

Uszkodzenia wyprawy tynkarskiej jako następstwa błędów projektowych i wykonawczych

Mgr inż. Tomasz Majewski, dr hab. inż. Maciej Niedostatkiwicz, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

1. Wprowadzenie

Konieczność szybkiego tempa realizacji inwestycji budowlanych pociąga za sobą możliwość powstawania niedociągnięć i niedoskonałości, zarówno na etapie przygotowywania dokumentacji projektowej, jak również bezpośredniego wykonawstwa robót budowlanych. Wynikiem popełnionych błędów może być powstanie zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji, jak również bezpieczeństwa użytkownika, a sam obiekt może kwalifikować się do uznania go jako znajdującego się w stanie przedawaryjnym zagrażającym powstaniu awarii budowlanej. Przypadkiem skrajnym jest inicjacja katastrofy budowlanej, w wyniku popełnionych błędów projektowych, wykonawczych lub, co jest w praktyce najczęściej spotykanym przypadkiem, w wyniku wystąpienia obu rodzajów błędów jednocześnie. Należy zauważyć, że usuwanie skutków i następstw powstałych szkód,

zarówno w zakresie finansowym, jak również społecznym, niezależnie od ich zakresu jest bardzo skomplikowane. Dotyczy to w szczególności obiektów budowlanych, które oddane zostały do użytkownika, gdyż ich czasowe wyłączenie na okres prowadzenia prac remontowo-naprawczych generuje powstawanie znacznych utrudnień eksploatacyjnych oraz jest często bardzo kosztowne [1].

Celem artykułu jest przedstawienie negatywnego wpływu działań projektanta oraz wykonawcy, które doprowadziły do powstania uszkodzeń wyprawy tynkarskiej na stropach i ścianach podziemnego przejścia komunikacyjnego.

