



Dr inż. Janusz BROL, *Janusz.Brol@polsl.pl*

Prof. dr inż. Andrzej AJDUKIEWICZ, *Andrzej.Ajdukiewicz@polsl.pl*

Politechnika Śląska w Gliwicach

## **AWARIA I REKONSTRUKCJA DŹWIGARÓW Z DREWNA KLEJONEGO W PRZEKRYCIU PŁYWALNI**

### **DEMAGES AND RECONSTRUCTION OF GLUED WOODEN GIRDERS IN THE ROOF OVER SWIMMING POOL**

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono zakres uszkodzeń i metody naprawy klejonych dźwigarów drewnianych. Dźwigary o znacznej rozpiętości (ponad 31 m) zostały zastosowane jako główna konstrukcja dachu nad basenami pływackimi w centrum rekreacyjno – sportowym. Brak odpowiednich działań konserwacyjnych, zwłaszcza w części dźwigarów położonych na zewnątrz, spowodował konieczność poważnych napraw inwazyjnymi metodami.

**Abstract.** The paper presents the range of damages and repair methods of the glued wooden girders. These girders of long span (over 31 m) have been used as a main structure in the new recreation and sport centre. Lack of proper protection actions, particularly in the parts of girders located outside caused the necessity of serious invasive repair methods.

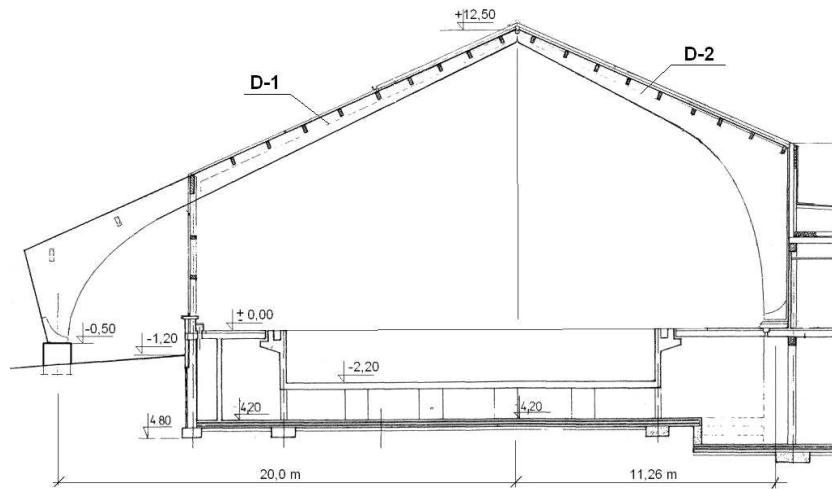
### **1. Wstęp**

W roku 1995 powstał projekt a następnie realizacja obiektu użyteczności publicznej o charakterze sportowo – rekreacyjno – rehabilitacyjnym. Obiekt ten został oddany do użytku dopiero 1 lipca 2002 roku. Główną część obiektu stanowi hala basenowa o powierzchni 1656 m<sup>2</sup> na terenie której są zlokalizowane: dwa baseny pływackie o wymiarach 25 m x 16 m, basenik do nauki pływania, basenik do nauki pływania dla dzieci, basen rekreacyjny, basenik wirowy, lądowisko zjeżdźalni, przewiązka do wieży zjeżdźalni. Maksymalna przepustowość zespołu basenowego wynosi 270 osób na godzinę.

