

# Rusztowanie do transportu zbiorników do budynku maszynowni w Elektrowni Turów

Kapituła VII Edycji konkursu „Rusztowanie Roku” organizowanego przez Polską Izbę Gospodarczą Rusztowań przyznała nagrodę – I miejsce ex aequo „Złotego Kuplunga” firmie Multiserwis Sp. z o.o. za rusztowanie do transportu zbiorników do budynku maszynowni w Elektrowni Turów.

Dr inż. Piotr Kmiecik, Multiserwis Sp. z o.o., Oddział Rusztowania przemysłowe

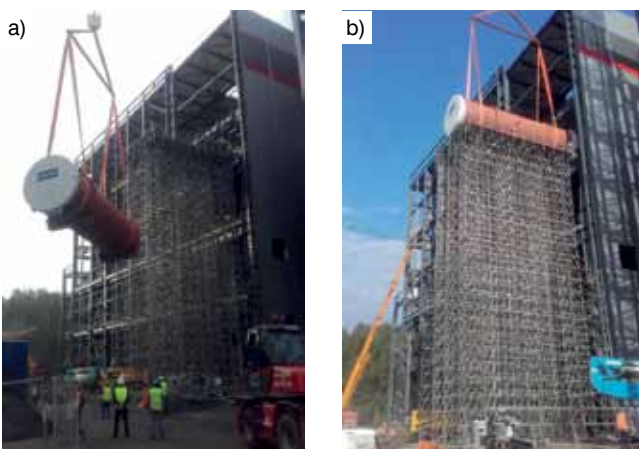
Rusztowanie to stanowiło tymczasową konstrukcję stalową na bazie systemu rusztowań modułowych. Zostało wykonane w celu posadowienia na nim torowiska niezbędnego do przetransportowania kilku zbiorników stalowych (z których największy ważył 40 ton) w miejsce docelowe – do maszynowni znajdującej się na poziomie +24 m na terenie budowy bloku energetycznego nr 11 w Elektrowni Turów. Całość konstrukcji została wykonana z rusztowania systemowego „pletac Contur”, o następujących danych technicznych:

- ilość rusztowań przestrzennych: ~2200 m<sup>3</sup>;
- powierzchnia pomostu roboczego: ~ 61 m<sup>2</sup> (powierzchnia podstawy rusztowania ~ 115 m<sup>2</sup>),
- wysokość konstrukcji wsporczej: 24 m,
- maksymalna siła przekazywana na rusztowanie: 400 kN (masa zbiornika około 40 ton).

Innowacyjnością wykonania konstrukcji rusztowania był sposób przekazania dużego obciążenia obliczeniowego z pojedynczej podpory zbiornika (~140 kN). Po nałożeniu zbiornika na platformę rusztowania, zbiornik był przetaczany na torowisku do wnętrza bloku energetycznego elektrowni. Z tego względu należało przeanalizować drogę jego przemieszczania i utworzyć linie wpływu obciążeń działających na konstrukcję rusztowania. Dobrano rozstaw poziomy stojaków rusztowania – odbyło się to na podstawie

sposobu przekazywania obciążeń w postaci czterech przemieszczających się punktów podporowych. Zdecydowano się na podstawową siatkę konstrukcyjną poziomą o wymiarach 1,06×1,06 m, rozdzieloną polem podłużnym o długości 1,50 m. Taki dobór zagęszczonej siatki konstrukcyjnej rusztowania wyeliminował przekazanie wpływu dwóch sił pionowych na jedno pole rusztowania. Jednakże ekstremalnie duża reakcja (140 kN) spowodowała konieczność doboru specjalnego torowiska. Z belek podłużnych dostarczonych przez zamawiającego siła została przekazana na belki poprzeczne, a te z kolei przekazały reakcje na układ ceowników – które opierały się na stojakach rusztowania (za pośrednictwem odwróconych podstawek śrubowych). Dzięki temu siła przekazywana na pojedynczy stojak rusztowania wynosiła około 37 kN. Rozmieszczenie belek torowiska zostało wskazane w projekcie rusztowania wykonanym przez Pracownię Projektową Multiserwis, natomiast doбором przekrojów torowiska zajął się zleceniodawca.

Po uwzględnieniu siły wiatru, ciężaru własnego rusztowania oraz obciążenia użytkowego (1,5 kN/m<sup>2</sup>) zdecydowano się na zwiększenie nośności stojaków poprzez zagęszczenie rygli oraz stężeń pionowych – co 1,0 m wysokości konstrukcji (standardowy rozstaw rygli i stężeń w typowych konstrukcjach rusztowań wynosi 2,0 m). Przestrzenny charakter



**Rys. 1.** Widok rusztowania oraz posadowienie na nim jednego z zbiorników



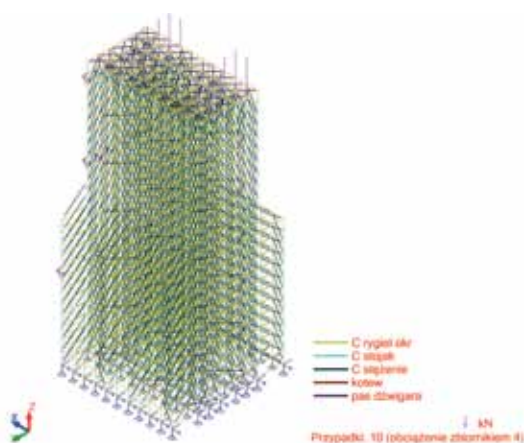
**Rys. 2.** Układ torowiska na rusztowaniu do przetaczania zbiorników do maszynowni elektrowni

pracy konstrukcji wskazał jednak, że pojedyncza reakcja przekazywana z rusztowania na podłoże dochodziła do wartości 60 kN, co wymusiło dużą precyzję wykonania podstawy rusztowania (maksymalna długość wykręcenia podstawek śrubowych nie mogła przekraczać 10 cm). Spowodowało to konieczność wykonania fundamentowej płyty betonowej pod podstawą rusztowania – w celu zapewnienia odpowiedniej sztywności i nośności podłoża.