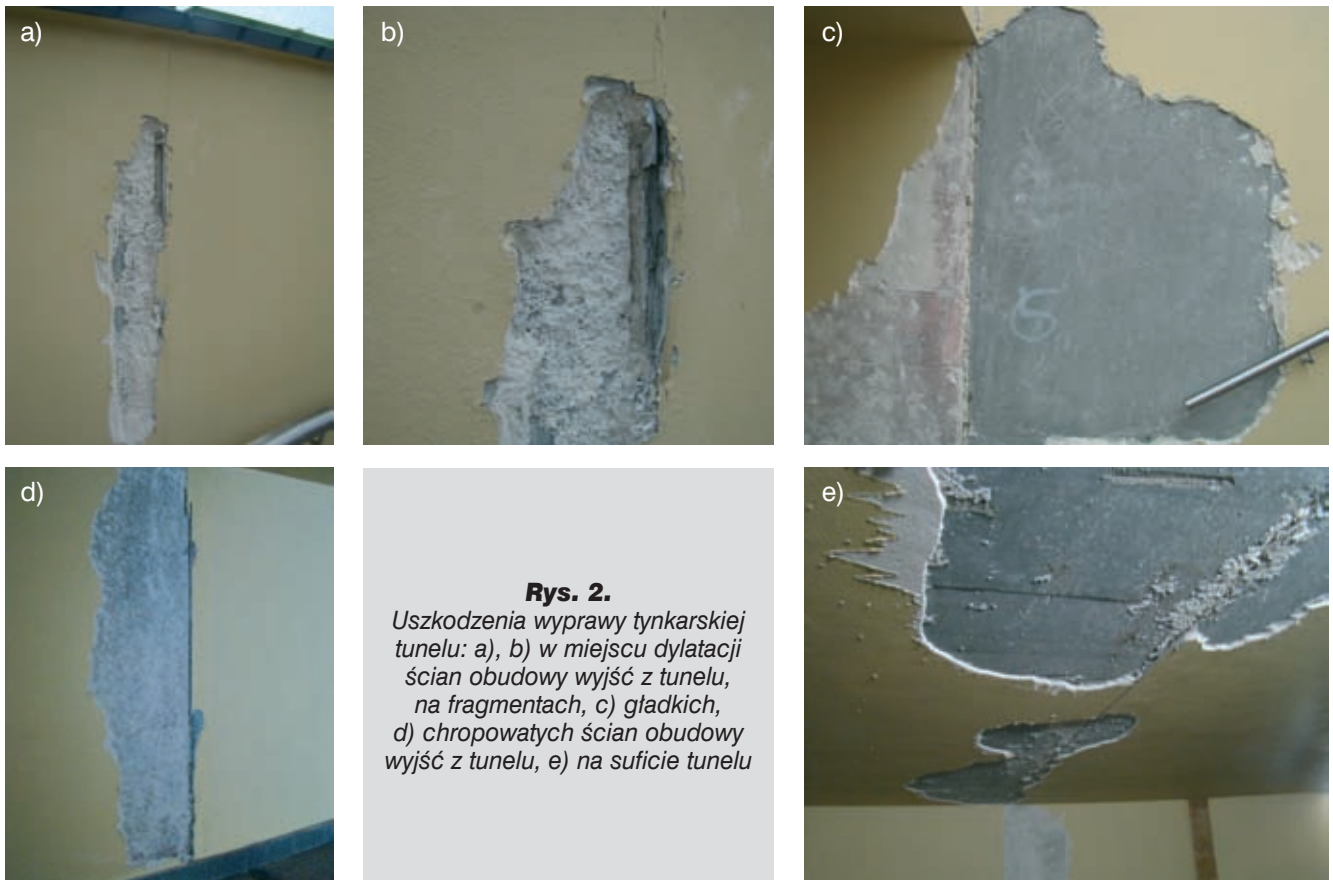
2. Dane ogólne

Przejście pod drogą komunikacyjną zaprojektowane zostało jako żelbetowy, monolityczny tunel podziemny,



Rys. 1.

Przejście podziemne pod drogą komunikacyjną wyjścia z tunelu: a) widok, b) zbliżenie, c) szczególnie oparcia przekrycia na ścianach obudowy wyjść z tunelu



Rys. 2.
Uszkodzenia wyprawy tynkarskiej tunelu: a), b) w miejscu dylatacji ścian obudowy wyjść z tunelu, na fragmentach, c) gładkich, d) chropowatych ścian obudowy wyjść z tunelu, e) na suficie tunelu

wyposażony w dojścia w postaci podjazdów (rys. 1). Tunel zaprojektowany i realizowany był w wykopie otwartym. Po zakończeniu budowy strop zasypano i ułożono na nim warstwy wykończeniowe drogi samochodowej. Po ok.6 miesiącach eksploatacji nastąpiło zdarzenie losowe polegające na lokalnym odspojeniu się wyprawy tynkarskiej od przekrycia (sufitu) tunelu. W wyniku zdarzenia losowego nikt z przechodniów nie doznał trwałego uszczerbku na zdrowiu. W ramach działań zabezpieczających wykonano przegląd stanu technicznego wypraw tynkarskich wykonanych na ścianach i suficie tunelu oraz na ścianach pionowych obudowy wyjść z tunelu – usunięto fragmenty tynku, które uległy odspojeniu od podłoża. Na podstawie, przeprowadzonej zaraz po zdarzeniu, oceny makroskopowej pozostałych fragmentów tynku, stwierdzono brak widocznych znamion świadczących o przekroczeniu warunków normowych *Stanu Granicznego Nośności (SGN)* oraz *Stanu Granicznego Użytkowania (SGU)* w elementach konstrukcyjnych tunelu np. ponadnormatywnego ugięcia lub zarysowania.

3. Opis uszkodzeń wypraw tynkarskich

Na ścianach obudowy wyjść z tunelu stwierdzono uszkodzenia tynku w miejscu dylatacji pionowych (rys. 2a, b). W linii dylatacji zlokalizowane były miejsca łączenia okapników kamiennych stanowiących zwieńczenie ścian obudowy. Uszkodzenia tynku występowały głównie

na powierzchni, gdzie beton był zatarty na gładko (rys. 2c). W tunelu uszkodzenia występowały zarówno w poziomie sufitu, jak również na ścianach (rys. 2d, e). Odspojenia tynku miały miejsce zarówno na powierzchni gładkiej, jak również na powierzchni o zwiększonej chropowatości (zagruntowanej).