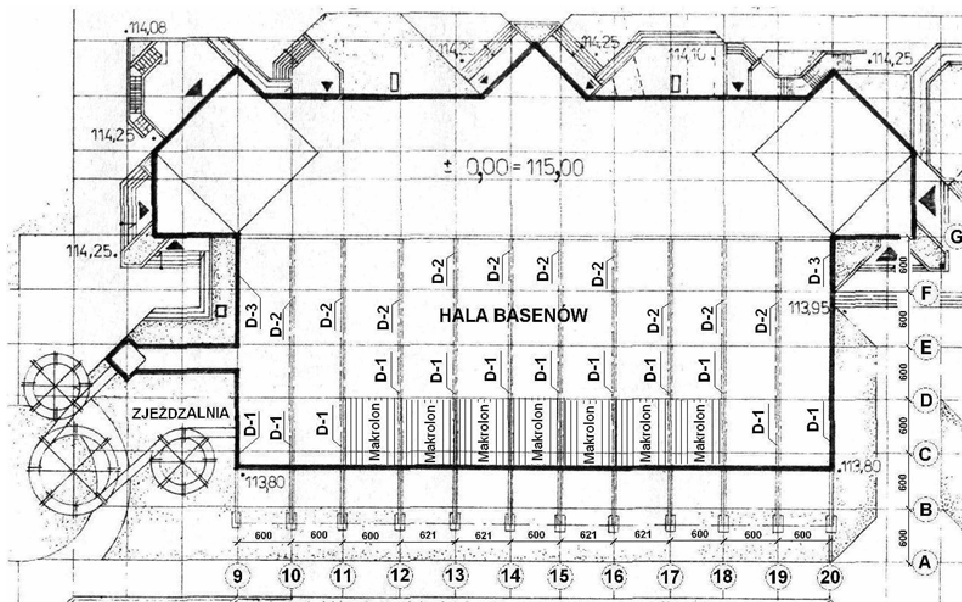
### **2. Opis konstrukcji przekrycia**

Konstrukcję nośną przekrycia hali basenów stanowi 12 ram z drewna klejonego warstwowo o schemacie statycznym ram trójprzegubowych (rys. 1), o łącznej rozpiętości w osiach podpór wynoszącej 31,26 m i wysokości w kalenicy 13 m, liczonej od poziomu posadowienia ramy D-1. Ramy te wykonane są z dwóch dźwigarów niesymetrycznych o rozpiętościach: dźwigar D-1 20m i dźwigar D-2 11,26 m. W ramach skrajnych dźwigar D-2 zastąpiono dźwigarem skrajnym D-3 o rozpiętości także 11,26m. Rozstaw dźwigarów

głównych wynosi 6,0 (w polach przydylatacyjnych 6,21 m). Schemat obiektu pokazano na rys. 2, natomiast widok konstrukcji wewnątrz hali basenów na rys. 3.



Rys 1. Przekrój poprzeczny



Rys 2. Schemat obiektu



Rys 3. Widok konstrukcji wewnątrz hali basenów

Szerokość przekroju dźwigarów głównych jest stała i wynosi 0,19 m. Wysokość przekroju dźwigara jest zmienna i waha się od 0,66 m w kalenicy do ponad 3 metrów w narożach ram. Schemat ramy pokazano na rys. 2. Dźwigary główne posadowiono na cokołach żelbetowych stóp fundamentowych za pośrednictwem stalowych „butów”, wykonanych z blach grubości 6 mm, ze stali nierdzewnej i przyspawanych do stalowych marek o grubości 20 mm, zakotwionych w cokołach żelbetowych. Reakcje podporowe z dźwigarów głównych na cokoły żelbetowe przekazane są poprzez pionowy i poziomy docisk drewna do stali.

Drugorzędną konstrukcję przekrycia stanowią płatwie wykonane z drewna klejonego warstwowo o przekroju 0,09 x 0,30 m w rozstawie 2,1 m, na których wspiera się ruszt wykonany z drewna klejonego warstwowo i drewna litego o przekrojach odpowiednio 0,09 x 0,20 m i 0,04 x 0,20 m.

## 2. Stan konstrukcji dźwigarów

Przeglądu przekrycia hali basenowej krytej pływalni dokonano w różnych warunkach termiczno-wilgotnościowych w sierpniu 2005r. i w styczniu 2006r. Szczególną uwagę poświęcono części dźwigarów głównych D-1 wystających na zewnątrz hali i stwierdzono co następuje:

