

## 1. Podstawa opracowania

Ekspertyzę wykonano na podstawie zlecenia Wspólnoty Mieszkaniowej przy ul. Niepodległości 209 w Wałbrzychu – umowa nr 185/07/2017 z dnia 20.07.2017r.

## 2. Cel ekspertyzy

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego stropu w części korytarza nad piwnicą w budynku przy ul. Niepodległości 209 w Wałbrzychu oraz podanie sposobu wykonania remontu przedmiotowego stropu.

## 3. Akty prawne i dokumenty przywołane lub wykorzystane w opracowaniu

- ✚ Ustawa z 7 lipca 1994r. Prawo Budowlane;
- ✚ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r w; sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie;
- ✚ Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych;
- ✚ Dokumentacja fotograficzna;
- ✚ Inwentaryzacja piwnicy;
- ✚ Oględziny przedmiotowego obiektu;
- ✚ Polska norma PN-80/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie;
- ✚ Polska norma PN-74/B-02009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia stałe i zmienne;
- ✚ Dokumentacja rysunkowa:
  - rys. nr 1/4 rzut fragmentu piwnicy inwentaryzacja
  - rys. nr 2/4 rzut piwnic strop korytarzowy

## 4. Opis techniczny

Budynek przy ul. Niepodległości 209 w Wałbrzychu to obiekt wielokondygnacyjny podpiwniczony całkowicie.

Stropy piwnic – ceramiczne odcinkowe na belkach stalowych.

Belki stalowe stropów odcinkowych wykonano z dwuteowników normalnych I200. Osiowy rozstaw belek jest zróżnicowany od 106cm do 150cm. Rozpiętość belek: 243 cm. Wysokość pomieszczenia korytarzowego piwnicy w świetle pod belkami wynosi 159 cm natomiast w najwyższym punkcie stropu łukowego 177 cm. Poprzeczny wymiar stalowej belki stropowej to: wysokość 200mm oraz szerokość stopki 90mm.

Grubość ścian poprzecznych na których wsparto stalowe belki stropu odcinkowego to z obu stron 50cm. Szerokość korytarza piwnicznego a zarazem korytarza parteru 243cm długość 449cm. Ta powierzchnia zostanie poddana remontowi. Grubość stropu ceramicznego łącznie z warstwą posadzki cementowej to 38cm. Uszkodzone belki stropowe stalowe zostały podparte podłużnymi belkami drewnianymi oraz słupkami wykonanymi z drewnianych krawędziaków.



*zabezpieczenie uszkodzonych belek stropowych stalowych*

Na zdjęciu widoczne ślady zwiększonej wilgotności ścian piwnic.

## **5. Przyczyny i rodzaj uszkodzenia**

Zwiększony poziom wilgoci w piwnicach spowodował korozję elementów stalowych stropów piwnic, w szczególności w części korytarzowej piwnicy.

Silnie skorodowana belka stropowa. Zawilgocone tynki na ceramicznej płycie łukowej stropu oraz na belce stalowej doprowadziło do korozji wgłębnej. Taki rodzaj korozji powoduje całkowite zniszczenie elementu belki (dolne półki belek).

Korozją nazywamy proces niszczenia metali oraz ich stopów, na skutek chemicznego lub elektrochemicznego działania otaczającego ich ośrodka. Niszczenie metalu zaczyna się od powierzchni metalu, które w dalszym etapie posuwa się głębiej w przekrój elementu. Niszczeniu towarzyszy na ogół zmiana wyglądu powierzchni, np. powstawanie rdzy na stali będącej produktami jego utleniania.



*korozja powodująca rozwarstwienie dolnych pólek belek stropowych*

Biorąc pod uwagę geometrię i lokalizację obszarów zmian korozyjnych oraz uwarunkowania zachodzących zjawisk można wyróżnić następujące podstawowe rodzaje korozji:

- korozja ogólna (równomierna),
- korozja międzykrystaliczna,
- korozja wżerowa,
- korozja selektywna,
- pękanie korozyjne,
- korozja wodorowa,
- korozja szczelinowa,
- korozja gazowa (wysokotemperaturowa).

W analizowanym przypadku mamy do czynienia z korozją ogólną.

Korozja ogólna charakteryzuje się równomiernym ubytkiem materiału warstwy wierzchniej na skutek reakcji składników stali z agresywnymi składnikami środowiska zewnętrznego.