4. Analiza przyczyn uszkodzeń wypraw tynkarskich

Należy zauważyć, że sam zamysł wykonania warstwy fakturowej z tynku cementowo-wapiennego na powierzchni elementów żelbetonowych zrealizowanych z betonu o wytrzymałości wyższej niż C25/30 był rozwiązaniem niedoskonałym ze względu na różnice w odkształcalności obu materiałów (betonu oraz tynku). W przypadku betonów wyższych klas stosowanie tradycyjnych wypraw tynkarskich (cementowo-wapiennych niskich klas) nie jest wskazane z uwagi na ich mniejszą przyczepność do podłoża i konieczność wykonywania dodatkowych zabiegów zwiększających przyczepność do podłoża np. przez jego uszorstnienie i gruntowanie. W tym przypadku podłoże betonowe dla tynków klasycznych traktowane jest w literaturze technicznej jako tzw. *podłoże trudne* [1-4]. W analizowanym przypadku dokumentacja projektowa przewidywała realizację tunelu z betonu klasy C30/37. Konstrukcja tunelu wykonywana była w systemowych szalunkach, a w trakcie betonowania stosowano środki antyadhezyjne. Tym samym powierzchnia betonu była gładka i zatłuszczona.



Rys. 3. Wynik zwilżania powierzchni (tzw. testu wody) na powierzchni elementów betonowych, z których odpadła wyprawa tynkarska: a) przekrycie (sufit), b) ściana tunelu oraz c) ściana pionowa obudowy wyjścia z tunelu (błyszcząca powierzchnia świadczy o występowaniu na powierzchni betonu warstwy hydrofobowej)

Na podstawie ogólnodostępnej literatury technicznej [1-11] można stwierdzić, że wraz ze wzrostem wytrzymałości betonu na ściskanie i przy wysokiej gładkości powierzchni spada przyczepność tynku do podłoża. Sytuacja ta spowodowana jest wysoką szczelnością matrycy cementowej oraz gładkością powierzchni betonu [1, 4].

Przygotowanie betonowego podłoża do tynkowania, jego równość, gładkość, przyczepność oraz sztywność mają zasadnicze znaczenie dla poprawnego i trwałego wykonania tynków. Dodatkowo przy wyborze tynku należy zwrócić również uwagę na możliwość osłabienia przyczepności do podłoża w przypadku użycia za-

się stosowanie zasady tzw. *mocne tynki na mocne podłoża, słabe tynki na słabe podłoża* (powyższy zwrot jest określeniem technicznym, stosowanym powszechnie w literaturze technicznej [1, 3]).

W celu zwiększenia przyczepności tynku do podłoża betonowego zaleca się zwiększenie jego chropowatości np. przez zmycie wodą pod wysokim ciśnieniem (hydro-monitoring), piaskowanie, groszkowanie lub wykonanie dodatkowych bruzd na powierzchni betonu.

W przypadku zanieczyszczenia powierzchni betonu olejem lub środkiem antyadhezyjnym pochodzącym z szalunków należy ją oczyścić za pomocą piaskowania lub specjalnych preparatów odtłuszczających. Przed rozpoczęciem prac tynkarskich należy dokonać oceny przydatności podłoża do tynkowania np. *metodą zwilżenia* (tzw. *test wody*). Metoda ta polega na zwilżeniu powierzchni betonu wodą i jej obserwacji przez okres 2-5 minut. Gdy woda nie wsiąka, na powierzchni betonu pozostają krople wody i powierzchnia nie zmienia koloru oznacza to, że beton ma zwartą, szczelną powierzchnię lub pokryty jest środkiem antyadhezyjnym – taka powierzchnia, nie nadaje się do tynkowania. Tynki klasyczne, cementowo-wapienne mogą być wykonywane bez stosowania środków gruntujących na powierzchniach betonowych szorstkich, dobrze chłonących wodę, o wilgotności $\leq 2.5\%$ [1]. Tynki cienkowarstwowe wykonywać można na powierzchniach równych, dobrze chłonących wodę [1,3].