- We wszystkich dźwigarach D-1, w strefie podporowej, występują ogniska korozji biologicznej. Najbardziej porażony jest dźwigar w osi 9. W dźwigarze tym korozja jest już daleko posunięta, nastąpiło butwienie drewna łącznie z rozwojem grzyba domowego (rys. 4).
- Korozja drewna prawdopodobnie występowała już od dłuższego czasu, o czym świadczy próba zaszpachlowania ubytków w kilku dźwigarach (rys. 4)
- Dokonując szczegółowych oględzin i badań drewna oszacowano maksymalny zasięg korozji biologicznej, występujący w dźwigarze w osi 9 wynosił on ok. 10 cm w części powyżej górnej krawędzi „buta”, mierzonej wzdłuż włókien drewna.
- Wilgotność drewna „zdrowego” wynosiła:
  - w okresie letnim (sierpień) od 15 do 19 %,
  - w okresie zimowym (początek stycznia) od 18 do 22 %.
- Wilgotność drewna porażonego przez grzyby była zdecydowanie wyższa i wynosiła minimum 40 %.
- Zabezpieczenie przed możliwością przedostawania się wody do wnętrza „buta stalowego” wykonano poprzez uszczelnienie od góry silikonem. Uszczelnienie to lokalnie odspoiło się od drewna i nie spełniało swego zadania.
- Pęknięcia drewna wzdłuż włókien wykazują zmienną rozwarłość. Pęknięcia powiększają się w okresie letnim i zamykają w okresie zimowym. Maksymalna szerokość wynosiła w okresie letnim ok. 4mm (rys. 5).
- Uszkodzone zostały powierzchniowo warstwy ochronne drewna i powierzchniowa korozja drewna – najbardziej powierzchniowej korozji drewna uległy dźwigary w osiach 11 – 17, (rys. 6).
- Zacieki wody wystąpiły w licznych miejscach na powierzchniach bocznych dźwigarów.
- Dokonując odkrywek w górnej części cokołów żelbetowych stwierdzono występowanie korozji płytek stalowych oraz uszkodzenia betonu (rys. 7).

Wewnątrz hali na dźwigarach D-1 nie stwierdzono występowania uszkodzeń korozyjnych. Zaobserwowano jedynie lokalne uszkodzenia powłoki ochronnej dźwigarów głównych oraz ślady zacieków powstałe wskutek skraplania się pary wodnej (rys. 8). W dźwigarach D-2 i D-3 nie stwierdzono żadnych uszkodzeń korozyjnych. Powłoka ochronna także nie wykazywała żadnych uszkodzeń.

Dodatkowo na podstawie śladów na posadzce i wywiadu wśród pracowników basenu stwierdzono występowanie nieszczelności w przeszklonej połaci dachowej. W trakcie wizji lokalnej zaobserwowano również występowania śladów przemarzania połaci dachu na styku ocieplonej połaci dachu z częścią przeszkloną oraz w miejscach połączenia dachu ze ścianami zewnętrznymi.



Rys 4. Uszkodzenie dźwigara D-1, w osi 9 od strony wschodniej



Rys 5. Pęknięcia podłużne dźwigara D-1, w osi 20



Rys 6. Przykłady korozji powierzchniowej dźwigarów w osiach 11-18



Rys 7. Uszkodzenia cokołów żelbetowych



Rys 8. Lokalne uszkodzenia powłoki ochronnej dźwigarów wewnątrz hali

### 3. Analiza i ustalenie przyczyn powstawania uszkodzeń

Analizę przyczyn powstania uszkodzeń dźwigarów głównych wykonano na podstawie obserwacji w czasie wizji lokalnych przeprowadzonych na miejscu w okresie letnim i zimowym, zachowanej częściowej dokumentacji projektowej, oraz wywiadu na temat historii obiektu. W otrzymanej dokumentacji nie znaleziono informacji o klasie drewna wykorzystanego do produkcji dźwigarów, sposobu wykonania i zastosowanych środków do impregnacji i powłok ochronnych. Brak również informacji kiedy była wykonana impregnacja. Jedyne w „szkicowym” fragmencie opracowania fińskiego pojawia się informacja „1 x AQUAGRUNT, 2 x AQUATOP 292” co może świadczyć o prawdopodobnym sposobie impregnacji i zabezpieczenia dźwigarów.