Projekt i wytyczne użytkowania rusztowania opracowane zostały w Pracowni Projektowej Multiserwis. Obliczenia statyczne wykonano w programie obliczeniowym Autodesk Robot Structural Analysis. Obliczenia te obejmowały m.in.:

- dobór obciążenia generowanego przez umieszczone na rusztowaniu torowisko potrzebne do transportu zbiorników (ciężar własny zbiornika oraz efekty działania na niego siły wiatru);
- określenie obciążenia wiatrem rusztowania dla prawidłowego doboru sposobu kotwienia – obciążenie to zostało przyłożone w węzłach rusztowania jako siły skupione;
- sprawdzenie, czy nie została przekroczona nośność elementów rusztowań modułowych (stojaki, stężenia, itp.);
- określenie reakcji pod podstawkami śrubowymi rusztowania.

Podstawową trudnością było opracowanie rozwiązania sposobu posadowienia torowiska na rusztowaniu w taki sposób, aby obciążenie z transportowanych zbiorników nie przekraczało maksymalnej nośności stojaka rusztowaniowego. Podczas obliczeń statycznych poza typowymi obciążeniami występującymi w konstrukcji rusztowaniowej dodatkowo uwzględniono, z uwagi na duży gabaryt zbiorników, obciążenie wiatrem działające na zbiornik. W programie obliczeniowym zamodelowano konstrukcję przestrzenną, składającą się z ponad 7000 prętów o zróżnicowanych charakterystykach przekrojów, co skutkowało koniecznością definicji ponad 2000 węzłów. Potwierdzenia zgodności projektu z zasadami wiedzy technicznej dokonał projektant posiadający uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń w zakresie projektowania.



Rys. 3. Model obliczeniowy konstrukcji rusztowania

Ponadto ze względu na charakter i natężenie prac na budowie, podczas montażu rusztowań napotkano szereg trudności, których charakter, organizacja lub miejsce prowadzenia prac stwarzały potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia ludzi. Były to następujące zagrożenia:

- prace przygotowawcze oraz montaż i demontaż rusztowania odbywały się w rejonie głównej wewnętrznej drogi na budowie, na której odbywał się transport elementów konstrukcyjnych dla innych zakresów prac;
- montaż rusztowania zlokalizowany był w rejonie pracy dźwigu, który obsługiwał prace związane z montażem elementów konstrukcyjnych i wyposażenia maszynowni;
- ze względu na konstrukcję słupowo-ryglową budynku maszynowni oraz wysokość rusztowania problematyczne okazało się przekazanie sił poziomych (efekt działania wiatru) na ścianę obiektu. Ostatecznie zdecydowano się na kotwienie rusztowania przy użyciu złączy hakowych i rur stalowych do belek (rygli) hali maszynowni. Zakotwiono wszystkie stojaki znajdujące się w zewnętrznej płaszczyźnie rusztowania przy poziomach konstrukcyjnych maszynowni, tzn. 7,5; 15,5 oraz 22,5 m. Prace rusztowaniowe zorganizowano zgodnie z przeprowadzoną szczegółową analizą ryzyka zawodowego wykonaną na podstawie skali pięciostopniowej zgodnie z normą PN-N-18002:2011. Dokumentacja wykonania rusztowania zawierała bowiem nie tylko wytyczne konstrukcyjne, ale cały szereg dokumentów związanych z ogólnie pojętym bezpieczeństwem pracy: instrukcje zabezpieczenia monterów przed upadkiem z wysokości, sposób bezpiecznego wykonania ręcznych prac transportowych itp. Rusztowanie zostało zmontowane w tradycyjny sposób przez grupę monterów, bez konieczności zastosowania dodatkowego sprzętu. Jednak transport elementów wspomagany był żurawiem wieżowym znajdującym się na terenie budowy.

Opisywana realizacja po raz kolejny pozwoliła sprawdzić się rusztowaniom modułowym w zastosowaniu przemysłowym. Można z nich wykonać nie tylko rusztowania robocze, ale również rusztowania ochronne, konstrukcje wsporcze, różnego rodzaju obiekty tymczasowe np. hale, wiaty itp. W tym konkretnym przypadku zastosowanie typowych wież nośnych do podparcia desekowań okazało się niemożliwe ze względu na znaczną wysokość, natomiast użycie zestawów inżynierskich do budowy mostów i tuneli było kłopotliwe z uwagi na jednostkowe zastosowanie małej liczby tych elementów na budowie. Rusztowania modułowe są dostępne w prawie każdej lokalizacji przemysłowej, a mnogość ich zastosowań powoduje, że są atrakcyjnym sprzętem ułatwiającym realizację bądź remonty elektrowni, rafinerii, zakładów chemicznych itp. Prezentowana konstrukcja udowadnia, że zlecenie podobnych zamówień profesjonalnej firmie rusztowaniowej rodzi korzyści dla zamawiającego. Posiadanie doświadczenia w podobnych realizacjach oraz know-how, jakie ma Multiserwis, są bowiem gwarancją sukcesu.