W przypadku tunelu tynki na powierzchni elementów żelbetowych wykonane zostały jako tynki maszynowe o średniej grubości 2,0 cm. Analiza struktury tynku wskazała, że zostały one zrealizowane z zastosowaniem różnych materiałów: w wykonanych odkrywkach widoczna jest zróżnicowana struktura tynku, odpowiadająca odpowiednio tynkowi cementowemu (o zwartej strukturze porów i ciemniejszej barwie), jak również tynkowi cementowo-wapiennemu (o mniej zwartej strukturze i jaśniejszej barwie). Szczegółowa analiza dokumentacji procesu inwestycyjnego wykazała, że wykonawca zastosował na budowie dwa rodzaje mieszanek tynkarskich: 1) przeznaczoną do wykonywania tynków zewnętrznych i wewnętrznych (o strukturze odpowiadającej tynkowi



Rys. 4. Zarysowania wyprawy tynkarskiej ścian tunelu – typowa morfologia rys wywołanych skurczem tynku

prawy o istotnie różnej rozszerzalności cieplnej w stosunku do podłoża. W takim przypadku między ścianą oraz tynkiem mogą powstawać naprężenia termiczne większe niż naprężenia przyczepności [1-2, 4]. Różnice w rozszerzalności tynku i podłoża są przyczyną efektu tzw. *odparzania się* tynku.

Istotnym problemem są również zjawiska towarzyszące migracji wilgoci przez przegrodę, powodujące zmianę objętości poszczególnych materiałów przegrody np. ich pęcznienie oraz skurcz. Z tego względu zaleca

cementowemu) oraz 2) przeznaczoną do wykonywania tylko i wyłącznie tynków wewnętrznych (o strukturze podobnej do tynku cementowo-wapiennego). Ustalono, że przed wykonaniem tynków, podłoże betonowe zostało zagruntowane, metodą ręcznego nanoszenia powłoki gruntującej pędzlem. Zastosowane rozwiązanie okazało się nieskuteczne i jeszcze w okresie trwania robót budowlanych, ze ścian i sufitu tunelu tynk się odspoił. W miejscach tych, po oczyszczeniu, na powierzchnie betonu nałożony został szpryc (podkład) cementowy pełniący rolę podłoża pod właściwy tynk cementowo-wapienny. Jednak i ten zabieg nie okazał się do końca skuteczny – odparzenia tynku występowały w miejscach naprawianych (gdzie podłoże było zgroszkowane), jak również w miejscach, które wcześniej nie wykazywały żadnych oznak rozwarstwienia.

W trakcie wizji lokalnych na obiekcie, w miejscach odspojonych tynków, wykonane zostały testy wody, które wykazały, że powierzchnia betonu nie przyjmuje wody, jest gładka i ma zwartą szczelną strukturę, miejscowo pokryta jest środkiem antyadhezyjnym (rys. 3). Tym samym przyczepność tynku do powierzchni była niewystarczająca, co było bezpośrednią przyczyną stwierdzonych uszkodzeń.

W czasie wizji lokalnych stwierdzono intensywne zarysowania tynku na ścianach tunelu. Morfologia rys wskazywała jednoznacznie, że są to rysy skurczowe (rys. 4). Szczeliny dylatacyjne, wykonane zostały w sposób bardzo niestaranny. Na długości dylatacji w wielu miejscach zaprawa całkowicie wypełniała szczelinę, zakrywając materiał trwale plastyczny. W kilku miejscach stwierdzono brak tego materiału w szczelinie, w zamian którego zastosowano zaprawę. W konsekwencji doprowadziło to do uszkodzeń tynku i krawędzi dylatacji, nastąpiło jego lokalne ścięcie wzdłuż części dylatacji pionowych.

Dach tunelu wykonany został w formie krzywoliniowego, łukowego przekrycia bez rynien i rur spustowych (rys. 1a, b). Woda opadowa spływa z dachu bezpośrednio na kamienną okładzinę murów obudowy zejścia do tuneli (rys. 1c). Woda spływała na okapniki kamienne i penetrowała w dół poprzez nieszczelności w miejscu styku kamiennych okapników, powodując powstawanie usterek wypraw tynkarskich, co jest rozwiązaniem niewłaściwym ze względu na trwałość konstrukcji tunelu i wypraw tynkarskich. Rozwiązaniem właściwym byłoby zakończenie przekrycia w postaci okapu (przewieszenia) i zastosowanie rynien i rur spustowych.

Należy również zauważyć, że pomimo ewidentnych niedociągnięć projektowych oraz błędów wykonawczych również harmonogram prowadzenia inwestycji miał wpływ na zakres uszkodzeń wypraw tynkarskich. Realizacja prac w okresie jesienno-zimowym pociągała za sobą konieczność ich prowadzenia w okresie obniżonych temperatur. Gdyby jednak prace tynkarskie prowadzone byłyby w okresie letnim, to z dużym prawdopodobieństwem wyprawy tynkarskie uległyby również odparzeniu (odspojeniu od podłoża) podczas eksploatacji, z uwagi

na wykonanie ich na nieodpowiednio przygotowanym lub wręcz nieprzygotowanym podłożu.