Na rozwój korozji biologicznej w strefach podporowych dźwigarów głównych D-1, niewątpliwie bezpośredni wpływ miał sposób oparcia dźwigara. Osadzenie dźwigara drewnianego na podporze w kształcie „buta stalowego” usytuowanego na wolnym powietrzu okazało się rozwiązaniem wadliwym. Drewno użytkowane na wolnym powietrzu, czyli poddane wszystkim czynnikom atmosferycznym, ma tendencje do zmian objętości, czyli kurczenia i pęcznienia pod wpływem zmian wilgotności otoczenia. Dodatkowo w masywnych przekrojach poddanych wpływom atmosferycznym należy spodziewać się pojawienia drobnych pęknięć wzdłuż słoików drewna. W omawianym rozwiązaniu pęknięcia drewna oraz

odspojenia uszczelnienia wykonanego z silikonu pomiędzy blachami „buta” a drewnem, umożliwiły penetrację wody, szczególnie w trakcie opadów deszczu, do wnętrza „buta”. Z uwagi na kształt „buta” oraz dodatkowe uszczelnienie silikonem, wnikająca woda miała bardzo utrudnioną możliwość odparowania, w związku z czym wnikająca w drewno podwyższając jego wilgotność. Sytuacja ta spowodowała sprzyjające warunki do rozwoju korozji biologicznej drewna.

Pośrednio na warunki sprzyjające rozwojowi korozji biologicznej drewna miały wpływ uszkodzenia powłoki malarskiej wynikłe z działania czynników atmosferycznych, takich jak deszcz lub promieniowanie UV, a także nie wykonanie w odpowiednim czasie konserwacji warstw impregnacyjnych.

Powierzchniowa korozja drewna części dźwigarów wystających na zewnątrz hali basenowej spowodowana była przez uszkodzenia powłoki ochronnej malarskiej wskutek działania deszczu i promieniowania UV. Najbardziej uszkodzone są powierzchnie boczne dźwigarów D-1 w bezpośrednim sąsiedztwie przeszklenia ściany i dachu. Wskazuje to na źle wykonane odprowadzenie wody z części pokrycia dachu wykonanego z płyt „Makrolon”, a w związku z tym ściekanie wody z dachu po powierzchni dźwigara, co przyczyniło się do zwiększonego wypłukiwania składników powłoki malarskiej i impregnatów drewna. Dodatkowo, zbyt wąskie obróbki blacharskie osłaniające górną powierzchnię dźwigarów oraz nieszczelne i niedrożne rynny powodują zaciekanie wody na powierzchnie dźwigarów.

Wewnątrz hali nie stwierdzono występowania poważnych uszkodzeń dźwigarów. Zaobserwowano jedynie lokalne uszkodzenia powłoki ochronnej dźwigarów głównych, szczególnie w górnej części dźwigarów. Uszkodzenia te powstały wskutek skraplania się pary wodnej na powierzchni „Makrolonu”, a następnie ściekania tej wody po powierzchni dźwigarów i wypłukiwanie istniejącej powłoki ochronnej.

Uszkodzenia korozyjne stalowej blachy stanowiącej zakończenie cokołów żelbetowych spowodowane są brakiem odpowiedniej powłoki ochronnej. Jedyne zabezpieczenie korozyjne wykonano za pomocą farby podkładowej (na bazie minii ołowiowej). Dodatkową ochronę stanowiła okładzina z płytek kamiennych, która wskutek działania opadów atmosferycznych i mrozu odspoiła się od blachy stalowej. Odspojenie się płytek kamiennych doprowadziło również do przedostawania się wody pod blachę stalową. Podciągana woda i niskie temperatury spowodowały wykruszenie się zaprawy bezpośrednio pod powierzchnią płytki dociskowej z blachy stalowej.

#### **4. Sprawdzające obliczenia statyczno – wytrzymałościowe więzara dachowego.**

Obliczenia sprawdzające wykonano w programie RM-win przyjmując następujące założenia:

- Z uwagi na brak pełnej dokumentacji projektowej, a szczególnie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych oraz wobec braku informacji, w otrzymanej dokumentacji, o klasie drewna wykorzystanego do produkcji dźwigarów, przyjęto do obliczeń sprawdzających drewno klasy GL24 wg [2] z późniejszymi zmianami. Jest to najniższa klasa drewna klejonego dopuszczona do stosowania wg wyżej wymienionej normy.
- Kształt przekrojów dźwigarów ram trójprzegubowych– przyjęto zgodnie z rysunkami wykonawczymi konstrukcji.

Rozważano dźwigary w osiach 10 i 19 jako najbardziej obciążone. Dźwigary w osiach 13 i 16 mimo większego rozstawu posiadają mniejsze obciążenia ciężarem własnym.

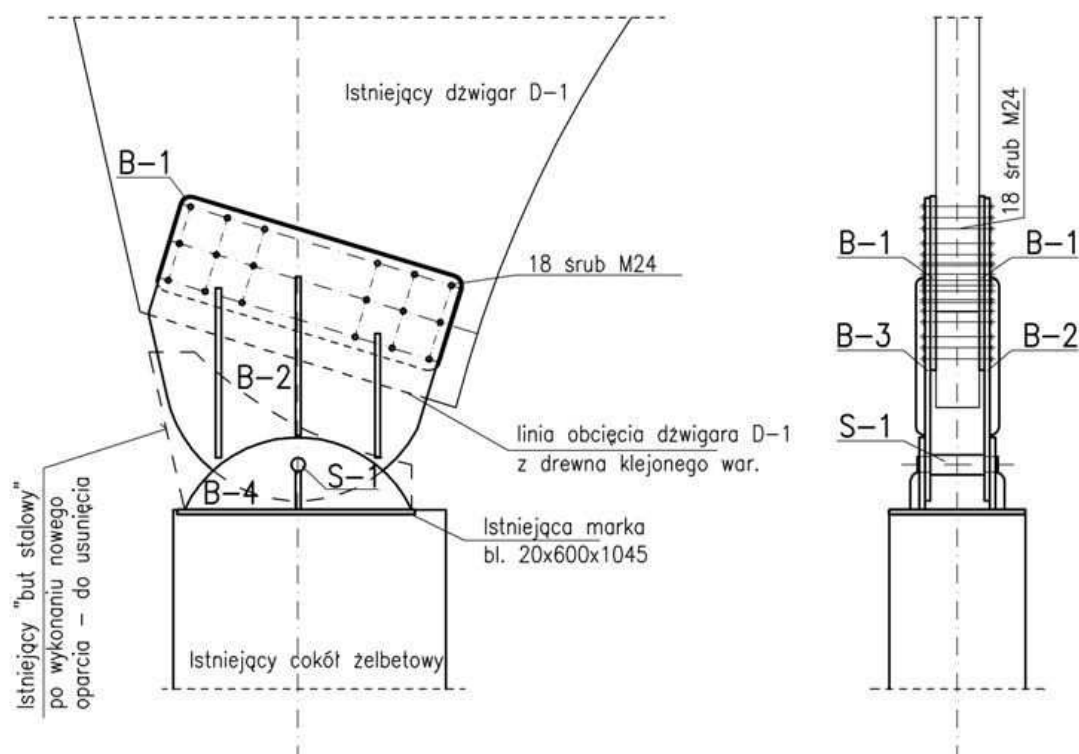
Obliczenia statyczne przeprowadzono w dwóch wersjach :

- 1) Schemat statyczny ramy trójprzegubowej z uwzględnieniem, obciążeń projektowych. Schemat ten wykorzystano w obliczeniach sprawdzających statyczno-wytrzymałościowych więzara dachowego.
- 2) Schemat statyczny ramy trójprzegubowej z uwzględnieniem, obciążeń projektowych oraz możliwością wystąpienia zawilgocenia wełny mineralnej. Schemat ten wykorzystano do zaprojektowania nowego oparcia dźwigarów D-1 przedstawiony w punkcie 5.

#### 4. Rekonstrukcja stref podporowych dźwigarów D-1

Z uwagi na silną korozję biologiczną strefy podporowej dźwigarów z drewna klejonego warstwowo zaistniała konieczność usunięcia fragmentów podporowych dźwigara i zastąpienie ich nową konstrukcją. Zaproponowano wykonanie nowego połączenia pozostałej części dźwigara z drewna klejonego z trzpieniem żelbetowym. Nowe połączenie zaprojektowano z blach stalowych (B-1 do B-3) o grubości 24 mm, połączone zakładkowo z istniejącym dźwigarem za pomocą 18 śrub M24x350 klasy 5.6. Blachy te połączone są przegubowo, za pośrednictwem sworznia S-1  $\phi$  80/60 z dodatkowymi blachami B-4 gr. 24 mm przyspawanymi do blachy gr. 20 mm stanowiącym markę cokołu żelbetowego. Sposób rozwiązania przedstawiono na rys. 9.

Rozwiązanie to umożliwi wykonanie naprawy bez wyłączenia obiektu z użytkowania. W pierwszej kolejności wykonuje się nowe, docelowe oparcie dźwigarów, przy minimalnej ingerencji w aktualny stan. Konieczne jest jedynie wykonanie otworu w dźwigarze i „bucie stalowym” umożliwiającym osadzenie trzpienia S-1. Dopiero po wykonaniu nowego oparcia można usunąć istniejący „but stalowy” oraz skorodowaną część dźwigara.



Rys 9. Projekt naprawy stref podporowych

## 5. Wnioski

Z przeprowadzonej kompleksowej oceny stanu technicznego dźwigarów głównych przekrycia hali basenów wynikają następujące wnioski:

Wykonywanie konstrukcji przekryć basenów z drewna klejonego warstwowo jest rozwiązaniem jak najbardziej zasadnym. Jak wynika z przeprowadzonych oględzin omawianego przekrycia, materiał ten dobrze spełnia swoje zadanie nawet w trudnych warunkach ciepłno-wilgotnościowych jakim jest mikroklimat w hali basenów. Wewnątrz hali nie stwierdzono znacznych uszkodzeń konstrukcji. Dźwigary w tej części wymagają jedynie powierzchniowych konserwacji.

Bardzo niekorzystne okazało się wyprowadzenie, prawdopodobnie ze względów architektonicznych, fragmentów dźwigarów na zewnątrz obiektu, a szczególnie sposób rozwiązania strefy podporowej dźwigarów.

Osadzenie dźwigara drewnianego na podporze w kształcie „buta stalowego” usytuowanego na wolnym powietrzu okazało się rozwiązaniem wadliwym. Drewno użytkowane na wolnym powietrzu, czyli poddane wszystkim czynnikom atmosferycznym, ma tendencje do zmian objętości, czyli kurczenia i pęcznienia pod wpływem zmian wilgotności otoczenia. Dodatkowo w masywnych przekrojach poddanych wpływom atmosferycznym należy spodziewać się pojawienia drobnych pęknięć wzdłuż słoików drewna. W omawianym rozwiązaniu pęknięcia drewna oraz odspojenia uszczelnienia wykonanego z silikonu pomiędzy blachami „buta” a drewnem, umożliwiły penetrację wody, szczególnie w trakcie opadów deszczu, do wnętrza „buta”.

Powstałe uszkodzenia części podporowej stanowią zagrożenie całej hali. Wymagało to zaprojektowanie nowego sposobu podparcia, z usunięciem uszkodzonego drewna. Projektowana koncepcja uwzględniła możliwość rekonstrukcji bez przerywania eksploatacji obiektu i przy minimalnym nakładzie środków technicznych. Wykonanie realizacji remontu zalecono na okres letni 2006. Pomimo istnienia realnego stanu zagrożenia poważną awarią właściciel obiektu nie wykonał przewidzianych prac.

## Literatura

1. Ajdukiewicz A., Broł J.: Ekspertyza stanu technicznego dźwigarów głównych konstrukcji drewnianej przekrycia basenu miejskiego w Koźienicach. Gliwice 2006.
2. PN-B-03150:2000 - Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie.
3. PN-80/B-03200 - Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.