

3.4. Hala sportowa Publicznego Gimnazjum w Byczynie

W 2005 roku wykonaliśmy kontrolę stanu technicznego istniejącego od niedawna, ładnego i kolorowego zespołu budynków PG w Byczynie. Były to nowe obiekty dydaktyczne, sala sportowa, boisko i tereny rekreacyjne. W hali sportowej z boiskiem do piłki ręcznej i trybunami dla 220 widzów odbywały się lekcje wychowania fizycznego, a po lekcjach zajęcia sportowe klubów i zawody sportowe. Jednak w tym właśnie nowym zespole obiektów zetknęliśmy się z dwoma zaskakującymi przypadkami błędów budowlanych.

BŁĄD 1 - projektowy i eksploatacyjny

W trakcie naszego pobytu w hali, w lecie 2005 roku, wykonawca robót budowlanych, w ramach gwarancji, wykonywał naprawę ocieplenia zachodniej, osłoniętej od słońca, ściany szczytowej hali sportowej. Ściana była murowana z cegły kratówki i ocieplona 12 cm warstwą styropianu. Wiosną na tynku tej ściany pojawiły się duże mokre plamy. Wezwany wykonawca ocieplenia nakłuł gwoździem cienki tynk i spod tynku wyciekła woda. Konsternacja - skąd woda? Ściana jest osłonięta od góry okapem nowego nieprzeciekającego dachu, w ścianie i na ścianie nie ma żadnych instalacji, od wnętrza ściana wygląda normalnie? Nie znając odpowiedzi postanowili zerwać cały fragment tynku i ocieplenia i w to miejsce wykonać nowe ocieplenie i nowy tynk. Prace zostały wykonane. My jednak wykorzystaliśmy okoliczność przeglądu technicznego i daliśmy inwestorowi właściwe wyjaśnienie tej mokrej zagadki.

W hali ściany zewnętrzne wykonano w dwóch wersjach:

- murowane z cegły kratówki ocieplone z zewnątrz warstwą styropianu metodą „lekką mokrą”,
- lekkie z dwóch warstw blachy stalowej fałdowej i ociepleniem z wełny mineralnej w środku.

W konstrukcji ściany lekkiej i stropodachu pod blachą wewnętrzną założono paroizolację. W ścianie murowanej paroizolacji nie było.

Halę ogrzewano przy pomocy 4 gazowych nagrzewnic powietrza rozmieszczonych w narożach hali. Powietrze wewnętrzne zasysane jest przez wentylator obiegowy, ogrzewane i następnie nawiewane do pomieszczenia. Powietrze do spalania pobierane jest z zewnątrz. Podczas zajęć temperatura w hali utrzymywana jest na poziomie powyżej +15°C. Po zajęciach i w nocy temperatura w hali może spadać do minimum +5°C.

Wentylacja budynku, w trakcie roku szkolnego, nie działa prawidłowo i skutecznie. W czasie budowy hali zrezygnowano z wywiewników dachowych. Nie można otworzyć okien na przestrzał z powodu pewnych niedoróbek budowlanych. Wentylatorów nawiewnych nie zainstalowano. Dwa wentylatory wywiewne w świetlikach pracują bardzo głośno i nie można ich używać w czasie prowadzenia zajęć. Jest to niby wentylacja mechaniczna - wywiewna. Jednak brak nawiewu powietrza powoduje, że po włączeniu wentylatorów wywiewnych w hali powstaje podciśnienie i po chwili przestają one skutecznie pracować.

Dlaczego ściany murowane były mokre?

Po zakończeniu zajęć wieczorem, około 22-iej, powietrze w hali oziębia się stopniowo do minimum +5°C, ale już bez działania wentylacji. Po całym dniu używania hali wieczorem nieodświeżane powietrze może mieć temperaturę około +20°C i wilgotność względną 55-60%. Po oziębieniu powietrza do +5°C wilgotność względna powietrza wzrasta do około 100%. Przy temperaturze ujemnej na zewnątrz para wodna przenika z wnętrza przez ścianę murowaną na zewnątrz. Paroizolacja w lekkich ścianach i stropodachu zapobiega temu zjawisku. Za to przez ścianę murowaną bez paroizolacji para wodna przenika bez problemów. W dzień kondensacja pary wodnej w ścianie nie występuje, bo temperatura w hali jest wyższa, ale nad ranem już tak. Wykres temperatury w ścianie nad ranem pokazuje jak zmienia się temperatura w przekroju ściany. W pewnym miejscu w ścianie wilgotność względna powietrza osiąga poziom 100% i następuje kondensacja pary wodnej. Skroplona para wodna zostaje uwięziona w cegle i styropianie do lata. W efekcie następuje wzrost przewodności cieplnej materiałów w stosunku do stanu suchego, ponieważ woda o przewodności cieplnej około 0,6 W/(m*K) wchodzi w miejsce powietrza o przewodności cieplnej około 0,02 W/(m*K). Woda ze ściany powinna odparować w czasie lata, ale szczególnie trudno wysycha ściana zachodnia, gdzie były plamy, bo jest osłonięta przed promieniami słońca przez sąsiedni wyższy budynek.

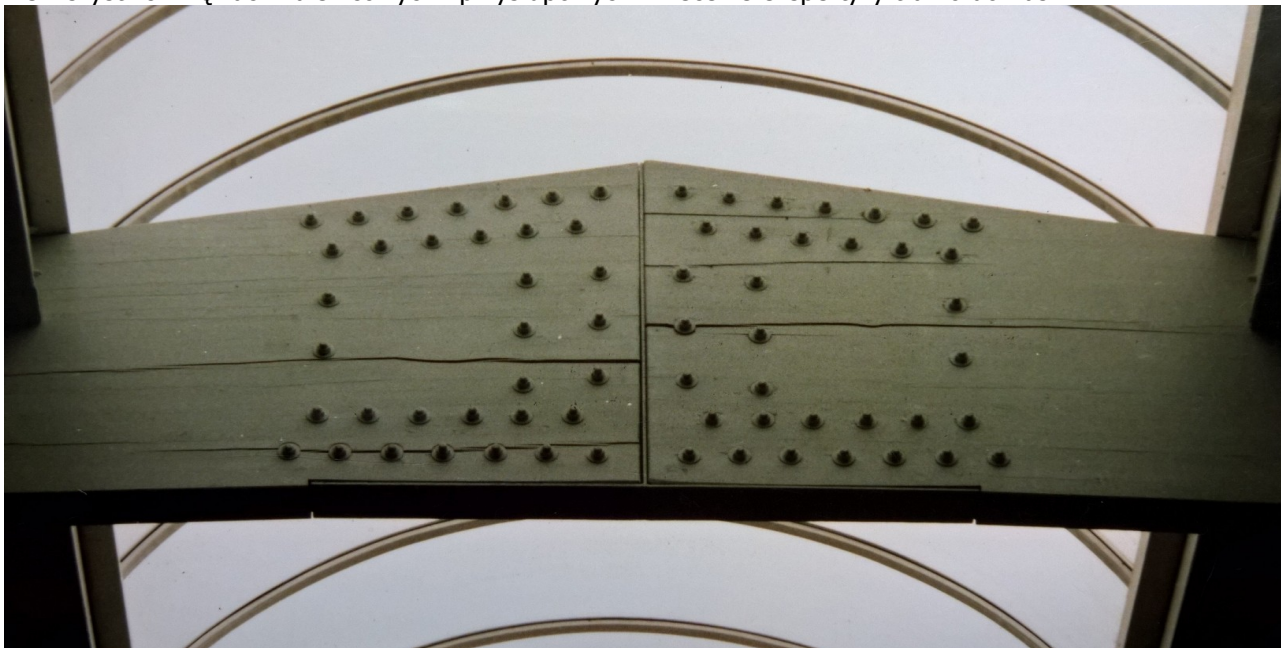
Konkluzja - Najlepszą z możliwych ścian - od wnętrza ceramika, na zewnątrz ocieplenie styropianem, można przez niewłaściwą eksploatację i złą wentylację, napompować wodą! Nie do wiary!

BŁĄD 2 - projektowy i technologiczny

W lipcu 2005 roku Powiatowy Inspektor Nadzoru Budowlanego w Kluczborku, po oględzinach obiektu oddanego do użytku w 2001 roku, nakazał wykonanie ekspertyzy technicznej drewnianych ram hali sportowej PG w Byczynie. Konstrukcję nośną hali sportowej tworzą poprzeczne ramy wykonane z drewna klejonego klasy KL39. Rozpiętości ram 26 m, rozstaw ram co 6m. Wysokość kalenicy ram od posadzki hali wynosi 9,72 m. Rygiel ramy ma zmienną wysokość 900÷1430 mm i 190 mm grubości.

Ponad ramami w kalenicy zbudowany jest świetlik 4x18 m przewyższający ramy o 1,13 m. Część nośną stropodachu hali wykonano z blachy trapezowej HAIROVILLE 135/310 opartej na ramach. Stropodach ocieplono wełną mineralną grubości 16 cm. Pokrycie wykonano z blachy dachówkowej.

W czasie oględzin budynku Inspektora zaniepokoiły liczne duże pęknięcia wzdłuż włókien drewnianych ram we wszystkich węzłach kalenicowych i przysłupowych. Zlecenie ekspertyzy trafiło do nas.



Stan techniczny ram drewnianych

Wg projektu z sierpnia 1999 roku ramy drewniane miały powstać przez scalenie na budowie 3 elementów wysyłkowych - dwa elementy narożne w kształcie "hokejki" składające się ze słupa, naroża i fragmentu rygła długości 4m oraz jeden element ryglowy z kalenicą i krzywizną dolnej krawędzi o długości 18 m. Połączenie rygła z elementami skrajnymi było zaprojektowane we właściwym miejscu, tj. w miejscu zerowego momentu zginającego na ryglu ramy.

W czasie budowy przeprojektowano ramy w projekcie wykonawczym na 4 elementy wysyłkowe - dwa słupy o różnej wysokości i dwie części rygła o długości po 13 m. W takich ramach połączenia montażowe elementów wysyłkowych były w najbardziej wyężonych przekrojach ramy, tj. w narożach i w kalenicy. W tych miejscach występują największe momenty zginające w ramie. Scalenia elementów wysyłkowych ram drewnianych dokonano przy pomocy 3 blach węzłowych, usytuowanych w środku przekroju poprzecznego ramy i połączonych z drewnem ram zestawami śrub M24. W ryglach i słupach wycięto szczeliny o szerokości 10 mm, w które wstawiono blachy węzłowe.

W czasie szczegółowych oględzin stwierdziliśmy, że wszystkie ramy są spękane. Spękania koncentrują się w stalowo-drewnianych węzłach ram w narożach i w kalenicy. Wg posiadanych dokumentów, spękania ram pojawiły się już w pierwszym roku użytkowania obiektu. Z upływem czasu rozwarcie pęknięć powiększało się. Przykładowe wyniki pomiarów sumy rozwarcia spękań ramy w osi S5:

-węzeł kalenicowy strona A część lewa: $7+10=17\text{mm}$, część prawa: $10+3+4=17\text{mm}$

-węzeł kalenicowy strona B część lewa: $7+1+7=15\text{mm}$, część prawa: 15mm.

Pęknięcia nie są rozmieszczone symetrycznie. Z rozkładu pęknięć wynika, że powstały one na skutek poprzecznego skurczu drewna. Ilość pęknięć i ich szerokość jest największa w kalenicy pod świetlikiem. Jest to najwyższe miejsce w hali i tam powietrze osiąga najwyższą temperaturę w okresie grzewczym. W okresie letnim pod świetlikiem, wskutek nasłonecznienia, powietrze również nagrzewa się bardziej niż w pozostałej części hali. Z szerokości pęknięć wynika także, że strona A czyli zachodnia jest bardziej spękana niż strona B czyli wschodnia ($17\text{mm} > 15\text{mm}$). Pęknięcia o szerokości powyżej 3 mm sięgają aż do blach węzłowych, czyli rygle pękły "na wylot". Część pęknięć przebiega po linii śrub obniżając w istotny sposób nośność połączenia elementów ramy. Ramy w całości usytuowane w cieniu poza zasięgiem świetlika mają mniejsze spękania.

Przyczyny spękań ram drewnianych

Konstrukcja węzłów obarczona jest błędem technologicznym polegającym na wykonaniu węzłów ram z zastosowaniem stalowych blach na całą wysokość przekroju połączonych z drewnem śrubami. Drewno jest materiałem organicznym. Przy wzroście wilgotności w drewnie zachodzi pęcznienie, a przy wysychaniu skurcz. W trakcie realizacji zmontowano ramy z drewna o większej wilgotności. Po pewnym okresie przebywania w suchym pomieszczeniu hali, wilgotność drewna zmniejszyła się i doszło do jego skurczu. W węzłach skurcz drewna w kierunku prostopadłym do włókien był uniemożliwiony przez nieodkształcalne

blachy stalowe. Śruby przytrzymują kurczące się drewno, a gdy naprężenia skurczowe przekroczą wytrzymałość drewna na rozciąganie w kierunku prostopadłym do włókien, dochodzi do pęknięć.

Wg projektu ramy drewniane miały być lakierowane w kolorze naturalnym, ale inspektor nadzoru zdecydował o malowaniu elementów konstrukcyjnych hali w kolorze blachy. Szczegółowe oględziny ram wskazują na przyczynę takich decyzji. W czasie montażu śrub w złączach, przy zbyt wilgotnym drewnie, doszło do odłupania drzazg przy osadzaniu śrub. Te ubytki powierzchniowe uzupełniono kitem szpachlowym. Względy estetyczne spowodowały, że całość ram pomalowano.

Niekorzystne okazało się zastosowanie w konstrukcji hali świetlika w kalenicy dachu o wymiarach 4x18 m. Światło słoneczne nagrzewa węzły kalenicowe 4 środkowych ram i powoduje ich większe wysychanie.

Pytanie Prokuratury Rejonowej w Kluczborku skierowane do autorów ekspertyzy

"Czy nieprawidłowości w projekcie, bądź w wykonaniu hali sportowej Publicznego Gimnazjum w Byczynie, mogły spowodować realne niebezpieczeństwo dla użytkowników?"

Nasza odpowiedź

Niebezpieczeństwo takie nie zagrażało hali w pierwszym okresie po oddaniu obiektu do użytkowania, gdyż nie zostały przekroczone stany graniczne nośności konstrukcji. W trakcie projektowania i realizacji zostały natomiast popełnione błędy technologiczne, które spowodowały, że już w pierwszym roku użytkowania hali pojawiły się rysy i pęknięcia w złączach drewnianych ram. Pęknięcia te powiększają się i stan konstrukcji pogarsza się. W obecnym stanie konstrukcja nie może już przenosić żadnych obciążeń poza ciężarem własnym. Nie można przewidzieć kiedy nastąpi katastrofa budowlana. Z całą pewnością, nawet pod obciążeniem tylko ciężarem własnym, konstrukcja zbliża się do stanu przedawaryjnego.

Uzasadnienie odpowiedzi

Pozwolenie na budowę wydano dla projektu konstrukcji, wykonanego w 1999 roku przez biuro projektowe FIA "FIUK" z Mierzyna. Projektantem konstrukcji był mgr inż. Ryszard Klemiata, a sprawdzającym projekt mgr inż. Andrzej Brodowski. W hali zabudowano jednak inne ramy, zrealizowane wg projektu wykonawczego opracowanego w czerwcu 2000 roku przez firmę HDE BRACIA LUDWIŃSCY s.c. ze Szczecina (wykonawca elementów ram). Autorami projektu wykonawczego byli mgr inż. Andrzej Brodowski i mgr inż. Ireneusz Mikołajczak, a sprawdzającym mgr inż. Ryszard Klemiata.

W ramach ekspertyzy ustalono, że w projektowanych złączach kalenicowych stan graniczny nośności nie został nigdzie przekroczony a mimo to że doszło tu do największych pęknięć, a w złączach narożnych stan graniczny nośności jest nieznacznie przekroczony dla kilku śrub, jednak pęknięcia drewna nie wystąpiły w tych miejscach.

Przyczyną pęknięć są popełnione we wszystkich etapach realizacji hali błędy technologiczne, które ujawniły się dopiero po pewnym czasie użytkowania hali.

1) Projektowanie

W projekcie z 1999 roku złącza elementów ram zaprojektowano prawidłowo w miejscach najmniej wyęzonych. Natomiast w projekcie wykonawczym złącza usytuowano w miejscach najbardziej wyęzonych, tj. w kalenicy i narożach ram, z zastosowaniem blach stalowych na całej wysokości przekroju. Połączenia montażowe zaprojektowano poprawnie ze względów statyczno-wytrzymałościowych, natomiast nie uwzględniono odmiennych właściwości fizycznych stali i drewna oraz możliwości dużych zmian wilgotności drewna w trakcie realizacji budowy i eksploatacji hali.

2) Realizacja

Elementy ram odebrano ze Szczecina w sierpniu 2000 roku. Montaż dachu wykonano w okresie jesienno-zimowym 2000/2001. W czasie transportu, składowania i montażu, aż do czasu zamknięcia hali, wilgotność drewna zwiększała się, a drewno ulegało pęcznieniu.

3) Eksploatacja

Po zakończeniu budowy hali i włączeniu ogrzewania, wilgotność drewna zmniejszyła się i drewno ulegało skurczowi. Największy skurcz w drewnie zachodzi w kierunku poprzecznym do włókien. W okresie letnim temperatury w okolicy złączy kalenicowych były wysokie (świetlik) i tam też doszło do największego skurczu drewna. Stalowe blachy uniemożliwiły zmniejszenie wymiarów na odcinkach węzłowych, co wywołało naprężenia rozciągające w kierunku prostopadłym do włókien, które po przekroczeniu wytrzymałości drewna spowodowały pęknięcia. Uszkodzenia zostały zauważone w trakcie wykonywanych przeglądów. Na polecenie PINB wykonano ekspertyzę i zawieszono zajęcia w hali. Istniejący system ogrzewania i wentylacji hali nie zapewnia stabilnych warunków termiczno-wilgotnościowych. Wahania wilgotności mogą powodować pojawienie się nowych pęknięć i powiększenie istniejących.

4) Podsumowanie

W projekcie nie uwzględniono, że w trakcie realizacji i eksploatacji hali może dojść do tak dużych zmian

wilgotności drewna, że spowoduje to uszkodzenia złączy. Elementy ram w czasie transportu ze Szczecina, składowania i montażu na budowie, były narażone na wpływy atmosferyczne i zwiększenie wilgotności drewna, a węzły montażowe drewnianych ram hali mogły pracować poprawnie, bez uszkodzeń, tylko w bardzo stabilnych warunkach termiczno-wilgotnościowych.

Popęłniony błąd technologiczny nie został zauważony i wyeliminowany przez osoby odpowiedzialne za prawidłowy projekt, nadzór i realizację hali, gdyż nie jest to błąd pospolity, łatwy do zauważenia. Łatwo go stwierdzić po wystąpieniu uszkodzeń, trudno natomiast przewidzieć, że zmiany wilgotności drewna w trakcie realizacji będą tak duże i spowodują tak fatalne skutki. Staranna ochrona elementów drewnianych w trakcie transportu, składowania i montażu na pewno ograniczyłaby wielkość uszkodzeń ale całkowicie by ich nie wyeliminowała.

Projektant nie przewidział jakie konsekwencje wynikną ze zmian wilgotności drewna, nie zauważył tego sprawdzający projekt, nie dostrzegli technolodzy wytwórni elementów klejonych, kierownik budowy, inspektor nadzoru i komisja odbierająca wybudowaną halę. Wszystkie te funkcje pełnią inżynierowie budownictwa z uprawnieniami do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie. Jest to jeden z przykładów na to, że w złożonych rozwiązaniach, a do takich niewątpliwie należą złącza elementów konstrukcji, trudno przewidzieć zmienność wszystkich parametrów mających wpływ na nośność i trwałość konstrukcji. Szczęśliwie dla użytkowników hali, powolna propagacja uszkodzeń pozwoliła je w porę dostrzec i zapobiec katastrofie.

Więści z 2016 roku

Burmistrz Robert Świerczek zawarł ugodę z wykonawcą hali. Firma Lignomat poniosła koszty około miliona złotych, a gmina dołożyła 175 tysięcy złotych. Konstrukcja została naprawiona, sala wyremontowana, a nawet ulepszona. Skonstruowano też specjalny system ogrzewania i wentylacji sali.

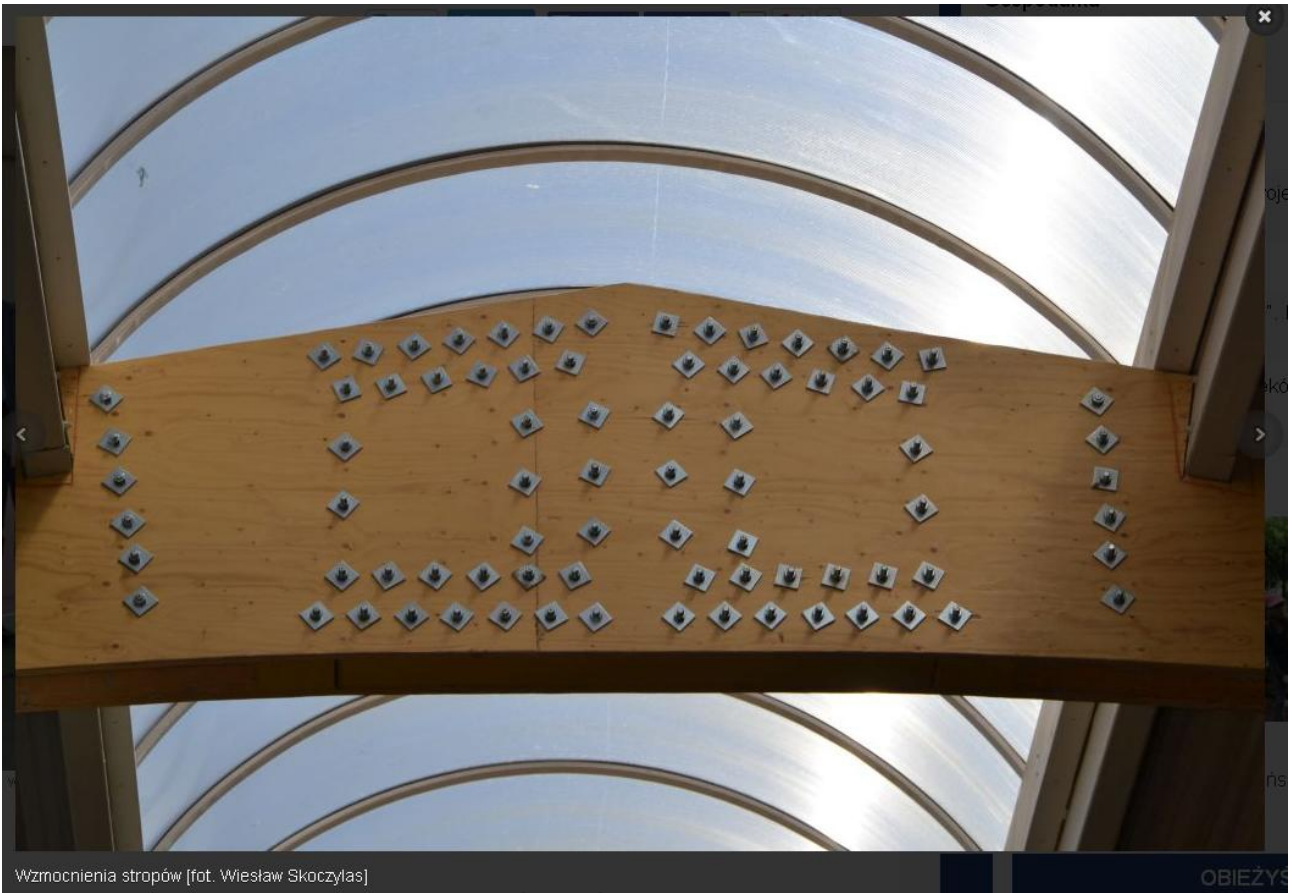
Halę wyremontowano nowatorską metodą, jedyną w Polsce, a nawet w Europie, dzięki ekspertyzie i projektowi Politechniki Wrocławskiej. Śruby o specjalnej długości sprowadzono ze Szwecji - poinformował Mieczysław Szczepny, kierownik budowy. Naprawiono także m.in. dach, który w okresie, gdy hala była nieczynna, zaczął przeciekać. Gmina za dodatkowe prace zapłaciła 369 tysięcy złotych.

Zarówno władze miasta, jak i dyrekcja szkoły zadowolone są z efektów remontu. Wiceburmistrz Katarzyna Zawadzka podziękowała wykonawcom, a Mariusz Adamik, wicedyrektor szkoły podziękował nauczycielom za zaangażowanie i cierpliwość.



Władze miasta, Dyrekcja PG w Byczynie na wyremontowanej hali | fot. Wiesław Skoczylas

STUDIO REPORT



Wzmocnienia stropów [fot. Wiesław Skoczyła]

OBIEŻYS

Po na naprawie widać dodatkowe nakładki ze sklejki i nowe mocniejsze śruby.