Wyniki pomiarów wilgotności wykonane w trakcie wizji lokalnych, pokazały, że wilgotność masowa tynków U_m [%] wahała się od 1,3% do 1,6%, co oznacza że tynki znajdowały się w stanie suchym ($U_m \leq 1,5$) i wilgotnym ($1,5 < U_m \leq 3$).

Wyniki badań sklerometrycznych wykazały bardzo dobrą i dobrą jednorodność betonu (podłoża) wbudowanego w konstrukcję tunelu.

Wyniki badań pull-off odnoszące się do badań wykonanych w obszarze tunelu pokazały, że przyczepność tynku do podłoża w wytypowanych punktach pomiarowych (miejscach nieuszkodzonych) jest większa niż wartość graniczna 0,025 MPa określona w [13] (rys. 5).

5. Koncepcja naprawy występujących uszkodzeń

Zakres zaproponowanych prac naprawczych obejmował:

- ze względów ekonomicznych i przy uwzględnieniu zakresu występujących uszkodzeń zalecono odtworzenie



Mechanizm zniszczenia: 100% w tynku
Naprężenie niszczące: 0,056 MPa



Mechanizm zniszczenia: 100% w tynku
Naprężenie niszczące: 0,166 MPa



Mechanizm zniszczenia: 100% w tynku
Naprężenie niszczące: 0,172 MPa

Rys. 5. Wyniki badań pull-off – widok miejsca wykonania testu oraz próbka po zniszczeniu: a) ściana pionowa obudowy wyjścia z tunelu, b) ściana pionowa tunelu, c) przekrycie (suffit) tunelu

uszkodzonych wypraw tynkarskich. W miejscach uszkodzonych podłoże betonowe należało przygotować przez jego schropowacenie z zastosowaniem mechanicznych szczotek stalowych, a tynki odtworzyć jako maszynowe stosując gotowe suche konfekcjonowane mieszanki tynkarskie (tynki cementowo-wapienne) z dodatkiem polimerów. Szczególną uwagę należało zwrócić na konieczność zapewnienia pokrywania się linii dylatacji w elementach konstrukcyjnych i wyprawie tynkarskiej. Szczeliny dylatacyjne, zarówno pionowe jak również poziome powinny być wypełnione materiałem trwale plastycznym na całej wysokości;

- przed przystąpieniem do usuwania uszkodzeń wypraw tynkarskich zalecono usunięcie usterek przekryć ścian pionowych obudowy wyjść z tunelu – uzupełnienie brakującego wypełniania z materiału trwale plastycznego pomiędzy elementami okapników kamiennych;
- w przypadku stwierdzenia, w ramach prowadzonej kontroli związanej z obsługą techniczną obiektu ponownego, odspojenia wypraw tynkarskich na sumarycznej powierzchni min. 40% powierzchni ścian i sufitów należało podjąć działania mające na celu całkowite usunięcie wypraw tynkarskich, zwiększenie chropowatości powierzchni betonowych, np. metodą śrutowania, a po oczyszczeniu powierzchni elementów żelbetowych z resztek wypraw tynkarskich zabezpieczenie ich warstwą wyprawy szpachlarskiej typu PCC na bazie mikrokrzemionki modyfikowanej polimerami oraz docelowe wykonanie ochronnych powłok malarskich w celu ograniczenia i likwidacji występowania zjawiska przyspieszonej karbonatyzacji powierzchni betonowych ze względu na naruszoną strukturę porów i kapilarów. Wprowadzenie zmian wizualnych w obszarze ścian i przekrycia (sufitu) tunelu oraz ścian pionowych obudowy wyjść z tunelu – pozostawienie ścian i sufitu w formie tzw. architektury surowego betonu było działaniem docelowym, zapewniającym z dużym prawdopodobieństwem, w zakresie warstw wykończeniowych, bezusterkową eksploatację tunelu.

6. Podsumowanie

Bezpośrednią przyczyną uszkodzeń wypraw tynkarskich było wykonanie grubowarstwowych okładzin z maszynowego tynku cementowo-wapiennego na tzw. trudnej powierzchni. Powierzchnia betonu nie została

odpowiednio przygotowana do tynkowania. Beton miał zwartą strukturę, jego powierzchnia zewnętrzna była gładka i zatłuszczona pozostałościami po środkach antyadhezyjnych, a realizacja wypraw tynkarskich w okresie obniżonych temperatur dodatkowo negatywnie przyczyniła się do zmniejszenia przyczepności tynku do betonu. Podejmowane już na etapie realizacji wypraw tynkarskich próby usunięcia występujących usterek (odspojenia tynków) poprzez ich skucie, schropowacenie powierzchni oraz ponowne wykonanie okazały się nieskuteczne. Niestaranne i lokalnie błędne wypełnienie szczelin dylatacyjnych (zaprawą zamiast kitem trwaleplastycznym) przyczyniło się do rozszerzenia uszkodzeń wypraw tynkarskich, podobnie jak zamakanie dylatacyjnych szczelin pionowych w miejscu nieciągłości okapników kamiennych ścian obudowy wyjść z tunelu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Czarniecki L., Courard L., Garbacz A., Ocena skuteczności napraw – wpływ jakości podkładu betonowego. *Inżynieria i Budownictwo*, 12, 2007
- [2] Garbacz A., Courard L., Kostana K., Characterization of concrete surface roughness and its relation to adhesion in repair systems. *Materials Characterization*, 56, 2006
- [3] Garbacz A., Courard L., Piotrowski T., Znaczenie inżynierii powierzchni w naprawach betonu. Współczesne metody naprawy w obiektach budowlanych (pod redakcją Kamiński M., Jasiczak J., Buczkowski W., Błaszczkowski T.), Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2009
- [4] Jasiczak J., Siewczyńska M., Przyczepność powłok ochronnych do ścian zbiorników betonowych o zróżnicowanym stopniu oczyszczenia powierzchni, Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych (ed. M. Kamiński, J. Jasiczak, W. Buczkowski, T. Błaszczkowski), Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2007
- [5] Neville A.M., Właściwości betonu, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków, 2012
- [6] Gaczek M., Fiszer S., ABC tynków cz.1: funkcje i klasyfikacja, *Kalejdoskop Budowlany*, 34-35, 1/2002
- [7] Gaczek M., Fiszer S., ABC tynków cz.2: tynki zwykłe – zastosowanie, *Kalejdoskop Budowlany*, 26-29, 2/2002
- [8] Gaczek M., Fiszer S.: ABC tynków cz.3: tynki zwykłe – wykonanie, *Kalejdoskop Budowlany*, 22-25, 3/2002
- [9] Gaczek M., Fiszer S., Wyprawy tynkarskie, Izolacje, 44-48, 3/2002
- [10] Żenczykowski W., *Budownictwo ogólne t. 1 Materiały i wyroby budowlane*, Arkady, Warszawa 1992
- [11] Martinek W., Nabi I., *Murarstwo i tynkarstwo. Technologia. Roboty murarskie*, WSIP, Warszawa, 2010
- [12] Szymański E., *Murarstwo i tynkarstwo. Technologia. Materiały*, WSIP, Warszawa, 2010
- [13] PN-B-10100:1970 Roboty tynkowe. Tynki zwykłe. Wymagania i badania przy odbiorze

ZJAZD MŁODEJ KADRY PZITB, Warszawa 23-26 października 2014 r. Konferencja KMK PZITB „FILOZOFIA SUKCESU”

- Otwarcie Konferencji – Wiktor Piwkowski – Sekretarz Generalny PZITB
- Roman Wieczorek – wiceprezydent SKANSKA A.B.
- Dorota Raben – prezes Zarządu Morskiego Portu Gdańsk S.A.
- Dariusz Blocher – prezes zarządu BUDIMEX S.A.
- Sławomir Muturi – właściciel firmy MZURI
- Paweł Gulak – główny technolog PERI POLSKA

- Innowacje w budownictwie
- Prezentacja budowy Warsaw Spire – kierownik budowy Krzysztof Owczarczyk
- Prezentacja budowy Metra – technologie innowacyjne MAPEI

Zgłoszenia i pytania prosimy kierować do Koła Młodych PZITB Oddział Warszawa w terminie do 30 września 2014 r. na adres e-mail: milanowski.krzysztof@gmail.com