Ulegają jej materiały o niskiej odporności na korozję, np. stale zwykłej jakości oraz niestopowe i niskostopowe stale wyższej jakości w atmosferze i w wodzie, większość stopów metali w środowiskach agresywnych.

Tworzące się produkty korozji są słabo związane z podłożem i ze względu na dużą porowatość nie stanowią bariery ochronnej zapobiegającej dalszemu utlenianiu.

Przyczyną korozji stalowych belek stropowych jest zwiększony poziom wilgoci w piwnicach oraz brak zabezpieczenia antykorozyjnego elementów stalowych.

Należy obniżyć poziom zawilgocenia piwnic poprzez stosowanie metod nieinwazyjnych lub wykonanie drenażu opaskowego z izolacjami przeciwwilgociowymi pionowymi.

Stalowe konstrukcje belek stropowych po wykonanym remoncie należy zabezpieczyć antykorozyjnie.

Jednym ze sposobów zabezpieczenia antykorozyjnego jest zastosowanie powłok ochronnych. Powłoki ochronne stosowane jako ochrona czasowa lub trwała, ze względu na skład chemiczny dzieli się na: organiczne (malarskie i z tworzyw sztucznych), niemetalowe i metalowe.

- Powłoki malarskie wytwarza się jako jednowarstwowe lub wielowarstwowe. Powłoki wielowarstwowe składają się z warstwy podkładowej, zwanej też gruntową, warstw pośrednich i warstwy nawierzchniowej. Materiały stosowane na poszczególne typy warstw to farby, lakiery i emalie. Farby są to wyroby malarskie składające się ze spoiwa, pigmentów i wypełniaczy. Lakiery są to roztwory substancji błonotwórczych (spoiw) w rozpuszczalnikach. Emalie zawierają spoiwo lakierowe oraz pigmenty i wypełniacze, ale w ilościach mniejszych niż w farbach. Farby podkładowe stosuje się jako okresowe, np. na czas montażu lub reaktywne, jako podkład przed dalszym malowaniem. Farby podkładowe, ze względu na ich właściwości, dzieli się na izolujące, pasywujące i protektorowe. Farby podkładowe izolujące izolują podłoże mechanicznie i elektrycznie od środowiska. Zawierają pigmenty obojętne, np. biel tytanowa, tlenek żelaza, biel cynkową. Farby podkładowe pasywujące działają izolująco i pasywująco powodując tworzenie się warstewki tlenków i soli metalu. Pigmenty w tych farbach są silnymi utleniaczami, np. minia ołowiowa, chromian cynku, chromian ołowiu, hydroksysiarczany ołowiu.
- Powłoki niemetalowe - zaletami materiałów niemetalowych stosowanych jako powłoki ochronne są:
  - dobra odporność na korozję atmosferyczną i czynniki chemiczne;
  - dobre właściwości izolacyjne, elektryczne i cieplne;
  - estetyczny wygląd.Jako powłoki niemetalowe stosuje się emalie techniczne, tworzywa sztuczne, gumy, pokrycia izolacyjne wieloskładnikowe.
- Powłoki z tworzyw sztucznych są stosowane w bardzo szerokim zakresie i wykazują stałą tendencję rozwoju ze względu na szereg zalet. Tworzywa sztuczne stosowane na powłoki ochronne dzieli się na trzy grupy: termoutwardzalne, termoplastyczne i chemoutwardzalne. Na powłoki z tworzyw sztucznych stosuje się: *polichlorek winylu, polietylen, polipropylen, poliamidy, polimery fluorowęglowe,*

## **6. Wpływ korozji na obniżenie wytrzymałości konstrukcji**

Tak znaczna korozja dolnych pól dwuteownikowych belek stropowych nie pozostaje bez wpływu na ich walory wytrzymałościowe.

### Podstawowe warunki wytrzymałościowe

Rozróżniamy dwa rodzaje prostych stanów naprężeń które występują w omawianym przypadku belek stropowych piwnic przy ul. Niepodległości 209 w Wałbrzychu:

- naprężenia normalne, w których obciążenie oddziałuje w kierunku prostopadłym do rozpatrywanego przekroju
- naprężenia styczne, w których obciążenie oddziałuje równoległe do rozpatrywanego przekroju

Belki stropowe poddane są naprężeniom normalnym na zginanie .

Warunek wytrzymałościowy naprężeń normalnych na zginanie ma postać:

$$\sigma_g = \frac{M}{W_x} \leq k_g$$

gdzie:

$\sigma_g$	–	naprężenia	normalne	zginające	w	[Pa],
$M$	–	moment	zginający	przekrój	w	[Nm],
$W_x$	–	wskaźnik	wytrzymałości	przekroju	na zginanie	[m <sup>3</sup> ],

$k_g$  – naprężenia dopuszczalne na zginanie w [Pa]

Warunek wytrzymałościowy naprężeń stycznych na ścinanie ma postać:

$$\tau_t = \frac{F}{S} \leq k_t$$

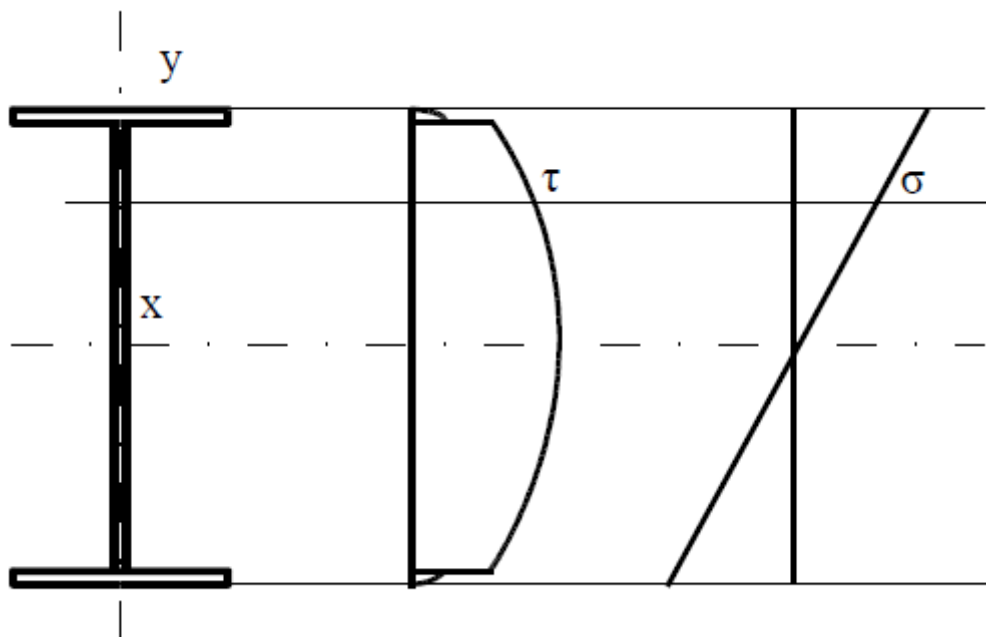
gdzie:

$\tau_t$	–	naprężenia	styczne	w	[Pa],
$F$	–	siła		w	[N],
$S$	–	przekrój	na który działa siła $F$	wyrażony w	[m <sup>2</sup> ],

$k_t$  – naprężenia dopuszczalne na ścinanie w [Pa] dostępne [tutaj](#) >

Brak dolnych półek belek dwuteownikowych ma istotny wpływ na zmniejszenie momentu bezwładności względem osi x a tym samym na zmniejszenie wskaźnika wytrzymałości na zginanie  $W_x$ . Dolne i górne półki dwuteowników mają niewielki wpływ na wielkość naprężeń stycznych. Naprężenia styczne głównie przenoszą środniki belek dwuteowych,





*Wykresy naprężeń normalnych i stycznych dla przekroju dwuteownikowego*

Z wykresów wytrzymałościowych wynika, że maksymalne naprężenia normalne występują w obrębie górnej i dolnej półki dwuteowników. Naprężenia te powstają w wyniku obciążenia belki obciążeniem równomiernie rozłożonym, a zatem ich maksimum przypada w środku rozpiętości belki.

Innymi słowy brak półek a zwłaszcza dolnej półki znacznie osłabia belkę i wpływa na obniżenie jej nośności a tym samym wytrzymałości na zginanie

Naprężenia styczne potocznie zwane naprężeniami ścinającymi swoje maksimum osiągają w poziomej osi symetrii przekroju potocznie w środku wysokości belki – w środku. Wpływ dolnej i górnej półki na wytrzymałość na ścinanie jest znikoma. Praktycznie całe naprężenia styczne przenosi środek belki dwuteowej. Największe naprężenia styczne występują w strefie przypodporowej.

Jeżeli środek belki stropowej dwuteowej nie jest skorodowany to problem wytrzymałości na ścinanie należy pominąć.

W przypadku skorodowanej dolnej półki należy rozwiązać problem utraty wytrzymałości na zginanie.

Przedmiotowe belki stropowe wykonano z dwuteowników normalnych I200. Moment bezwładności  $I_x$  dla I200 wynosi  $2140\text{cm}^4$ , wskaźnik wytrzymałości  $W_x$  wynosi  $214\text{cm}^3$

Po całkowitym zniszczeniu dolnej półki przez korozję praktycznie pozostał przekrój teowy jako element nośny.

Przeliczając moment bezwładności tego przekroju wzorami Steinera otrzymujemy  $I_x = 833\text{cm}^4$

To ponad dwukrotne zmniejszenie momentu bezwładności; wskaźnik wytrzymałości  $W_x = 65\text{cm}^3$  Brak dolnej półki zmniejsza wskaźnik wytrzymałości ponad trzykrotnie a to w taki sam sposób przenosi się na utratę wytrzymałości na zginanie.

## 7. Wilgoć w pomieszczeniu piwnicznym

Pomierzono dwoma metodami zawilgocenie ścian w pomieszczeniu piwnicznym. Pierwsza metoda polegała na pomiarzeniu zawilgocenia wilgotnościomierzem. Zastosowano wilgotnościomierz LaserLiner MultiWet-Master. Pomiar ściany przy posadzce pkt.1 (rys. nr1/4 ) wykazał zawilgocenie 31,9%. Pomiar w tym obszarze tuż pod belką wykazał zawilgocenie 21,5%.

Druga metoda pomiaru zawilgocenia ściany polegała na badaniu termowizyjnym. Klasyczne badania termowizyjne w tym zakresie sprowadzają się do wykonywania pomiarów kamerą termowizyjną i do wskazania zawilgoconych miejsc i zasięgu zawilgocenia - temperatura powierzchni zawilgoconych elementów jest niższa niż mniej zawilgoconych fragmentów przegrody. W ocenie stopnia zawilgocenia istotnym jest określenie dopuszczalnych wartości wilgotności przegród w zależności od rodzaju materiałów. Polska norma PN-82/B-02020 „ochrona cieplna budynków” podaje dopuszczalne wartości materiałów budowlanych w zewnętrznych przegrodach. I tak dopuszczalna wilgotność materiału w zewnętrznych przegrodach budowlanych wykonanych z cegły ceramicznej wynosi 3%. Ta sama norma określa stopień zawilgocenia murów ceglanych.



*zawilgocenie muru przy posadzce 31,9% przy wilgotności względnej powietrza 56,4 % i temperaturze punktu rosy 14,7°C*

Na zdjęciu powyżej pomierzono wilgotność względną powietrza w piwnicy, temperaturę powietrza w piwnicy 24,2°C, temperaturę punktu rosy. Pomiary te oznaczają, że jeżeli temperatura powietrza w piwnicy spadnie poniżej punktu rosy, to jest poniżej 14,7°C to na powierzchni ściany wkropli się para wodna i w znaczny sposób zwiększy zawilgocenie ściany.



*zawilgocenie ściany pod belką stropową 21,5% przy wilgotności względnej powietrza 59,6 % i temperaturze punktu rosy 15,7<sup>o</sup>C*

Z pomiarów tych wynika , że rozkład zawilgocenia zmienia się w zależności od odległości od posadzki piwnicy. Przy posadzce zawilgocenie jest największe, przy suficie zawilgocenie jest mniejsze, jednak znacznie przekraczające dopuszczalne normowe wartości.



## Obraz termowizyjny FLIR – raport

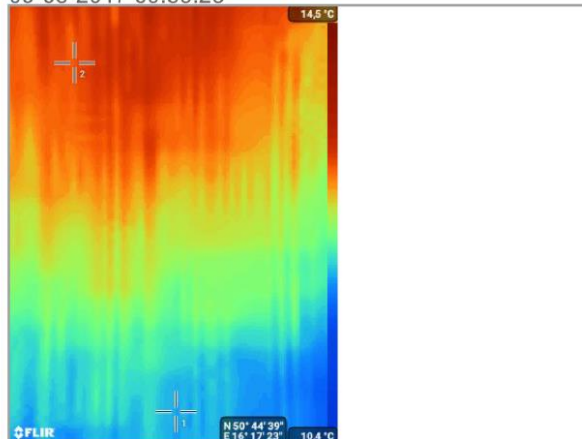
### Pomiary (°C)

Punkt 1		11,9
Punkt 2		13,0

### Parametry

Emisyjno	0,90
Temp. odbita	25,00 °C
Odlego	1,00 m
Wilgotno wzgl dna	50,00 %
Temp. powietrza	20,00 °C
Transmitancja	0,94
Temp. okna IR	28,49 °C
Trans. okna IR	0,83
Szeroko geograficzna	N 50° 44' 39"
Dugo geograficzna	E 16° 17' 23"

09-08-2017 09:33:28



Szeroko geograficzna: N 50° 44' 39", Dugo geograficzna: E 16° 17' 23"  
flir\_20170809T093327.jpg



Obraz termowizyjny pokazuje zwiększoną wilgotność przy posadzce ( dolna część zdjęcia – niebieska) oraz zmniejszoną wilgotność przy suficie.

Według normy PN-82/B-02020 stopień zawilgocenia murów ceglanych określa się następująco:

- od 0-3% mury o dopuszczalnej wilgotności
- od 3 % do 5% mury o podwyższonej wilgotności
- od 5 % do 8 % mury średnio zawilgocone
- od 8% do 12 % mury mocno zawilgocone
- powyżej 12 % mury mokre

Z pomiarów zawilgocenia murów piwnicznych w budynku przy ul. Niepodległości 209 w Wałbrzychu wynika, że mury piwniczne są mokre. Wilgoć destrukcyjnie wpłynęła na stalową konstrukcję stropu odcinkowego. Przed wymianą stropu lub w niedalekiej przyszłości po wymianie stropu należy wykonać zabezpieczenie przeciwwilgociowe przedmiotowego budynku.

## **8. Sposób naprawy stropu w strefie korytarzowej**

Jest kilka sposobów naprawy przedmiotowego stropu. Pierwszy sposób to wymiana stropu ceramicznego odcinkowego na strop z płyt żelbetowych na belkach stalowych. Płyty żelbetowe wykonywane na miejscu ( na mokro) na belkach stalowych lub stropowe płyty żelbetowe typu WPS również na belkach stalowych. Drugi sposób to żelbetowa płyta stropowa wykonana na całej powierzchni korytarza, kolejny sposób to wzmocnienie skorodowanych belek stropowych poprzez podparcie innymi belkami stalowymi na całej długości istniejących belek.

Stalowe elementy konstrukcyjne można wzmacniać poprzez dospawanie innych elementów stalowych. Tak powstały nowy zwiększony przekrój poprzeczny przelicza się wzorami Steinera na moment bezwładności i wskaźnik wytrzymałości.

Jeżeli nie ma możliwości trwałego połączenia np. poprzez spawanie zniszczonych elementów przekroju z nowymi – wzmocnienie uzyskuje się poprzez odpowiednie podparcie istniejących elementów. W takim przypadku liczy się wskaźniki poszczególnych przekrojów i sumuje się. Jest to mniej korzystne rozwiązanie w stosunku do trwałego połączenia ale w niektórych przypadkach jedyne możliwe do zastosowania.

W przypadku wzmocnienia istniejących belek stropowych w piwnicy budynku Niepodległości nr 9 można pod „zniszczone” belki stropowe „podłożyć” stalowe belki dwuteownikowe typu HEB100 wsparte na elemencie podporowym wykonanym w konstrukcji stalowej.

Obliczony wskaźnik wytrzymałości uzyskanego elementu nośnego (przekrój teowy otrzymany z I200 bez dolnej półki oraz HEB100) przeniesie obciążenia stropu pod częścią korytarzową.

Elementy wsporcze mocowane mogą być do ścian nośnych poprzecznych gwintowanymi trzpieniami M20 przelotowo przez całą grubość ściany. Po przeciwnej stronie ściany w stosunku do elementu wsporczego trzpienie gwintowane mocowane będą podkładką pod nakrętkę wykonaną z blachy o grubości 6mm i wymiarach 10x10cm.

Technologia montażu belek wzmacniających HEB

Przed zamontowaniem belek stropowych HEB100 oraz elementów podporowych należy usunąć skorodowane i rozwarstwione elementy belek istniejących. Tak oczyszczoną konstrukcję belek należy zabezpieczyć antykorozyjnie powłokami malarskimi wielowarstwowymi. Kolejnym etapem jest montaż belek HEB100 i elementów podporowych. Przed montażem elementów podporowych belki HEB „podłożyć wzdłużnie” pod uszkodzone istniejące belki stropowe i podeprzeć stemplami. Po zamontowaniu do ścian nośnych stalowego elementu podporowego podparcie belek HEB zdemonstrować słupki podporowe. Ewentualne szczeliny powstałe między istniejącymi belkami stropowymi a belkami HEB100 szczelnie klinować blachą stalową. Całość konstrukcji zabezpieczyć antykorozyjnie.

Ten sposób wzmocnienia istniejącego stropu odcinkowego w piwnicy jest z jednej strony korzystny, bo umożliwia korzystanie z wejścia do budynku mieszkańcom bez przeszkód. Z drugiej jednak strony zaniża znacznie światło pod belkami. W chwili obecnej Wysokość pomieszczenia liczona od posadzki piwnicy do dolnej półki belki stropowej wynosi 159cm. Stosując wyżej opisaną metodę wzmocnienia zmniejszy się wysokość pomieszczenia pod belkami do 149cm. Rozwiązanie jest uciążliwe i praktycznie nieuzasadnione z użytkowego punktu widzenia. Jednak w stosunku do wymiany tej części stropu jest znacznie (kilkukrotnie) tańsze.

Wymiana stropu na strop żelbetowy typu WPS na belkach stalowych.

To rozwiązanie przewiduje całkowity demontaż istniejącego stropu ceramicznego odcinkowego na belkach stalowych. Zamontowanie nowych belek stalowych dwuteownikowych typu HEB 120 w miejsce i w gniazdach starych stalowych belek stropowych, zamontowanie płyt stropowych typu WPS o zróżnicowanych długościach w każdym polu między belkami. Wykonanie izolacji termicznej ze styropianu o grubości 3cm oraz wierzchniej posadzki cementowej grubości 6cm zbrojonej stalową siatką oraz posadzką z płytek posadzkowych typu Gress antypoślizgowy. Przy wykonywaniu stropów z płyt WPS układanych na belkach stalowych należy przestrzegać następujących zasad:

- ✚ Układ, numer belek stalowych stropu i płyt typu WPS powinny być zgodne z projektem technicznym
- ✚ Odległość między osiami belek stalowych, w zależności od numeru belek oraz typów płyt WPS powinny być zgodne z zasadami sztuki budowlanej
- ✚ Dolne stopki belek stalowych, niezależnie od ich wysokości, powinny być usytuowane w jednym poziomie
- ✚ Przed ułożeniem płyt dolne stopki belek powinny być owinięte siatką drucianą typu Rabitza
- ✚ Płyty stropowe powinny być układane ściśle obok siebie
- ✚ Po ułożeniu płyt, styki między skrajnymi podłużnymi żebrami płyty należy wypełnić betonem, a styki między płytami a środkami belek rzadką zaprawą cementową
- ✚ Belki stropu należy obetonować.
- ✚ Do wykonania stropów z płyt WPS, niezależnie od wymagań stanów granicznych nośności i użytkowania, należy stosować belki stalowe (o przekroju dwuteowym lub ceowym) o takiej szerokości stopki, aby zapewnić oparcie płyt co najmniej na długości 4cm.

Stalowe belki stropowe należy oprzeć w gniazdach wykutych w murze na głębokości co najmniej 20cm.

Ten sposób remontu przedmiotowego stropu jest uciążliwy dla mieszkańców budynku bo wymusza wykonanie drewnianych pomostów komunikacyjnych na czas robót budowlanych ale jest korzystny bo zwiększy wysokość pomieszczenia piwnicznego ze 159cm do 177cm.

## **9. Wnioski końcowe**

- **bezpośrednią przyczyną uszkodzenia stalowych belek stropowych piwnic jest zwiększony poziom wilgoci w pomieszczeniach piwnicznych**
- **naprawa stropu polegać będzie na wymianie stropu ceramicznego odcinkowego na strop typu WPS na belkach stalowych w obszarze korytarzowym lub w zależności od decyzji Wspólnoty mieszkaniowej podparcie dodatkowymi belkami podłużnymi typu HEB 100**
- **zmniejszyć poziom zawilgocenia piwnic metodami nieinwazyjnymi lub inwazyjnymi ( drenaż opaskowy i izolacje przeciwwilgociowe)**

W przypadku wystąpienia odmiennych warunków niż założone w ekspertyzie powiadomić autora opracowania.

Wałbrzych sierpień 2017