej 653 cm);

ewakuacja części sprzętu do portu Żerań. przerwa w pracach:

- podpora P40: przerwa technologiczna – dojrzewanie betonu korka;
- podpora P50: przerwa w deskowaniu i zbrojeniu filarów, konieczność rozdeskowania prawie gotowego do betonowania filara w obawie przed zniszczeniem szalunków drewnianych

Przerwa w wykonywaniu tymczasowych umocnień brzegowych po stronie wschodniej i zachodniej.

4.2. Budowa sieci wodociągowej

W przypadku wykonywania sieci wodociągowej w terenie wiejskim (Gulik, 2010) czynnikiem zakłócającym okazał się wysoki stan wody gruntowej. Z analizy dostępnych materiałów wynikało, że w podłożu znajdują się grunty o zróżnicowanych parametrach geotechnicznych – częściowo poniżej poziomu zwierciadła wód gruntowych mogą mieć charakter gruntów kurzawkowych. Po upływie około 80% planowego czasu realizacji, gdy zaawansowanie zadania wynosiło około 73% (około 14 tysięcy mb rurociągu) inspektor nadzoru wstrzymał

budowę z uwagi na zbyt wysoki poziom wód gruntowych, gdyż kontynuacja robót mogła prowadzić do:

- niebezpieczeństwa dla pracowników i sprzętu;
- wadliwego ułożenia rurociągu;
- zanieczyszczenia rurociągu.

Z uwagi na ryzyko utraty dofinansowania ze środków UE w przypadku nie ukończenia zadania (75% dofinansowania) podjęto decyzję o: (1) wydłużeniu terminu realizacji (około 50%) (2) robotach dodatkowych (około 20% ogółu kosztów). Wiązało się to ze zmianami technologii realizacji (odwadnianie gruntu igłofiltrami oraz dociążenie rurociągu w trakcie montażu i wykonanie obсыпки piaskowej).

Przedstawione przykłady ilustrują sytuację, w której występujące zakłócenia procesów generowały zmiany harmonogramu dostaw (łącznie z dodatkowymi zamówieniami wynikającymi z konieczności rozbiórki i ponownego wykonania). W drugim z omawianych przypadków w kryzysowej sytuacji zastosowano opcję technologiczną umożliwiającą kontynuację robót pomimo utrudnień, co również wymagało zmiany harmonogramu dostaw. Można także wskazać sytuacje, kiedy przyjęta strategia zaopatrzenia generuje zakłócenia procesów (np. sygnalizowana wcześniej budowa zespołu basenów sportowo-rekreacyjnych z dostawą ceramiki z Włoch przy typowym długim i niepewnym czasie realizacji zamówienia – dobór poszczególnych asortymentów płytek wymagał stopniowej akceptacji architekta). W każdym z omawianych przypadków wprowadzenie opcji elastycznych dostaw (zarówno wariantowanie opcji dostaw u tego samego dostawcy, jak i wprowadzenie alternatywnych dostawców) stanowi szansę na ograniczenie skutków zakłóceń generujących wzrost kosztów materiałów (przy uwzględnieniu kosztów transportu, itp.), których udział w całości kosztów może dochodzić do 70% całości kosztów realizacji (Sobotka i Czarnigowska, 2005). Wprowadzenie elastyczności w zakresie dostaw jest jednym z trzech podstawowych wariantów wprowadzenia elastyczności (obok elastyczności wytwarzania, bazującej na elastyczności procesów (Paślowski, 2010) oraz elastyczności popytu, mającej na celu dostosowanie do wymagań klienta).

Wprowadzenie elastyczności na etapie planowania można wspomagać poprzez symulacje przebiegu realizacji dla różnych scenariuszy (realistycznego, optymistycznego i pesymistycznego) wykorzystujących różne strategie elastyczności (szacowanie parytetów elastyczności czynnej i biernej). Na etapie realizacji przewidziano dwa zasadnicze działania: doraźne – monitoring otoczenia i procesów w toku umożliwiający realizację przyjętej strategii elastyczności dostaw oraz długofalowe – uczenie się na podstawie analizy zdarzeń z przeszłości.

5. Wnioski

Zakłócenia podczas realizacji procesów budowlanych są zjawiskiem typowym dla branży budowlanej ze względu na jej specyfikę, co uzasadnia działania mające na celu dostosowanie do dynamicznie

zmieniających się warunków. W odniesieniu do niektórych z nich (co ilustrują omawiane przypadki: poziom wody w rzece i poziom wód gruntowych) można na podstawie dłuższych obserwacji zbudować scenariusze przebiegu i starać się wybrać odpowiednie strategie i taktyki dostaw symulując ich realizację.

Wprowadzenie elastyczności dostaw materiałów budowlanych umożliwić może ograniczenie (także wyeliminowanie) skutków zakłóceń dzięki właściwemu doborowi różnych opcji (np. magazynowanie na budowie i dostawy JIT) w odpowiedzi na przewidywane/prognozowane zagrożenia. W odniesieniu do błędów ludzkich przewidywanie ich jest trudne, jednak można przygotować odpowiednie plany awaryjne.

Dalsze prace będą miały na celu analizę przypadków procesów budowlanych realizowanych w warunkach przewagi zakłóceń niezależnych i opracowanie odpowiednich elastycznych strategii logistycznych.

Literatura

- Gehbauer F., Zulch G., Ott M., Borkircher M. (2007). Simulation-based analysis of disturbances in construction operations. W: Proc. of the 15th Annual Conference, International Group for Lean Construction (IGLC), Michigan, 571-579.
- Gulik J. (2010). Analiza przebiegu procesu inwestycyjnego – przykład gminy Grodzisk Wielkopolski. Praca magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań.
- Leśniak A. (2010). Skąd się biorą opóźnienia? *Builder*, 1/2010, 24-25.
- Leśniak A., Plebankiewicz A. (2010). Opóźnienia w robotach budowlanych. *Zeszyty Naukowe WSOWL*, 3/2010, 332-339.
- Pasławski J. (2010). Risk management using flexibility in construction engineering. W: Proc. of the 10th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques (Ed. Vainius P. and Zavadskas

E. K.), Vol. I, 489-492.

- Walsh K. D., Hershauer J. C., Tommelein I. D., Walsh T. A. (2004). Strategic positioning of inventory to match demand in a capital projects supply chain. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 130, No. 6, 818-826.
- Sobotka A. (2010). Logistyka przedsiębiorstw i przedsięwzięć budowlanych. *Wydawnictwo AGH*, Kraków, 63-64.
- Sobotka A., Czarnigowska A. (2005) Analysis of supply system models for planning construction project logistics. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 11, No. 1, 73-82.
- Zavadskas E. K., Turskis Z., Tamosaitiene J. (2010). Risk assessment of construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 16, No. 1, 33-46.

INTERFERENCE ANALYSIS OF CONSTRUCTION PROCESSES

Abstract: In analysis of distortion causes that might arise during the implementation of a construction project, particular attention should be given to disruption of supply of material on the site. For two examples: building Trails North Bridge in Warsaw – Key Upset high water of the Vistula River and the execution of water supply in rural area – a major factor interfering: high ground water level) are discussed distortions of the project, which greatly complicated the work of the execution of tasks, lengthen turnaround time and increased investment costs. It proposes actions to reduce the impact of disturbances on the implementation of the construction process through the introduction of flexible logistics strategies.

Autorzy wyrażają podziękowanie za sfinansowane opisanych badań z funduszu Działalności Statutowej Instytutu Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej