

AUTORZY – WYKAZ ALFABETYCZNY

<b>BARTOSZEK Zygmunt</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>DAWCZYŃSKI Szymon</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>DULAK Leszek</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>GÓRSKI Marcin</b>	<b>Artykuł 1 Artykuł 2 Artykuł 3</b>
<b>GROMYSZ Krzysztof</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>GRZESIK Tomasz</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>KNOPPIK Agnieszka</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>KRZYWOŃ Rafał</b>	<b>Artykuł 1 Artykuł 2</b>
<b>KWIECIEŃ Sławomir</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>MARCHACZ Michał</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>NOWOŚWIAT Artur</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>SĘKOWSKI Jerzy</b>	<b>Artykuł 1</b>
<b>ŻUCHOWSKI Rafał</b>	<b>Artykuł 1</b>

*DAWNA FABRYKA DRUTU  
GLIWICE*

*MONOGRAFIA  
SPOTKANIE Z ZABYTKIEM*

*NR 3 ( II ) 2008*



*Wydawnictwo  
Wydziału Budownictwa  
Politechniki Śląskiej  
Gliwice*

**Redaktor Naczelny:** prof. dr hab. inż. Stanisław MAJEWSKI

**Redaktor Techniczny:** mgr inż. Dominik WOJEWÓDKA

**Sekretarz Monografii:** dr inż. Antonina ŻABA

**Adres Redakcji:**

Redakcja monografii SPOTKANIE Z ZABYTKIEM

Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej

44-100 GLIWICE, ul. Akademicka 5

Tel. + 48 032 237 21 42

Monografia udostępniona jest na stronie

**<http://kaproc.rb.polsl.pl/spotkanie/index.html>**

**Recenzenci monografii SPOTKANIE Z ZABYTKIEM 3(II) 2008:**

**BUDOWNICTWO**

**- fizyka budowli**

prof. dr hab. inż. Piotr KLEMM – Politechnika Łódzka

**- geotechnika**

dr hab. inż. Jan GASZYŃSKI – prof. nzw. w Politechnice Krakowskiej

**- konstrukcje**

prof. dr hab. inż. Marian KAWULOK – ITB Oddział Śląski

dr hab. inż. Zbigniew WÓJCICKI – prof. nzw. w Politechnice Wrocławskiej

dr hab. inż. Jerzy JASIEŃKO – prof. nzw. w Politechnice Wrocławskiej



Projekt okładki Antonina ŻABA

Wykorzystano:

- archiwalne zdjęcie obiektu,
- rysunek Aleksandry i Urszuli KOZIK

Nakład: 200 egzemplarzy

Oprawa i druk:

D&D Sp. z o.o.

44-100 Gliwice, ul. Moniuszki 6

Tel. (32) 230-84-24

## **SPIS TREŚCI**

Grażyna GRZESIK	FABRYKA DRUTU – FABRYKA KULTURY, CZYLI ZE STAREGO W NOWE	<b>7</b>
	FROM OLD WIRE FACTORY TO NEW FACTORY OF CULTURE	
Tomasz GRZESIK	ARCHITEKTONICZNA WIZJA REWI- TALIZACJI BUDYNKÓW FABRYKI DRUTU	<b>11</b>
	ARCHITECTURAL VISION OF WIRE FACTORY BUILDINGS REVITALISA- TION	
 <b>BUDOWNICTWO</b>		
<b>- fizyka budowli</b>		
Leszek DULAK Michał MARCHACZ Artur NOWOŚWIAT Rafał ŻUCHOWSKI	OCENA AKUSTYCZNA HALI DAW- NEJ FABRYKI DRUTU ADAPTOWA- NEJ DO ODBIORU DŹWIĘKU MU- ZYCZNEGO	<b>17</b>
	ACOUSTIC ESTIMATE OF WIRE FAC- TORY HALL ADAPTED TO RECEP- TION MUSICAL SOUND	
 <b>- geotechnika</b>		
Jerzy SĘKOWSKI Sławomir KWIECIEŃ Zygmunt BARTOSZEK	GEOTECHNICZNE WARUNKI POSA- DOWIENIA BUDYNKU DAWNEJ FA- BRYKI DRUTU W GLIWICACH	<b>29</b>
	GEOTECHNICAL CONDITIONS OF OLD WIRE FACTORY BUILDING FOOTING	

**- konstrukcje**

Rafał KRZYWOŃ  
Marcin GÓRSKI  
Szymon DAWCZYŃSKI

ROLA INŻYNIERA BUDOWNICTWA  
W PROCESIE REWITALIZACJI  
OBIEKTÓW POPRZEMYSŁOWYCH  
NA PRZYKŁADZIE FABRYKI DRUTU W  
GLIWICACH

**37**

THE ROLE OF STRUCTURAL ENGI-  
NEER DURING THE REVITALIZATION  
OF POSTINDUSTRIAL AREAS ILLUS-  
TRATED BY THE EXAMPLE OF GLI-  
WICE WIRE MANUFACTURE

Krzysztof GROMYSZ

STANOWISKO POMIAROWE DO  
BADANIA WPŁYWÓW DRGAŃ  
WYWOŁANYCH BUDOWĄ TUNELU  
NA ZABYTKOWY BUDYNEK DAWNEJ  
FABRYKI DRUTU W GLIWICACH

**45**

LABORATORY APPARATUS FOR  
MEASURING VIBRATION OF HIS-  
TORICAL WIRE FACTORY IN GLI-  
WICE CAUSED BY GEOTECHNICAL  
WORKS

Marcin GÓRSKI  
Rafał KRZYWOŃ

TECHNICZNE MOŻLIWOŚCI ADAP-  
TACJI BUDYNKU GŁÓWNEGO FA-  
BRYKI DRUTU NA CENTRUM WY-  
STAWIENNICZE

**63**

TECHNICAL POSSIBILITIES OF THE  
ADAPTATION OF WIRE MANUFAC-  
TURE'S MAIN BUILDING FOR THE  
EXHIBITION CENTER

Marcin GÓRSKI  
Agnieszka KNOPPIK

O KONSTRUKCJI ZABYTKOWEGO  
BUDYNKU STOLARNI W FABRYCE  
DRUTU

**77**

ABOUT THE STRUCTURE OF HIS-  
TORICAL JOINERY BUILDING IN  
WIRE MANUFACTURE

Monografię *SPOTKANIE Z ZABYTKIEM*

zaplanowano jako kwartalnik, w którym publikowane będą prace poświęcone interdyscyplinarnym badaniom prowadzonym w wybranych zabytkowych obiektach architektonicznych. Celem badań jest pomoc w utrzymaniu tych obiektów. Monografia będzie prezentować wyniki prac prowadzonych w jednym obiekcie.

Wydawca ma nadzieję, że rozwiązywanie problemów w wybranym zabytku przez zespoły interdyscyplinarne pomoże w szeroko rozumianym utrzymaniu obiektów zabytkowych. Równocześnie liczymy na to, że monografia będzie interdyscyplinarnym forum dyskusyjnym poświęconym ochronie zabytków architektonicznych, poradnikiem dla użytkowników takich obiektów i studentów, którzy w przyszłości będą pracować w obiektach zabytkowych i objętych ochroną konserwatorską.

Gliwicka Fabryka Drutu należy do najstarszych założeń przemysłowych w Europie. Idea kompleksowego budowy ośrodka nowoczesnego przemysłu na Górnym Śląsku realizowana była tu od końca XVIII wieku przez zespół i następców szkockiego inżyniera Baildona. Ponad 150 lat temu powstała Fabryka Drutu, która po kilkudziesięciu latach rozwoju stała się jednym z największych tego typu zakładów w Europie.

Mimo iż dziś ta sytuacja radykalnie się zmieniła, zabudowania Fabryki Drutu stanowią cenny fragment poprzemysłowego dziedzictwa Gliwic i Górnego Śląska, który, powinien przynajmniej w części ocaleć by świadczyć o przeszłości tego terenu.

Niniejsza Monografia ma, w zamierzeniu, pomóc realizacji tego celu i dostarczyć administratorom obiektów wchodzących w skład oryginalnego założenia Fabryki Drutu informacji o zagrożeniach wynikających z obecnego stanu obiektów, a także możliwych nowych zagrożeniach, wynikających z prac budowlanych w tej części Gliwic (jak np. budowa DTŚ), możliwościach napraw i zabezpieczeń budowli, a także informacji pomocnych w rewitalizacji obiektów i przekształceniu ich w ośrodek kultury i sztuki. Autorzy tego opracowania mają nadzieję, że ich wkład stanowi tylko zaczyn do dalszej dyskusji i kolejnych prac grup eksperckich innych specjalności, i że za kilka lat powstanie centrum kształtujące nowy obraz Gliwic.

Redaktor zeszytu Marcin GÓRSKI, dr inż.



*Fabryka Drutu – Fabryka Kultury,  
czyli ze starego w nowe*

Czar starych fabryk niezmiennie przyciąga i zachwyca swym klimatem i walorami architektonicznymi. Europa zamienia dawne budynki fabryczne na centra kultury.

Gliwice, wzorem innych miast również włączyły się w modny nurt adaptowania przestrzeni poprzemysłowych na rzecz działań edukacyjnych i kulturalnych ratując fragmenty industrialnego śląskiego dziedzictwa, m.in. Nowe Gliwice, Focus Park, Fabryka Drutu.

Hale fabryki drutu lata świetności mają już za sobą a nadanie im nowych funkcji i przekształcenie w tętniące życiem centrum kultury świetnie wpisuje się w projektowaną obecnie przestrzeń urbanistyczną centrum naszego miasta.

Historia powstania fabryki sięga II połowy XIX wieku i zbiega się z okresem nasilonej industrializacji Gliwic i całego Górnego Śląska.

Na boom przemysłowy tamtych czasów szczególny wpływ miało bliskie sąsiedztwo kopalń, dzięki którym powstające zakłady zaopatrywane były w węgiel dowożony furmankami z Rudy, Zabrza, Łagiewnik czy Chorzowa. Pod koniec XVIII wieku powstał Kanał Gliwicki, co w znaczącym stopniu usprawniło transport węgla i towarów oraz przyczyniło się do powstawania w okolicy kanału nowych zakładów przemysłowych.

Jednym z nich była pierwsza na Śląsku Fabryka Drutu utworzona w 1852 r. przez niemieckiego przemysłowca Wilhelma Hegenscheidta. Pierwsze lata działalności fabryki były niezwykle trudne. Współpraca z pobliskimi hutami w zakresie dostarczania niezbędnych surowców układała się nie najlepiej a zbyt fabrycznie wytwarzanych produktów przegrywał konkurencję z ręczną produkcją okolicznych kuźni.

Fabrykant musiał stoczyć kilkuletnią walkę konkurencyjną sprzedając fabryczne gwoździe po cenach niższych od kosztów ich produkcji, by w konsekwencji wyeliminować z rynku okolicznych kowali.

Podobnie miała się sprawa ze zbytem lin i drutu. W owym czasie śląskie górnictwo do transportu szybowego wykorzystywało liny produkowane z surowców roślinnych. Nie ufano oferowanym linom wykonanym z drutu żelaznego uważając je za zbyt sztywne i łamliwe.

Wilhelm Hegenscheidt dostarczał, więc do kopalń liny bezpłatnie, inkasując jednego feniga za każdą tonę wydobytą przy użyciu swoich lin.



Osobliwa transakcja bardzo się przemysłowcowi opłacała a dla przemysłu wydobywczego była początkiem stosowania nowych technologii w dziedzinie transportu szybowego.

Dalszy, szybki rozwój fabryki związany był z jej przebudową i modernizacją oraz przejściem przez Wilhelma Hegenscheidta Walcowni Cynku w Gliwicach (obecnie Zakład Tworzyw Sztucznych) oraz Huty Baildon w Katowicach.

Po kilkuletniej walce konkurencyjnej z utworzoną w Gliwicach przez właścicieli Huty Hermina fabryką produkującą podobny asortyment, nastąpiło połączenie obu zakładów w jedno przedsiębiorstwo pod nazwą Spółka Akcyjna Górnośląskiego Przemysłu Druciarskiego Caro-Hegenscheidt.

Połączono również zakłady hutnicze obu udziałowców (huty Julia, Hermina i Baildon) w Spółkę Akcyjną Górnośląski Przemysł Żelazny, która dwa lata później przejęła cały kapitał akcyjny spółki założycielskiej.

Postępująca koncentracja przemysłu hutniczego doprowadziła do powstania w 1926r. potężnego konsorcjum hutniczego na Górnym Śląsku a fabryka drutu do wybuchu II wojny światowej była największym i najnowocześniejszym tego typu zakładem w Niemczech.

Podczas wojny fabryka pracowała na rzecz przemysłu zbrojeniowego a po jej zakończeniu została upaństwowiona. W halach przy ulicy Dubois 22 powstały warsztaty szkolne Zespołu Szkół Mechaniczno – Hutniczych.

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia obiekty użytkowane przez szkołę zostały wydzielone z terenu zakładu przez Zarząd Fabryki Drutu i przekazane Kuratorium Oświaty w Katowicach.

Działalność warsztatów szkolnych w halach fabrycznych zakończyła się w 2001 r. Ucichł szum obrabiarek i gwar młodzieży a opuszczone hale na moment zastygły w bezruchu, zamknięte w poprzemysłowej przestrzeni starej zabudowy, niedostępne dla mieszkańców miasta, mimo, że położone w sąsiedztwie ulicy Zwycięstwa głównej, handlowo-usługowo-kulturalnej osi miasta.

Losom zapomnianych obiektów szczególnie zainteresowane było gliwickie Stowarzyszenie Animatorów Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży.

Stowarzyszenie Animatorów Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży jest organizacją edukacyjną, która od 1998r. prowadzi w Gliwicach szkoły na wszystkich poziomach kształcenia, w szczególności szkoły młodzieżowe: Liceum Ogólnokształcące o profilu przysposobienia wojskowego, Liceum Plastyczne i Ogólnokształcącą Szkołę Sztuk Pięknych.

Równoległe z decyzją o likwidacji warsztatów, zarząd Stowarzyszenia rozpoczął działania mające na celu wcielenie w życie idei przekształcenia hal w miejsce kultury. Pomysł spotkał się z dużym zrozumieniem i wsparciem ze strony Prezydenta Gliwic Zygmunta Frankiewicza, dzięki któremu udało się przeprowadzić niezbędne procedury własnościowe i Stowarzyszenie pozyskało fabrykę w długoletnią dzierżawę.

W ożywienie starych murów zaangażowały się gliwickie organizacje pozarządowe działające w dziedzinie kultury, Wydział Kultury UM, młodzież oraz nauczyciele szkół prowadzonych przez Stowarzyszenie.

Otwarcie galerii w fabryce nastąpiło w dniach 25-26 maja 2007r. imprezą „Halo!Gen” prezentującą współczesną, polską kulturę i sztukę na najwyższym poziomie artystycznym- prestiżowe wystawy, koncerty, pokazy kina autorskiego, instalacje artystyczne.

„Halo!Gen” stał się wydarzeniem kulturalnym i wszedł na stałe do kalendarza imprez artystycznych Gliwic.

Jednocześnie wraz z animacją przestrzeni starych hal fabrycznych Stowarzyszenie prowadzi działania zmierzające do ich rewitalizacji.

Projekt rewitalizacji obiektu został zapisany w Lokalnym Programie Rewitalizacyjnym Gliwic doskonale wpisując się w zmianę przeznaczenia terenów poprzemysłowych zlokalizowanych w ścisłym centrum miasta.

Projekt rewitalizacji starej fabryki drutu w 2008 r. został objęty prestiżowym programem „Spotkanie z zabytkiem” realizowanym przez naukowców Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej a patronat nad całym przedsięwzięciem objął dr hab. inż. Jan Ślusarek - prof. nzw. w Politechnice Śląskiej, Prorektor Politechniki Śląskiej.

Projekt przewiduje adaptację dwóch hal do pełnienia nowych funkcji: edukacyjnych, kulturalnych, społecznych i usługowych w powiązaniu z działaniami na rzecz walki z wykluczeniem społecznym. W zamyśle jest utworzenie wielofunkcyjnej sali widowiskowej, galerii sztuki współczesnej, pracowni artystycznych dla uczniów szkół plastycznych oraz aranżacja przestrzeni zewnętrznej będąca dopełnieniem nowej koncepcji urbanistycznej tej dzielnicy miasta.

W ramach zagospodarowania terenu, na którym zlokalizowany jest obiekt przewidziano likwidację niepotrzebnych instalacji i przybudówek w miejsce, których zostaną utworzone strefy zieleni, tworząc wraz z Parkiem Chopina oraz skwerem położonym nad planowaną w pobliżu Drogową Trasą Średnicową nową przestrzeń urbanistyczną o charakterze rekreacyjnym.

Grażyna GRZESIK  
Prezes Stowarzyszenia Animatorów  
Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży



Tomasz GRZESIK<sup>1</sup>

Stowarzyszenie Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży

## ARCHITEKTONICZNA WIZJA REWITALIZACJI BUDYNKÓW FABRYKI DRUTU

**Streszczenie.** Prezentowany niżej materiał jest streszczeniem głównych tez i rozwiązań przyjętych w architektonicznym projekcie rewitalizacji kompleksu budynków Fabryki Drutu administrowanych przez Stowarzyszenie Halo!Gen w Gliwicach.

**Słowa kluczowe:** architektura, rewitalizacja.

## ARCHITECTURAL VISION OF WIRE FACTORY BUILDINGS REVITALISATION

**Abstract.** Material presented below is a brief summary of main thesis and solutions assumed in architectural project of Wire Factory buildings administrated by Halo!Gen association in Gliwice.

**Keywords:** architecture, revitalisation.

### 1. Wprowadzenie

Głównym wyzwaniem dla projektantów podczas sporządzania projektu modernizacji budynków przy ulicy Dubois, było przekształcenie postindustrialnych, surowych przestrzeni w tętniące życiem centrum kultury i sztuki promujące młodych artystów.

Projekt obejmuje swoim zakresem dwa budynki niegdyś wchodzące w skład gliwickiej Fabryki Drutu oraz łączący je plac. Są one zróżnicowane pod względem funkcjonalnym i kubaturowym, jednakże całość ma bardzo wyraźny charakter architektury przemysłowej. Ich usytuowanie stworzyło swoisty klimat miejsca i bardzo oryginalne wnętrza urbanistyczne w samym centrum miasta. Sąsiadując z ulicą Zwycięstwa, terenami Parku Chopina wraz z palmiarnią, mogą stanowić doskonałe dopełnienie rekreacyjno – kulturalnej dzielnicy Gliwic.

---

<sup>1</sup> Mgr inż. arch., e-mail: qg @wp.pl



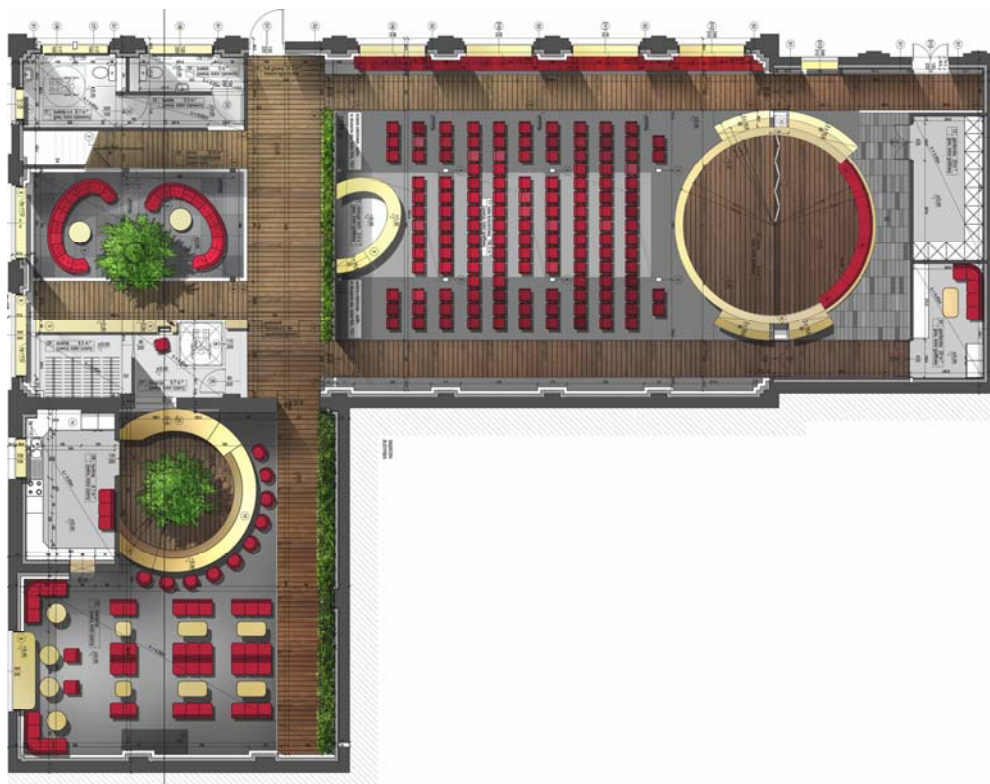
## 2. Ogólna charakterystyka hali głównej i kuźni

- powierzchnia całkowita parteru 520 m<sup>2</sup>,
- powierzchnia piętra 230 m<sup>2</sup>,
- kubatura parter 2381 m<sup>3</sup>,
- kubatura piętro 1280 m<sup>3</sup>,
- długość hali 35 m,
- szerokość hali 13,5 m.
- długość kuźni 12,2 m,
- szerokość kuźni 12,8 m,
- wysokość hali do świetlika 11,5 m.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny przez halę główną i kuźnię, T. Grzesik.

Fig. 1. Cross-section of main hall and forge, T. Grzesik.



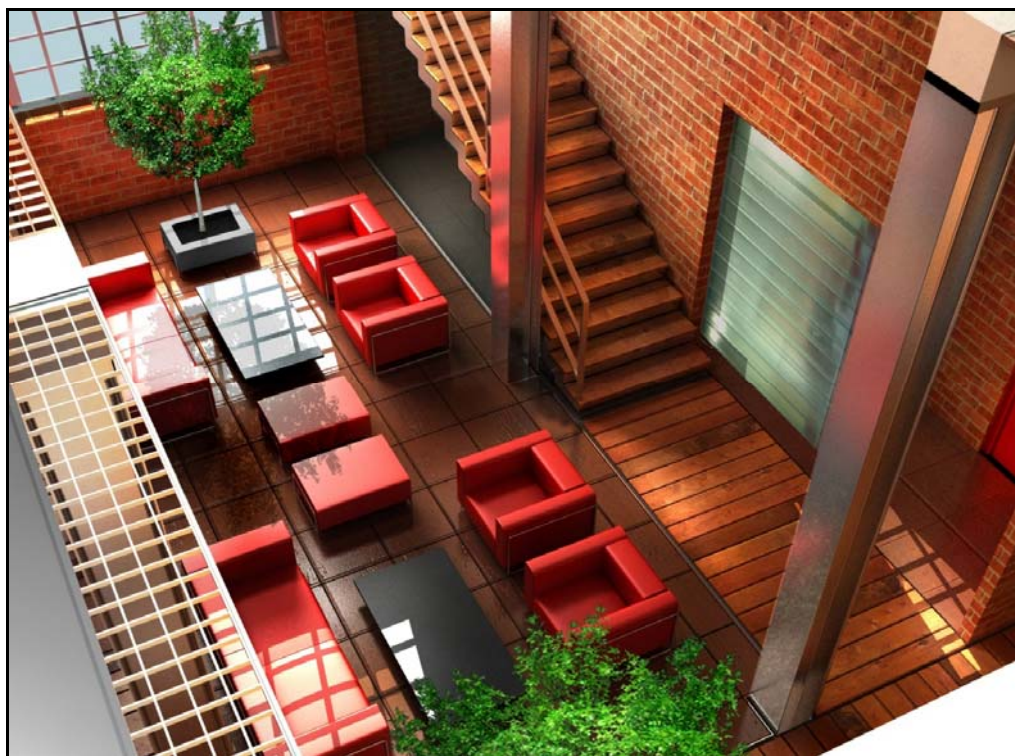
Rys. 2. Rzut hali głównej Fabryki Drutu, T. Grzesik.

Fig. 2. Plan of the main hall in Wire Factory, T. Grzesik.

### 3. Zabiegi budowlane

Projekt architektoniczno – budowlany zakłada adaptację istniejących obiektów w formie jak najbardziej zbliżonej do pierwotnej, tak aby kompleks zachował swój przemysłowy charakter. Nadanie im całkiem nowych funkcji, wiąże się z modyfikacją i uzupełnieniem niektórych brakujących elementów. Zabiegi te są jednak ograniczone głównie do zmian we wnętrzach. Konieczne są uzupełnienia konstrukcji, ścian osłonowych i elementów wykończenia.

Aby budynki mogły pełnić swoje funkcje o każdej porze roku, również zimą, ważnym krokiem jest wprowadzenie izolacji termicznej ścian zewnętrznych, stropów i dachu. Niezbędna także jest wymiana elementów stolarki drzwiowej, okiennej oraz świetlików dachowych. Stanowią one główne źródło światła w ciągu dnia. Stalowa konstrukcja zachowa swój pierwotny charakter, projekt jednak zakłada wymianę wyeksploatowanych elementów na nowe. Szkło wraz ze ślusarką zostanie zastąpione nowymi „ciepłymi” profilami a pojedyncze szyby będą wymienione na bezpieczne szkło termoizolacyjne.



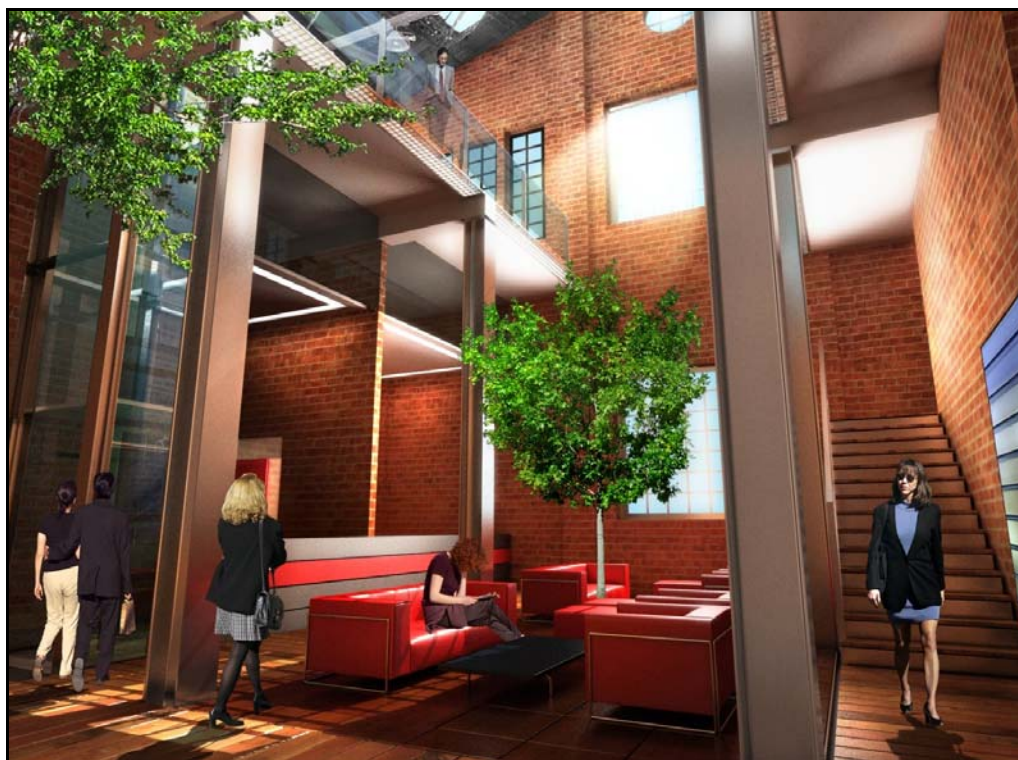
Rys. 3. Widok z piętra galerii hali głównej, T. Grzesik.

Fig. 3. View from the gallery's of main hall first level, T. Grzesik.

#### 4. Program funkcjonalno – przestrzenny

Centralną część galerii „Fabryka Drutu” stanowił będzie reprezentacyjny plac pomiędzy budynkami. Częściowo zadaszony lekką konstrukcją – ma on spełniać również funkcję letnich ogródków obsługiwanych przez sezonowe kawiarnie. Przy stolikach i ławkach zewnętrznych będzie można uczestniczyć w plenerowych pokazach filmów oraz koncertach na otwartym powietrzu. Budynek hali został zaadoptowany na część koncertowo – wystawienniczą. W parterze mieści się sala pokazowa na około 140 osób. Tutaj będą się odbywać koncerty, projekcje filmów, wykłady oraz różnego rodzaju spektakle. Za ruchomą ścianą sceny, zlokalizowane są natomiast pomieszczenia i garderoby dla artystów.

Obok sali przy wejściu zostały zaprojektowane: szatnia, toalety, kasy oraz poczekalnia, natomiast tuż za ścianą w byłym budynku kuźni będzie można odpocząć w kawiarni o ciekawym „industrialnym” charakterze, przy wielkim kowalskim „kominku”.



Rys. 4. Parter hali głównej, T. Grzesik.

Fig. 4. Ground floor of main hall, T. Grzesik.

Górna kondygnacja hali to przestrzeń wystawiennicza o powierzchni około 300 m<sup>2</sup>. Doświetlona przez olbrzymi dachowy świetlik świetnie nadaje się do eksponowania najróżniejszych prac, fotografii i obrazów. Przesuwne, podwieszane ściany oraz zamykany otwór w stropie nad kondygnacją parteru dają ciekawe możliwości kształtowania przestrzeni wewnętrznej w zależności od potrzeb. Dzięki temu w galerii będzie można w dynamiczny sposób zmieniać charakter wnętrza i oświetlenia dostosowując je do aktualnych potrzeb.

Hala koncertowo–wystawiennicza zostanie połączona kładką z drugim budynkiem – pełniącym funkcję warsztatów. To tutaj młodzi artyści będą mogli oddać się sztuce tworzenia w najróżniejszych dziedzinach, a następnie wystawiać swoje prace w galerii. Budynek zawiera szereg pomieszczeń w tym: pracownie, pomieszczenia socjalne a także szatnie.





Leszek DULAK<sup>1</sup>, Michał MARCHACZ<sup>2</sup>, Artur NOWOŚWIAT<sup>3</sup>, Rafał ŻUCHOWSKI<sup>4</sup>

Katedra Procesów Budowlanych, Politechnika Śląska, Gliwice

## OCENA AKUSTYCZNA HALI DAWNEJ FABRYKI DRUTU ADAPTOWANEJ DO ODBIORU DŹWIĘKU MUZYCZNEGO

**Streszczenie.** Badana hala przemysłowa Fabryki Drutu w Gliwicach od pewnego czasu spełnia funkcję sali, w której odbywają się koncerty muzyczne. Z tego względu powinna spełniać wymogi akustyczne, które gwarantowałyby komfort odbioru tego rodzaju dźwięków. W pracy dokonano oceny subiektywnych i obiektywnych parametrów akustycznych tego wnętrza. W pierwszej kolejności wykonano serię pomiarów czasu pogłosu, a następnie zaproponowano poprawę parametrów wpływających na komfort odbioru dźwięku muzycznego.

**Słowa kluczowe:** czas pogłosu, wskaźnik zrozumiałości, wskaźnik wyrazistości, wskaźnik klarowności, opóźnienie pierwszego odbicia, żywość, ciepłość brzmienia, głośność dźwięku pogłosowego.

## ACOUSTIC ESTIMATE OF WIRE FACTORY HALL ADAPTED TO RECEPTION MUSICAL SOUND

**Summary.** Wire Factory hall in Gliwice have been using to organize a music concert from some time. Comfort of reception musical sound depends on the acoustic requirements providing. This study presents subjective and objective estimate of acoustic properties of this hall. Study presents research of reverberation time and propositions of parameters improvement which influence on the comfort of reception musical sound.

**Key words:** Reverberation Time, Speech Transmission Index, Definition index  $D_{50}$ , Clarity Index  $C_{80}$ , delay of first reflected sound, liveliness, warmth of sound, loudness of reverberant sound.

---

<sup>1</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 21 78, e-mail: leszek.dulak@polsl.pl

<sup>2</sup> Mgr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 28 78, e-mail: michal.marchacz@polsl.pl

<sup>3</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 21 78, e-mail: artur.nowoswiat@polsl.pl

<sup>4</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 21 78, e-mail: rafal.zuchowski@polsl.pl



## 1. Wprowadzenie

W potocznym rozumieniu, pojęcie jakości akustycznej pomieszczenia jest związane z szeroko rozumianą estetyką wytwarzanego w nim dźwięku. Sprawia to, że jakość akustyczną należy rozpatrywać w kontekście dopasowania akustyki pomieszczenia do jego funkcji. Innej akustyki wymaga, zatem studio nagrań, świątynia, sala konferencyjna, kinowa, koncertowa itp.

Pomimo tego, że pojęcie jakości akustycznej ma naturę subiektywną, to ma ona jednak wyraźny związek z parametrami akustycznymi pomieszczenia otrzymanymi na drodze pomiarowej. W odniesieniu do sal koncertowych i operowych, związek ten został określony przez amerykańskiego akustyka Leo L. Beranka w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Dokonał on szczegółowych pomiarów akustycznych około sześćdziesięciu najlepszych sal na świecie, przeprowadzając jednocześnie badania naukowe wśród słuchaczy koncertów symfonicznych i spektakli operowych. W wyniku badań przeprowadzonych przez Beranka ustalony został zespół subiektywnie odbieranych cech składających się na jakość akustyczną sali, a także zespół odpowiadających im parametrów akustycznych. Cechom tym zostały przypisane wagi, stosownie do wkładu tych cech w jakość akustyczną sali. W ten sposób możliwe stało się ilościowe określenie jakości akustycznej sali przez podanie łącznej liczby punktów. Ocenę akustyczną omawianego pomieszczenia w tej pracy oparto na metodach zarówno subiektywnych Beranka jak i obiektywnych bazujących na metodzie statystycznej. Metoda statystyczna oceny akustyki pomieszczenia bazuje na założeniu izotropowego pola akustycznego i została opracowana przez akustyka Sabine'a.

## 2. Charakterystyka badanego pomieszczenia

Pomieszczenie, dla którego dokonujemy oceny akustycznej jest wnętrzem byłej hali przemysłowej Fabryki Druku w Gliwicach. Ponieważ po renowacji tej hali ma ona przyjąć funkcję sali koncertowej, dokonano oceny akustycznej jego wnętrza i na tej podstawie określono jego przydatność do projektowanego przeznaczenia. Badane pomieszczenie hali ma kubaturę  $1192 \text{ m}^3$  i łączną powierzchnię przegród ograniczających pomieszczenie  $256,37 \text{ m}^2$ . Wnętrze pomieszczenia ma kształt prostopadłościenny.

Wnętrze pomieszczenia pokazane jest na fotografiach 1 i 2.



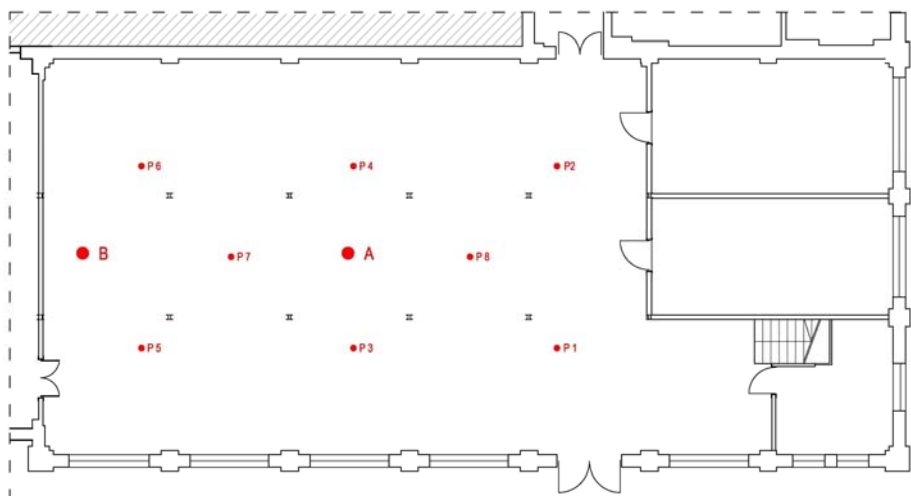
Fot. 1. Wnętrze hali głównej, L. Dulak.  
Photo 1. Interior of the main hall, L. Dulak.



Fot. 2. Wnętrze hali głównej, L. Dulak.  
Photo 2. Interior of the main hall, L. Dulak.



Na rys. 1 przedstawiono rzut pomieszczenia z zaznaczonymi punktami pomiarowymi.



Rys. 1. Rzut pomieszczenia z zaznaczonymi punktami pomiarowymi, L. Dulak.

Fig. 1. View of the room with measurement points, L. Dulak.

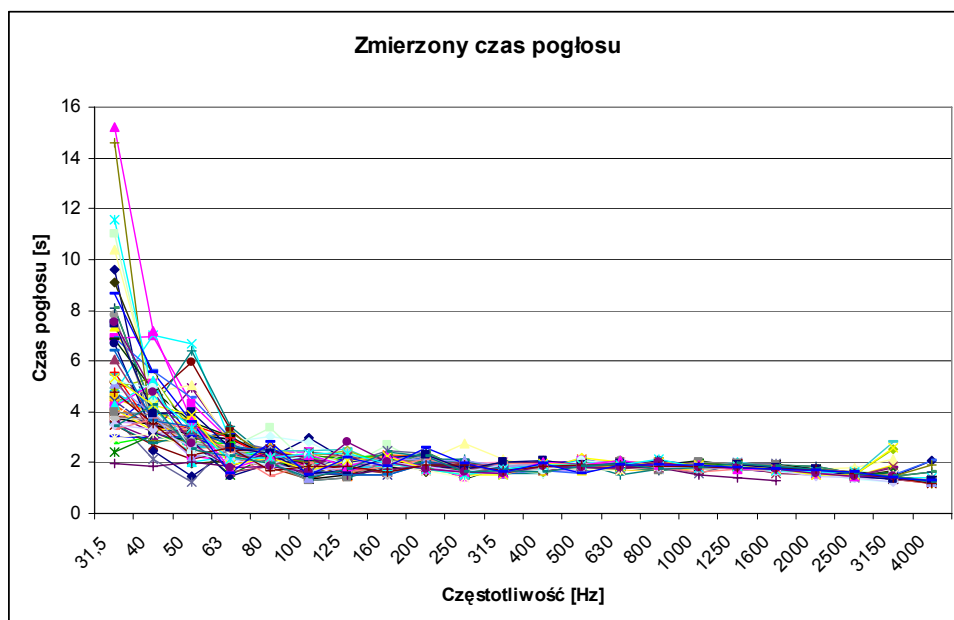
### 3. Parametry akustyczne wnętrza

W pierwszej kolejności dokonano pomiaru czasu pogłosu i wyznaczono średnią wartość dla badanego wnętrza. Następnie za pomocą modeli matematycznych wyznaczono kolejne parametry opisujące akustykę pomieszczenia.

#### 3.1. Pomiary czasu pogłosu

Pomiary wykonano zgodnie z normą [PN-EN ISO 3382: 2001]. Zastosowano źródło dźwięku wszechkierunkowe, w dwóch ustawieniach. Pomiar czasu pogłosu wykonano metodą szumu przerywanego. Przyjęto normalną gęstość punktów pomiarowych: 8 położeń mikrofonów, w przekroju podłużnym sali, poprzecznym, wysokość ustawienia mikrofonów 1,2 m nad podłogą. W pomiarach wykorzystano analizatorem cyfrowym Svan 945A – firmy SVAN-TEK.

Przebiegi czasów pogłosu przedstawiono na poniższym rysunku (rys. 2).



Rys. 2. Charakterystyka czasu pogłosu w funkcji częstotliwości, L. Dulak.

Fig. 2. Reference of reverberations time as a function of frequency, L. Dulak.

Dla tak wyznaczonego czasu pogłosu wyznaczono niepewność pomiarową, która wynosi  $\delta = 0,21$  s.

### 3.1.1. Odrzucenie wyników podejrzanych

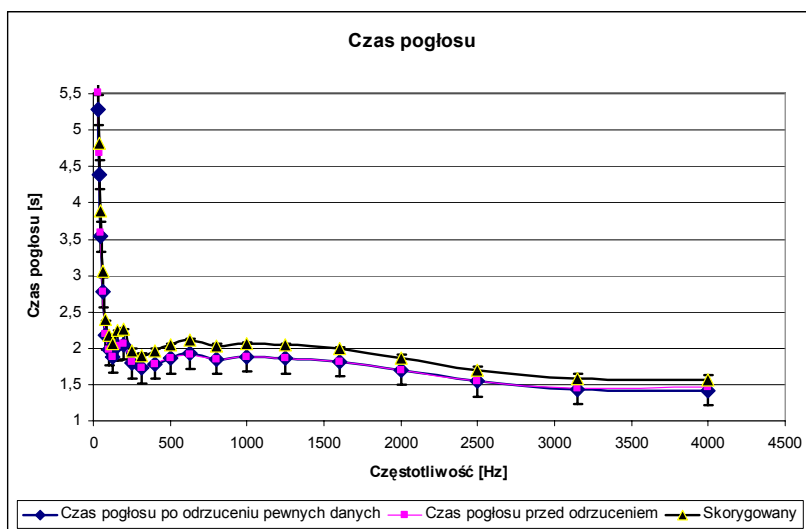
Charakterystyką pomiarów jest otrzymywanie wyników podejrzanych, które wpływają na wyznaczenie estymatora. W celu odrzucenia takich wyników zastosowano regułę trzech sigm. Kryterium  $3\sigma$ , służący do określenia podejrzanego wyniku – pomiar jest akceptowalny, gdy:

$$t = \frac{|x_p - \bar{x}|}{\sigma} < 3. \quad (1)$$

Po odrzuceniu wyników podejrzanych otrzymano nowe charakterystyki czasu pogłosu (rys. 3). Kolejnym zaburzeniem wyniku pomiaru była niepusta sala. Ze względu na urządzenia i rzeczy znajdujące się w badanym pomieszczeniu, powiększono wynik pomiaru czasu pogłosu o średnio 10 %, co przedstawiono na rys. 3.



Niepewność pomiarowa skorygowana, poprzez odrzucenie podejrzanych pomiarów i uwzględnienie rzeczy i przyrządów znajdujących się w pomieszczeniu, krzywej, wynosi  $\delta = 0,25$  s.



Rys. 3. Charakterystyka średniego czasu pogłosu w funkcji częstotliwości z zaznaczoną niepewnością pomiarową, L. Dulak.

Fig. 3. Reference of average reverberations time with measurement uncertainty as a function of frequency, L. Dulak.

### 3.2. Subiektywna ocena akustyki pomieszczenia

W celu pełnej oceny akustycznej pomieszczenia dokonano obiektywnych pomiarów parametrów akustycznych. Na każdym z poniższych rysunków zaznaczono czarną kropką wynik powstały z pomiaru.

*Intymność* (ang. Intimacy) – sala koncertowa posiada „intymność”, gdy wykonywana w niej muzyka brzmi jak gdyby wykonywana była w niewielkim pomieszczeniu. Wrażenie to określane jest przez opóźnienie pierwszego odbicia, odstęp czasowy między dźwiękiem dochodzącym do ucha bezpośrednio a jego pierwszym odbiciem powracającym od ścian czy sufitu, stłumionym nie więcej niż 10 dB. Duża intymność akustyczna dla sali koncertowej jest cechą niezmiernie ważną. Według Beranka jest to zaleta niemal trzykrotnie ważniejsza od innych pozytywnych cech subiektywnego odczucia akustyki sali.

Ze względu na ograniczenia metody statystycznej, w ocenie sali nie jesteśmy w stanie za pomocą pomiaru czasu pogłosu wyznaczyć cechy „intymność”. Odpowiadający jej parametr,

tj. czas opóźnienia pierwszego odbicia, można wyznaczyć metodą wykreślną z przekroju i rzutu sali.

Sposób wyznaczania czasu opóźnienia pierwszego odbicia z wykorzystaniem źródeł pozornych przedstawiono na rys. 4. Na przekroju sali pokazano źródło dźwięku A, źródło pozorne  $A_1$ , obserwatora C i punkt odbicia B. Dla oceny cechy „intymność” należy wybrać taki punkt odbicia, aby odpowiadająca mu fala odbita dobiegała do obserwatora wcześniej od pozostałych i miała dużą energię, odbita od powierzchni słabo pochłaniających dźwięk. Dla obserwatora usytuowanego na środku widowni jest to zwykle odbicie od sufitu, zaś dla usytuowanego w bocznej części widowni – odbicie od ściany.

Poszukiwane opóźnienia można obliczyć z zależności:

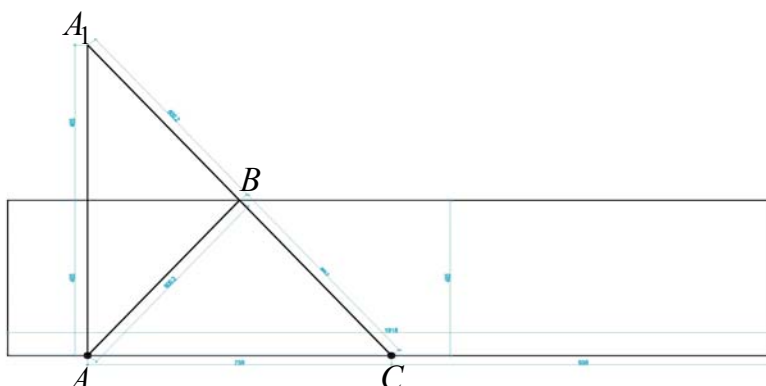
$$\Delta t = \frac{(|AB| + |BC| - |AC|)}{c} \quad (2)$$

gdzie:  $\Delta t$  – opóźnienie, [s]

$|AB|, |BC|, |AC|$  – długości odpowiednich odcinków z rys. 4 [m]

$c$  – prędkość dźwięku w powietrzu  $\left(c = 340 \frac{m}{s}\right)$ .

Położenie pozornych źródeł dźwięku wyznacza się zgodnie z zasadami optyki geometrycznej. Punkt  $A_1$  jest lustrzanym odbiciem punktu A względem prostej tworzącej profil sufitu, zaś punkt B powstaje z przecięcia odcinka  $A_1C$ .



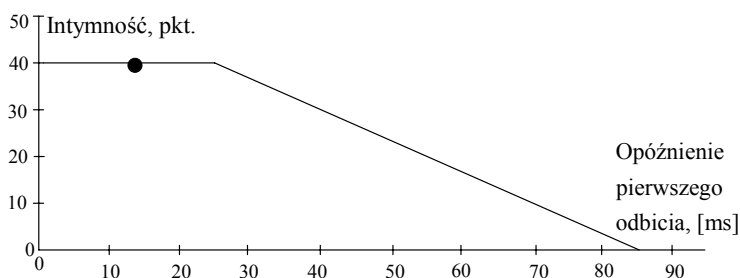
Rys. 4. Wyznaczenie drogi fali jednokrotnie odbitej w przekroju pomieszczenia przy użyciu metody źródła pozornego, L. Dulak.

Fig. 4. Calculation of first reflected wave path in section of the room by method of apparent source, L. Dulak.





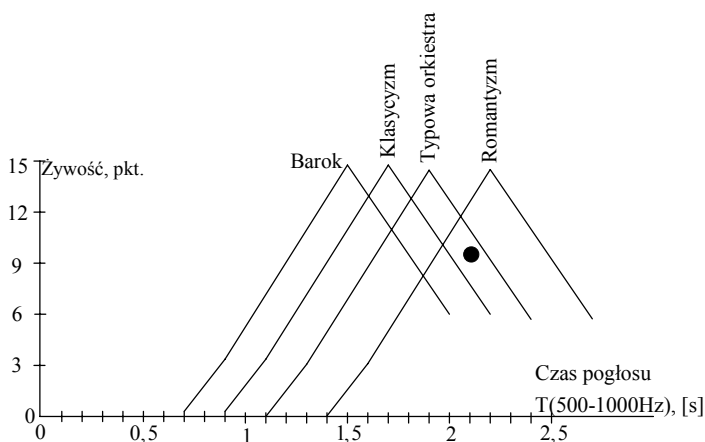
$$\Delta t = \frac{(6,02 + 6,02 - 7,59)}{340} = 0,013s = 13ms \quad (3)$$



Rys. 5. Opóźnienie między falą bezpośrednią a najwcześniej dochodzącą falą odbitą, L. Dulak.

Fig. 5. Delay between the direct sound and early first reflected sound, L. Dulak.

Żywość (ang. Liveness) – wiąże się z większym wzmocnieniem tonów średnich i wysokich. Parametrem wykorzystywanym do określenia „żywości” jest czas pogłosu dla częstotliwości z zakresu 500 – 1000 Hz.

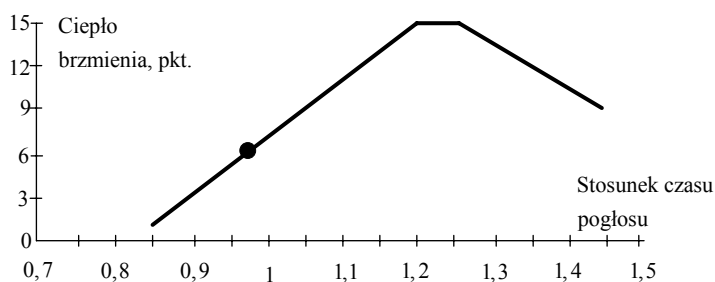


Rys. 6. Czas pogłosu w zakresie częstotliwości od 500 do 1000 Hz dla sal koncertowych, A. Nowoświat.

Fig. 6. Reverberation time in range between 500 and 1000 Hz for concert hall, A. Nowoświat.

Ciepło brzmienia (ang. Warmth) – inaczej określane jako pełnia brzmienia basów, którym odpowiadają częstotliwości niskie – poniżej 250 Hz. Dla tych częstotliwości czas pogłosu powinien być dłuższy niż w przypadku „żywości” by można było stwierdzić istnienie pożądanego, bogatego basu:

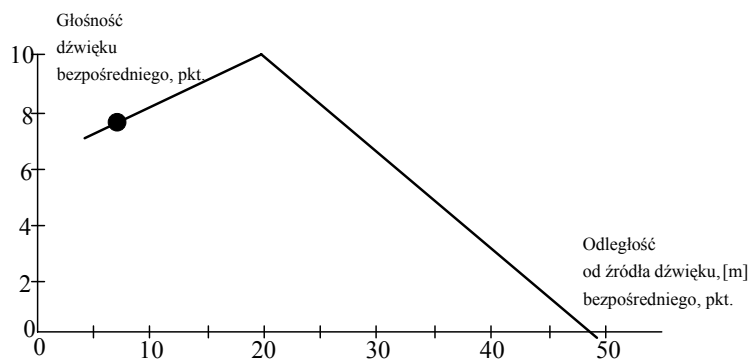
$$\frac{T_{125} + T_{250}}{2T_{500-1000}} = 0,97 \quad (4)$$



Rys. 7. Zawartość tonów niskich w pogłosie, L. Dulak.

Fig. 7. The quantity of low-pitched sound (bass sound) within a reverberation, L. Dulak.

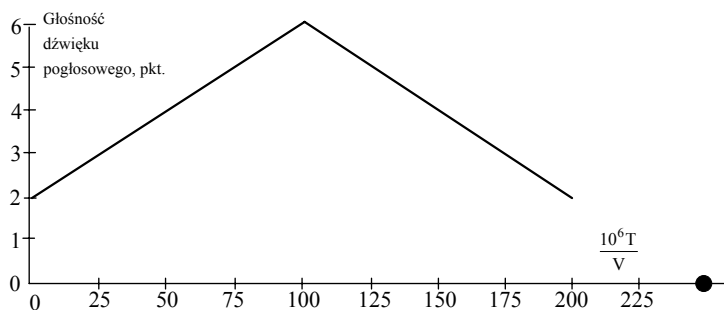
*Głośność dźwięku bezpośredniego* (ang. Loudness) – związana jest z ilością energii akustycznej dochodzącej do słuchacza, zależy od odległości odbiorcy od źródła dźwięku. Odległość, jaką uważa się za najlepszą powinna wynosić 18 m, gdy jest ona znacznie większa, głośność może być niewystarczająca do poprawnego odsłuchu muzyki.



Rys. 8. Głośność dźwięku bezpośredniego, L. Dulak.

Fig. 8. Loudness of direct sound, L. Dulak.

*Głośność dźwięku pogłosowego* (ang. loudness of reverberant sound) – natężenie dźwięku pogłosowego uzależnione jest od trzech czynników: od mocy dźwięku instrumentów, czasu pogłosu pomieszczenia oraz objętości sali. Miarą głośności jest stosunek czasu pogłosu w zakresie 500-1000 Hz do objętości pomieszczenia. Natężenie dźwięku pogłosowego wzrasta proporcjonalnie do czasu pogłosu pomieszczenia, a maleje proporcjonalnie do jego objętości.



Rys. 9. Głośność dźwięku pogłosowego, A. Nowoświat.

Fig. 9. Loudness of reverberant sound, A. Nowoświat.

Maksymalna liczba punktów wynikających z parametrów opisanych rysunkami 6 – 10 wynosi 86, na 100 punktów przewidzianych przez Beranka. Pozostałych 14 punktów odpowiada nie wymienionym tu (nie obiektywnym) mniej istotnym cechom sali.

Cecha subiektywna	Parametr akustyczny	Maks. waga
Intymność	Czas opóźnienia pierwszego odbicia	40
Żywość	Średni czas pogłosu w zakresie 500 – 1000 Hz	15
Ciepłość	Stosunek czasów pogłosu $(T_{125}+T_{250})/(2T_{500-1000})$	10
Głośność dźwięku bezpośredniego	Odległość słuchacza od orkiestry (dyrygenta)	10
Głośność dźwięku pogłosowego	$10^6 T_{500-1000}/V$	6

Tablica 1. Cechy subiektywne i odpowiadające im parametry akustyczne mające największy wpływ na ocenę jakości akustycznej sali, [Witkowski i Kulowski 1996].

Table 1. Subjective features with their corresponding acoustics parameters have the most important influence on the assessment of the hall acoustic quality, [Witkowski i Kulowski 1996].

Liczba punktów	Jakość akustyczna sali
90 – 100	Doskonała
80 – 89	Bardzo dobra do doskonałej
70 – 79	Dobra do bardzo dobrej
60 – 69	Dostateczna do dobrej
50 – 59	Dostateczna
Ponizżej 50	Niezadowolająca

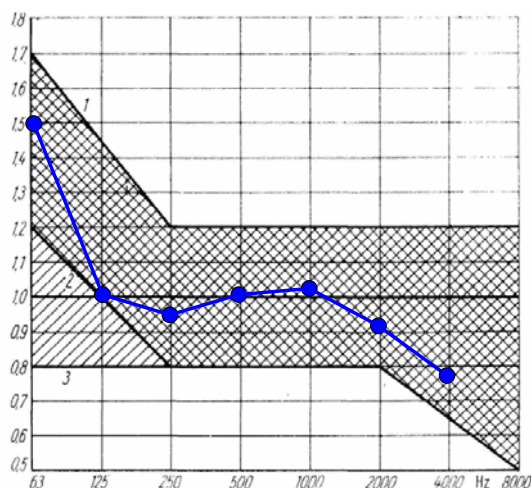
Tablica 2. Klasyfikacja jakości akustycznej sal po uwzględnieniu wszystkich elementów oceny zawartych w metodzie Beranka, [Witkowski i Kulowski 1996].

Table 2. Classification of the halls acoustic quality after the consideration of all assessment elements contained in the Beranek's method, [Witkowski and Kulowski 1996].

W ocenianej przez autorów artykułu sali wyznaczono 63 punkty, co daje w skali do 86 punktów jakość dobra do bardzo dobra.

### 3.3. Obiektywna ocena akustyki pomieszczenia

**Zakres tolerancji projektowej** – w celu opisu akustycznych własności pomieszczenia naniesiono krzywą określającą stosunek czasu pogłosu w funkcji częstotliwości do czasu pogłosu dla częstotliwości środkowej 500 Hz, na wykres (obszar) tolerancji projektowej czasu pogłosu w zależności od częstotliwości (rys.10).



Rys. 10. Zakres tolerancji projektowej czasu pogłosu w zależności od częstotliwości (1 – 2 muzyka, 1 – 3 mowa), A. Nowoświat.

Fig. 10. Range of design tolerance of reverberation time as a frequency function (1 – 2 music, 1 – 3 talk), A. Nowoświat.

Ponadto zalecany średni czas pogłosu dla pomieszczeń do odbioru muzyki obliczany jest z zależności:

$$T = 0,3 \log V + 0,3 \quad (5)$$

W naszym przypadku wynosi on:  $T = 1,2$ .



#### 4. Wnioski

1. Maksymalna liczba punktów „intymności” wskazują na optymalny czas pierwszego odbicia 13 ms. Wnioskujemy stąd, iż geometria pomieszczenia jest poprawna ze względu na odbiór dźwięku muzycznego.
2. Czas pogłosu dla częstotliwości z zakresu 500 – 1000 Hz jest za długi, na co wskazuje wyznaczona „żywość” pomieszczenia.
3. Parametr „ciepło brzmienia” również wskazuje na zbyt długi czas pogłosu
4. Głośność dźwięku pogłosowego wskazuje nam, iż albo czas pogłosu jest zbyt długi albo przy takim czasie pogłosu za mała jest kubatura pomieszczenia.
5. Wniosek czwarty zostaje również potwierdzony przez wyznaczony optymalny czas pogłosu ze wzoru (5).
6. Pomimo czasu pogłosu na poziomie optymalnym (patrz rysunek 10) dla odbioru dźwięku muzycznego, powinniśmy go obniżyć poprzez zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia, gdyż kubatura pomieszczenia jest zbyt mała dla tak długiego czasu pogłosu, patrz wzór (5).

Reasumując możemy stwierdzić, iż czas pogłosu dla danej kubatury pomieszczeniu jest zbyt długi, co skutkuje pogorszeniem wrażeń akustycznych.

#### Bibliografia

- PN-EN ISO 3382: 2001 *Pomiar czasu pogłosu pomieszczenia w powiązaniu z innymi parametrami akustycznymi*
- WITKOWSKI A. i KULOWSKI A. 1996. Subiektywna ocena jakości akustycznej pomieszczeń. W: *Przegląd Techniki, Radio i Telewizja* 1996, nr 2, s.1 – 6.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Piotr KLEMM, Politechnika Łódzka

Jerzy SEKOWSKI<sup>1</sup>, Sławomir KWIECIEN<sup>2</sup>, Zygmunt BARTOSZEK<sup>3</sup>

Katedra Geotechniki, Politechnika Śląska, Gliwice

## GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA BUDYNKU DAWNEJ FABRYKI DRUTU W GLIWICACH

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań zmierzających do ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia zabytkowego budynku dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach.

**Słowa kluczowe:** obiekt zabytkowy, podłoże gruntowe, fundamenty

## GEOTECHNICAL CONDITIONS OF OLD WIRE FACTORY BUILDING FOOTING

**Abstract.** The paper presents results of investigations carried out to obtain geotechnical conditions of monumental old Wire Factory building in Gliwice.

**Key words:** historic structure, subsoil, foundations

### 1. Wprowadzenie

Powstanie Fabryki Drutu w Gliwicach datuje się na 1852 r. [www.fdg.com.pl]. Początkowo uzależniona od dostaw surowca, z czasem stanowi zakład o pełnym ciągu technologicznym (od walcowni po cynkownię). Po zakończeniu II wojny światowej 90 % parku maszynowego wywiezione zostaje do ZSRR. Uzupełnienie parku ma miejsce w latach 50-tych. Gruntowna modernizacja, związana ze spełnieniem wymogów ochrony środowiska, następuje po roku 1989. Funkcjonowanie fabryki w warunkach wolnego rynku wymaga jednak od właścicieli ciągłych modernizacji sprzętu technologicznego.

---

<sup>1</sup> Dr hab. inż., prof. Pol. Śl., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 15 43, e-mail: Jerzy.Sekowski@polsl.pl

<sup>2</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, e-mail: Sławomir.Kwiecien@polsl.pl

<sup>3</sup> Mgr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, e-mail: Zygmunt.Bartoszek@polsl.pl



Jeden z obiektów Fabryki Drutu, będący w przeszłości warsztatami szkolnymi, przekazany został na rzecz Urzędu Miasta Gliwice. Ten z kolei przekazał wspomniany obiekt Stowarzyszeniu Animatorów Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży Halo!Gen. Budynek ten, potocznie zwany dawną Fabryką Drutu, wykorzystywany jest w celach kulturalnych, do organizowania m.in. wystaw fotograficznych, koncertów itp.

Ze względu na planowane prace remontowe i modernizacyjne opracowywana jest aktualnie szczegółowa ocena stanu technicznego obiektu, w tym również ocena geotechnicznych warunków jego posadowienia.



Fot. 1. Widok budynku dawnej Fabryki Drutu, strona południowo – zachodnia, S. Kwiecień.

Photo. 1. South - west view of old Wire Factory building, S. Kwiecień.

W prezentowanym artykule przedstawione zostaną wyniki badań obejmujących określenie geotechnicznych warunków posadowienia budynku dawnej Fabryki Drutu, zlokalizowanego w Gliwicach przy ul. Dubois 22.

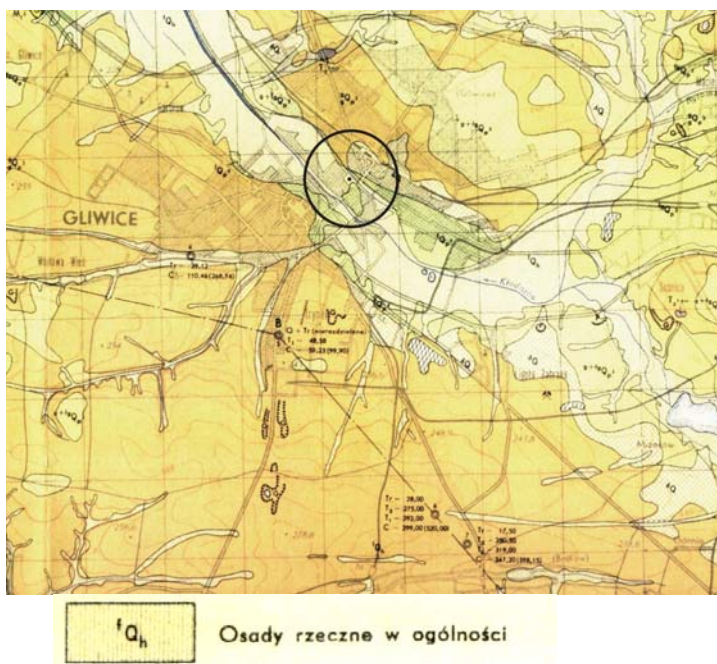
## **2. Opis i wyniki przeprowadzonych badań**

### **2.1. Opis badań**

Badania zmierzające do określenia geotechnicznych warunków posadowienia wspomnianego obiektu przebiegały w dwóch etapach. Etap pierwszy to analiza map

geologicznych dotyczących rozpatrywanego terenu. Etap drugi to badania polowe obejmujące wiercenia badawcze i odkrywki fundamentowe.

Z analizy map geologicznych wynikało, że górną strefę podłoża budują holocenijskie utwory czwartorzędowe, pochodzenia rzeczno i/lub jeziornego (rys. 1). Oznaczało to, że w podłożu budynku występują najprawdopodobniej grunty o zróżnicowanej nośności i odkształcalności. Wobec braku jakiegokolwiek dokumentacji geotechnicznej niezbędne było przeprowadzenie kontrolnych badań polowych.



Rys. 1. Warunki geologiczne w okolicy dawnej Fabryki Drutu, S. Kwiecień.

Fig. 1. Geological conditions in the environs of old Wire Factory, S. Kwiecień.

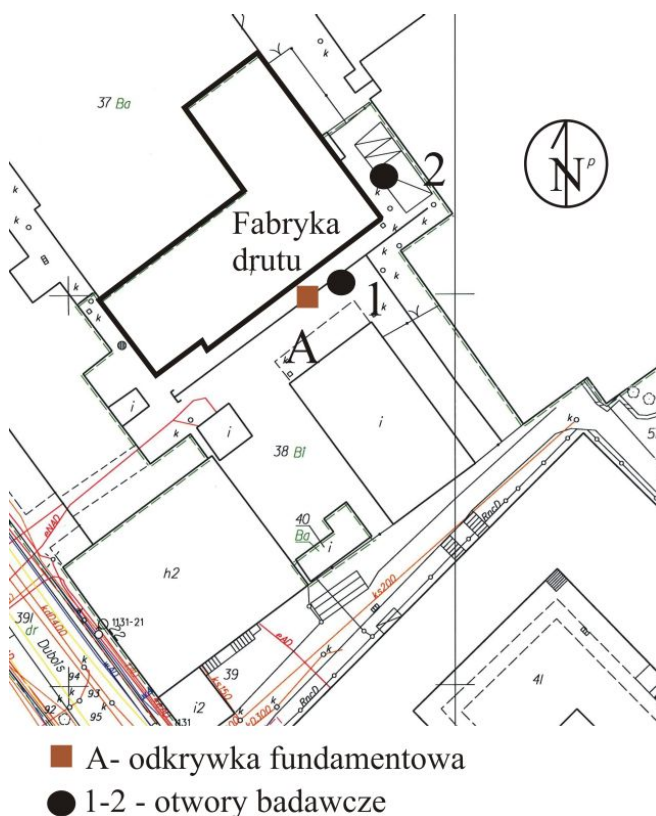
Badania polowe obejmowały wykonanie dwóch otworów penetracyjnych (1 i 2) oraz jednej odkrywki fundamentowej (nr A), usytuowanych jak pokazano na rys. 2. Pierwszy z otworów - nr 1, wykonany został z poziomu przeprowadzonej odkrywki nr A, od strony południowej obiektu. Drugi otwór (nr 2) z poziomu terenu od strony północno - wschodniej budynku. Pierwszy z otworów, wraz z odkrywką, umożliwił rozpoznanie podłoża do głębokości 3 m. Natomiast drugi z otworów wykonano do głębokości 2,5 m p.p.t. O lokalizacji otworów badawczych zdecydowała istniejąca zabudowa i zagospodarowanie oraz warunki techniczne.





Otwory wykonano przy pomocy ręcznego zestawu wiertniczego. Próbkę napotykaných gruntów poddano analizie makroskopowej, a dla części z nich wykonano niezbędne badania laboratoryjne [PN-88/B-04481], obejmujące między innymi oznaczenie rodzaju i stanu fizycznego pobranych próbek gruntów oraz zawartość w nich węgla wapnia  $\text{CaCO}_3$ .

Odkrywka fundamentowa nr A wykonana została od strony południowej budynku. Pozwoliła na ustalenia głębokości posadowienia, rodzaju i szerokości fundamentu oraz materiału, z którego został wykonany.



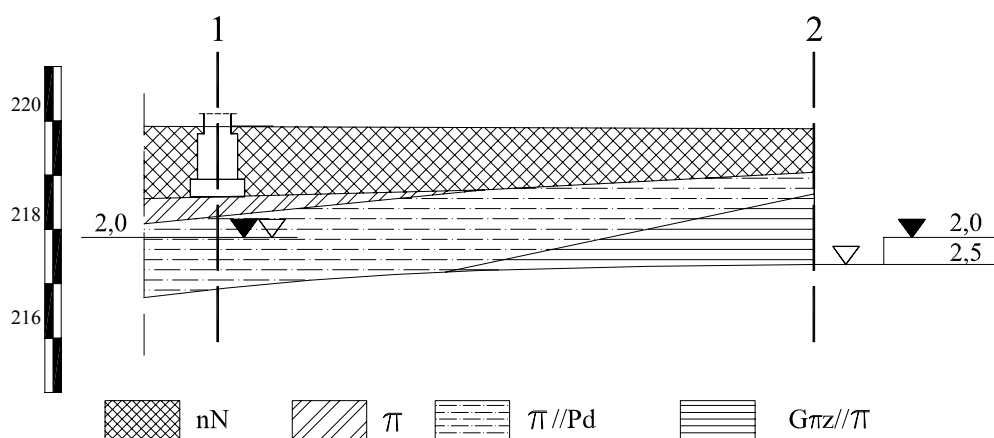
Rys. 2. Lokalizacja miejsc badawczych, S. Kwiecień  
Fig. 2. Localization of investigation points, S. Kwiecień

## 2.2. Wyniki badań

Z przeprowadzonych badań wynika, że podłoże do rozpoznanej głębokości budują otwory czwartorzędowe, reprezentowane przez grunty antropogeniczne (nasyp niebudowlany - budowany zasadniczo przez glinę z dodatkiem żużli) oraz rodzime grunty mało spoiste (pyły i

pyły przewarstwione piaskami drobnymi o około centymetrowej miąższości), grunty zwięzłe spoiste (gliny pylaste zwięzłe) w stanie od twardoplastycznego (pyły i gliny pylaste zwięzłe -  $I_L = 0,15$ ) do plastycznego (pyły przewarstwione piaskiem -  $I_L = 0,3$ ) (rys. 3). Grunty rodzime są pochodzenia rzecznej. Nadmienimy, że w niedalekiej odległości znajduje się rzeka Kłodnica. Tym samym potwierdziły się wstępne wyniki uzyskane na podstawie analizy map geologicznych.

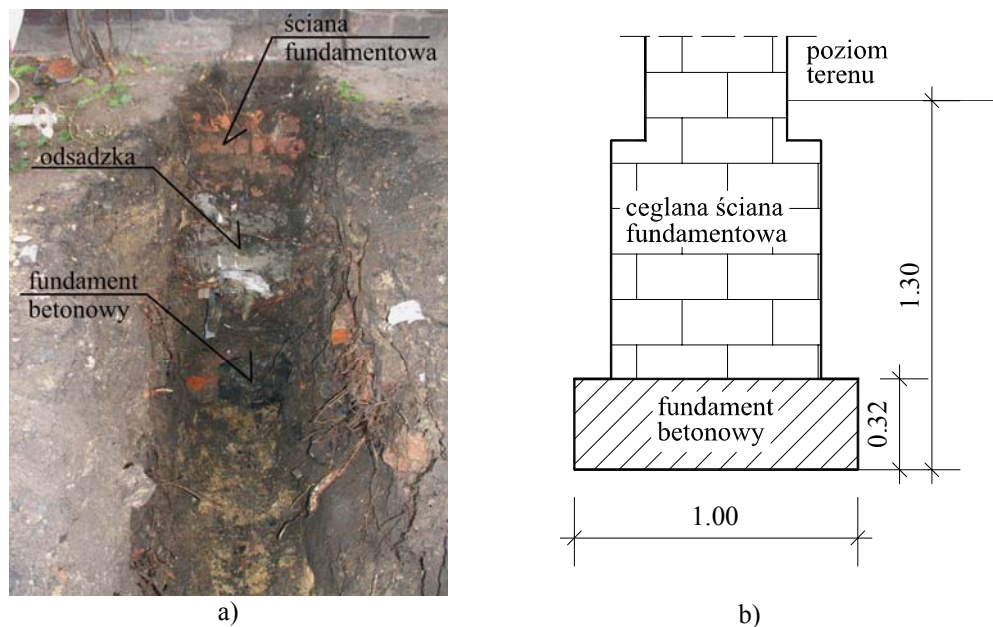
W podłożu stwierdzono występowanie wody gruntowej o charakterze swobodnym lub lekko napiętym. Poziom ustabilizowany w dniu badań wynosił 2,0 m p.p.t. Warstwą wodonośną są cienkie lamele piasków drobnych, przewarstwiających osady pylaste. To one powodują pogorszenie stanu fizycznego pyłu. Dodajmy, że stany fizyczne gruntów spoistych określono na podstawie badań laboratoryjnych.



Rys. 3. Przekrój geotechniczny przez otwory 1 i 2, S. Kwiecień.

Fig. 3. Subsoil conditions of the investigation site (bore-hole 1 and 2), S. Kwiecień.

Na podstawie odkrywki ustalono natomiast, że wspomniany budynek posadowiony został w sposób bezpośredni na betonowych ławach fundamentowych o szerokości 1 m i wysokości 32 cm. Głębokość posadowienia  $D_{\min}$  wynosi 1,3 m (rys. 4).



Rys. 4. Wyniki odkrywki fundamentowej nr A, S. Kwiecień.

Fig. 4. Results of foundations pit no. A, S. Kwiecień.

### 2.3. Ocena nośności podłoża fundamentowego

Grunty budujące dokumentowane podłoże, z wyjątkiem warstwy przypowierzchniowej, scharakteryzować można jako średnio nośne i średnio odkształcalne. Stąd też bezpośredni sposób posadowienia obiektu należy ocenić za właściwy.

Z geotechnicznego punktu widzenia o poprawności przyjętego posadowienia współdecydują warunki I i II SG (stanu nośności i użyteczności). Obliczenia nośności podłoża gruntowego zostały przeprowadzone zgodnie z normą [PN-81/B-03020]. Parametry geotechniczne i geometryczne przyjęto z badań terenowych i laboratoryjnych.

Spełnienie warunku I SG sprowadza się do tego by jednostkowe obliczeniowe obciążenie z konstrukcji na podłoże ( $q_r$ ) nie przekraczało tzw. jednostkowego obliczeniowego oporu podłoża gruntowego ( $q_m$ ) pomniejszonego o współczynnik korekcyjny ( $m$ ).

$$q_r \leq m \cdot q_m \quad (1)$$

Przyjmując, iż podłoże pod istniejącymi budynkami budują grunty spoiste zaliczone do kategorii C w stanie twardeplastycznym ( $I_L = 0,15$ ) i plastycznym ( $I_L = 0,3$ ), oraz uwzględniając wymiary fundamentu i głębokość jego posadowienia, opór jednostkowy

podłoża oszacowano na poziomie  $q_{fn} = 250$  kPa. Po przemnożeniu przez współczynnik korekcyjny  $m = 0,81$  daje to odpowiednio:  $m \cdot q_{fn} = 203$  kPa. Zestawione przez autorów obliczeniowe obciążenie jednostkowe pod ławą fundamentową wynosi  $q_r = 199$  kPa. Tym samym istniejący obiekt spełnia aktualnie wymaganą normą warunku nośności.

$$m \cdot q_{fn} = 203 \text{ kPa} > 199 \text{ kPa} . \quad (2)$$

### 3. Dyskusja wyników badań, przeprowadzonych obliczeń i dostępnych materiałów

Budynek dawnej Fabryki Drutu posadowiony został w sposób bezpośredni na betonowych ławach fundamentowych, na średnio nośnych i średnio odkształcalnych gruntach pochodzenia rzeczno-gliniastego. Minimalna głębokość posadowienia ( $D_{min}$ ), określona na podstawie odkrywki, wynosi 1,3 m. Przyjęty sposób posadowienia obiektów należy ocenić jako właściwy, czego potwierdzeniem jest między innymi spełniony warunek I stanu granicznego, tj. stanu nośności. Osiedlenia obiektów posadowionych bezpośrednio na twardeplastycznych i plastycznych gruntach spoiwanych oszacowane zostało przez autorów na poziomie ok. 1,7 cm, czyniąc zadość również wartościom dopuszczalnym. Ewentualne osiedlenia z całą pewnością zrealizowały się, a fakt braku widocznych zarysowań i pęknięć oznacza, że były one niewielkie i równomierne. Właściwa jest również głębokość posadowienia ław budynku - większa od głębokości przemarzania, równej dla Gliwic  $h_z = 1$  m. Należy jednak zwrócić uwagę, by przewidywane prace remontowe i modernizacyjne nie zwiększyły obciążeń przekazywanych na podłoże gruntowe, co jest spowodowane 98 % wykorzystaniem nośności gruntu pod fundamentem (2).

### 4. Podsumowanie

Fabryka Drutu w Gliwicach powstała w połowie XIX w. Z biegiem lat ulegała stopniowej rozbudowie i modernizacji. Mimo gwałtownych przemian geopolitycznych w okresie ubiegłego wieku, działa z powodzeniem do dziś.

Jeden z obiektów fabryki, potocznie zwany jako budynek dawnej Fabryki Drutu, przekazany został Stowarzyszeniu Animatorów Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży Halo!Gen. Nowy użytkownik przewiduje modernizację oraz remont wspomnianego budynku, w celu dostosowania go do prowadzenia działalności kulturalnej. Pierwszym krokiem zmierzającym do podjęcia tego przedsięwzięcia jest szczegółowa ocena stanu technicznego



obiektu. Elementem tej oceny są badania geotechniczne podłoża i warunków posadowienia wspomnianego budynku.

Z przeprowadzonych badań i analiz wynika, że sposób posadowienia budynków można uznać za poprawny. Spełnione są warunki stanu granicznego nośności i użyteczności. Prace remontowo - modernizacyjne nie powinny jednak prowadzić do zwiększenia obciążeń na podłoże gruntowe, ze względu na wykorzystaną praktycznie jego nośność.

## **Bibliografia**

Informacje dotyczące Fabryki Drutu na stronie [www.fdg.com.pl](http://www.fdg.com.pl) (dostęp: maj 2008)

PN-88/B-04481: *Grunty budowlane – Badania próbek gruntu.*

PN-81/B-03020: *Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.*

Recenzent: dr hab. inż. Jan GASZYŃSKI, prof. nzw. w Politechnice Krakowskiej



Rafał KRZYWON<sup>1</sup>, Marcin GÓRSKI<sup>2</sup>, Szymon DAWCZYŃSKI<sup>3</sup>

Katedra Inżynierii Budowlanej, Politechnika Śląska, Gliwice

## **ROLA INŻYNIERA BUDOWNICTWA W PROCESIE REWITALIZACJI OBIEKTÓW POPRZEMYSŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE FABRYKI DRUTU W GLIWICACH**

**Streszczenie.** Inżynier budownictwa jest uczestnikiem niemal każdego etapu w procesie rewitalizacji terenów przemysłowych. W artykule opisano zadania, za których wykonanie jest on odpowiedzialny. Częściowo zobrazowano je przykładem prac eksperckich prowadzonych w Fabryce Drutu w Gliwicach, a opisanych w niniejszym numerze „Spotkania z Zabytkiem”. Rola inżyniera budownictwa nie kończy się jednakże tylko na etapie projektu, jest on również odpowiedzialny za jego poprawną realizację oraz za utrzymanie odnowionych obiektów w dobrej kondycji w przyszłości.

**Słowa kluczowe:** rewitalizacja terenów przemysłowych.

## **THE ROLE OF STRUCTURAL ENGINEER DURING THE REVITALI- ZATION OF POSTINDUSTRIAL AREAS ILLUSTRATED BY THE EX- AMPLE OF GLIWICE WIRE MANUFACTURE**

**Summary.** Structural engineer participates almost in every process of postindustrial area revitalization. Article describes the tasks, he is responsible for. Part of them were shown on the example of expert works done in the Gliwice Wire Manufacture and widely described in the present edition of “Spotkanie z Zabytkiem”. The role of structural engineer has not finished on the project stage, he is also responsible for its proper realization and further condition of renovated structure.

**Key words:** revitalization of postindustrial structures.

---

<sup>1</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 22 62, e-mail: rafal.krzywon@polsl.pl

<sup>2</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 22 62, e-mail: marcin.gorski@polsl.pl

<sup>3</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 22 62, e-mail: szymon.dawczynski@polsl.pl



## 1. Wprowadzenie

Problem terenów zdegradowanych został dostrzeżony w programach politycznych w krajach rozwiniętych w latach 70. ubiegłego stulecia. Obecnie łączy się go z ogólnymi programami zrównoważonego multifunkcjonalnego rozwoju regionalnego.

W okresie zmian gospodarek postsocjalistycznych, rozpoczętych pod koniec lat osiemdziesiątych, spora część przemysłu krajów Europy Centralnej przestała być konkurencyjną pod względem wydajności jak i oferowanych produktów. Zapoczątkowało to falę upadków przedsiębiorstw, której nie zatrzymały podejmowane próby przekształceń własnościowych. Fizyczna degradacja powstających terenów poprzemysłowych łączyła się często z degradacją ich statusu własnościowego i integralności, wynikającą z tendencji do stopniowego pozbywania się nieruchomości lub nieuregulowanych praw własności niektórych działek.

Rewitalizacja terenów poprzemysłowych wymaga współdziałania wielu służb, współpracy ludzi o różnych profesjach, często kierujących się odrębnymi priorytetami. Rozwiązania dotyczące terenów zdegradowanych zależą od współpracy wszystkich uczestników projektu na każdym poziomie, jak również od pionowej współpracy pomiędzy państwowymi, regionalnymi i lokalnymi jednostkami administracji, organami prawnymi oraz od udziału w tym procesie prywatnych i innych uczestników posiadających konkretne doświadczenie i wiedzę techniczną. Niestety historia międzyinstytucjonalnej i międzydyscyplinarnej współpracy w państwach Europy Centralnej jest skromna. Utrudnia to bardzo znalezienie wszechstronnych i skutecznych rozwiązań. Uczestnicy przygotowani do walki o własne interesy, nie są w stanie opracować wspólnych rozwiązań, dostrzec jednolitego obrazu problemu. Podział kompetencji sprawia, że przedstawienie rozwiązań efektywnych i twórczych, uwzględniających wszystkie aspekty jest bardzo trudne. Poprawne przekształcenie terenów zdegradowanych służy wzmocnieniu witalności oraz konkurencyjności miast, sprzyja również ograniczeniu presji przekształceń terenów rolniczych. Bez współpracy i koordynacji na wystarczającym poziomie ponowne wykorzystanie terenów zdegradowanych nie będzie mogło mieć miejsca, postęp zostanie zatrzymany, a wydane pieniądze i poniesione wysiłki zmarnotrawione. Odniesienie sukcesu w skutecznym zagospodarowaniu terenów zdegradowanych i zapewnienie profesjonalnej strategii lub polityki dotyczącej tych terenów zależy w dużej mierze od znajomości priorytetów i zadań realizowanych przez wszystkich uczestników procesu rewitalizacji. Celem artykułu jest przybliżenie roli jaką pełni inżynier budownictwa, zdefiniowanie jego zadań, jak również określenie priorytetów, którymi się on kieruje w trakcie realizacji tych zadań.

## 2. Zadania stawiane przed inżynierem budownictwa

### 2.1. Określenie stanu konstrukcji

Podczas użytkowania każdy obiekt powoli traci swą wartość techniczną. Wynika to głównie z trwałości materiałów budowlanych, jak również z różnych uszkodzeń akcydentalnych, których budynek doznaje w trakcie użytkowania. Przyjmuje się, że średni okres życia obiektu przemysłowego wynosi około 50 lat i po tym okresie nie ma on już wartości technicznej. Budynek przemysłowy mają mniejszą trwałość niż budynki mieszkalne, wynika to przede wszystkim ze znacznie trudniejszych warunków pracy, są one często narażone na silne wibracje i wstrząsy pochodzące od maszyn, oddziaływanie agresywnych substancji chemicznych, duże wpływy termiczne. Czasem możliwości adaptacji są ograniczone przez zmiany technologii przemysłowych oraz standardów technicznych, wtedy nawet obiekt technicznie sprawny może być dysfunkcyjny.

Poprawne określenie stanu technicznego konstrukcji jest zadaniem wieloetapowym. Zakres w dużej mierze zależy od doświadczenia przeprowadzającego kontrolę eksperta. Pierwszym krokiem zawsze muszą być oględziny obiektu, których celem jest określenie zagrożeń. O niebezpieczeństwie mogą świadczyć wszelkie deformacje elementów konstrukcji, zmiany na powierzchni materiałów (przebarwienia, korozja). Celem oględzin jest selekcja elementów lub fragmentów budynku, których stopień uszkodzenia może być zagrożeniem dla nośności lub stateczności konstrukcji.

Wybrane na etapie oględzin, zagrożone elementy należy poddać szczegółowym badaniom materiałowym, których celem jest oszacowanie ich parametrów fizycznych, w tym w szczególności wytrzymałościowych. W przypadku braku dokumentacji wykonawczej, ewentualnie braku cech pozwalających określić rodzaj zastosowanych materiałów, podstawowe badania wytrzymałościowe powinny zostać wykonane dla wszystkich elementów konstrukcyjnych. Większość podstawowych badań materiałowych można współcześnie wykonać na miejscu, jednakże w uzasadnionych przypadkach (np. duża zmienność wyników), zaleca się ich powtórzenie w warunkach laboratoryjnych, badając próbki pobrane z konstrukcji.

Oprócz badań materiałowych czasem, szczególnie w sytuacji braku dokumentacji, niezbędne są badania konstrukcji. Dotyczyć one mogą np. stanu i rozmieszczenia zbrojenia w elementach żelbetowych, określenie stanu warstw pokrycia dachu. W możliwym zakresie badania te powinny być prowadzone z wykorzystaniem metod NDT, jednakże często jedynie wykonanie odkrywek pozwala określić faktyczny stan badanego elementu. Naruszone w trak-





cie badań struktury, miejsca odkrywek należy po badaniu wypełnić z użyciem technik i materiałów jak najbardziej zbliżonych do pierwotnie stosowanych. Przykładem badań konstrukcji w fabryce drutu są badania rozmieszczenia zbrojenia w żelbetowym stropie hali głównej. Szczególna konstrukcja stropu (zastosowanie skrajnych belek stalowych) wykluczyła możliwość wykorzystanie ferroskanera do określenia położenia zbrojenia, z tych względów zdecydowano się na wykonanie odkrywek poprzez rozkucie warstw stropu.

Stwierdzone wady materiałowe nie zawsze muszą oznaczać zagrożenie dla całej struktury obiektu budowlanego. Jeżeli wykazano obniżenie cech wytrzymałościowych materiałów konstrukcyjnych to należy wykonać kontrolne obliczenia statyczno-wytrzymałościowe. Wykonanie takich obliczeń jest wskazane również w przypadku braku dokumentacji je zawierającej, ewentualnie planowanych zmian sposobu użytkowania lub przebudów obiektu. Zaleca się wykonanie nowych obliczeń zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami. Parametry materiałowe przyjmowane do analizy powinny odpowiadać wyznaczonym uprzednio podczas badań materiałowych, ewentualnie, w przypadku materiałów wolniej podlegających starzeniu, na podstawie zachowanej dokumentacji technicznej z uwzględnieniem warunków zmęczenia materiału (szczególnie w przypadku wpływów dynamicznych).

Należy pamiętać, że o bezpieczeństwie użytkowania obiektu budowlanego nie zawsze decyduje tylko i wyłącznie jego stan techniczny. Niezwykle istotne mogą być wpływy otoczenia np. głębokie wykopy w sąsiedztwie czy prace podziemne. Wszystkie te wpływy określamy terminem warunki gruntowo-wodne. Ich zdefiniowanie wymaga nie tylko wykonania badań geotechnicznych, ale także przejrzenia archiwów w poszukiwaniu informacji na temat prac budowlanych prowadzonych w pobliżu, a na terenach eksploatacji górniczej, uzyskania wielkości tych wpływów. Zabudowania Fabryki Drutu są przykładem obiektu, w którym jedną z najbardziej prawdopodobnych przyczyn obserwowanych deformacji elementów konstrukcji jest zmiana warunków gruntowo wodnych. Przeprowadzone badania geotechniczne wykazały, że budynek został posadowiony na bardzo odkształcalnym podłożu [Sękowski i in. 2008] a aktualny stan naprężeń w gruncie jest bliski wyczerpania nośności. Zabudowania fabryki drutu będą ponadto w przewidywalnej przyszłości poddane wpływom szeroko zakrojonych prac ziemnych, tunelowych i rozbiórkowych związanych z budową trasy DTŚ w korycie dawnego kanału. Prace te z dużym prawdopodobieństwem wpłynąć mogą na zmianę warunków gruntowo-wodnych i stworzyć zagrożenie dla historycznych konstrukcji.

Wiele z tych nowo planowanych wpływów będzie miało charakter dynamiczny, który będzie transmitowany na konstrukcję [Gromysz 2008].

Ta złożona sytuacja implikuje rewizję projektu rewitalizacji i zmusza do podjęcia innych specjalistycznych działań (np. stały monitoring zachowania się konstrukcji, tymczasowe zabezpieczenia elementów nośnych, stałe zabezpieczenia fundamentów itp.), których realizatorami będą inżynierowie budownictwa różnych specjalności.

## 2.2. Opracowanie metod naprawy i wzmocnienia

Potrzeba przeprowadzenia prac naprawczych i wzmacniających wynika zazwyczaj z wieloletniej eksploatacji w trudnych warunkach przemysłowych, w których, obok starzenia się materiałów budowlanych, dochodzi do licznych uszkodzeń mechanicznych. Właściwie wykonane prace naprawcze dają szansę na przywrócenie obiektowi pełnej wartości technicznej, jednakże nie zawsze doprowadzenie do stanu pierwotnego wystarcza do zapewnienia oczekiwanych standardów użytkowych. Zmianie funkcji budynku przemysłowego prawie zawsze towarzyszy konieczność przebudowy. W efekcie zmian obciążeń czy też przebudowy konstrukcji nośnej budynku zmienia się układ sił wewnętrznych, co często pociąga za sobą konieczność wzmocnienia niektórych elementów konstrukcji.

Wzmacnianie istniejących obiektów jest znacznie trudniejsze niż projektowanie i wzniesienie nowych. Wybrana technologia wzmocnienia powinna przede wszystkim nie szkodzić istniejącej konstrukcji, z drugiej strony powinna zapewnić jej oczekiwaną nośność. Wskazane jest zachowanie dotychczasowej architektury obiektów zabytkowych [Karta Wenecka 1964]. Niezbędna jest znajomość dawnych technologii budowlanych, umiejętność prowadzenia badań materiałowych, głównie terenowych i posiadanie specjalistycznych urządzeń to umożliwiających. Szczególnie trudne jest wzmacnianie konstrukcji zabytkowych, kiedy wzmocnienie powinno w jak najmniejszym stopniu zmieniać walory wizualne obiektu. Dobierając środki naprawcze należy zawsze uwzględniać ich poprawną współpracę z materiałem pierwotnym konstrukcji. Bywa, że naprawy pozornie poprawne w momencie odbioru, w efekcie zmian naturalnych dróg migracji wilgoci, czy też zapoczątkowania reakcji elektrochemicznych, w krótkim okresie prowadzą do jeszcze większej degradacji naprawianego budynku.

Przewidziane i opisane w niniejszym numerze „Spotkania z Zabytkiem” metody naprawy wynikają głównie z uszkodzeń związanych ze starzeniem się materiałów (głównie korozja elementów stalowych i drewnianych), deformacji elementów konstrukcyjnych dachu Stalarni oraz zmiany warunków obciążenia stropu. Zaproponowane rozwiązania obejmują całe spektrum możliwych metod naprawy i wzmocnienia, począwszy od najprostszych napraw obejmujących uzupełnienie powłok malarskich, poprzez uzupełnienie ubytków materiałów konstruk-



cyjnych (głównie elementy murów), wzmocnienie elementów konstrukcji z wykorzystaniem nakładek FRP (elementy więźby drewnianej w Kuźni) i nakładek stalowych (słupy) aż po wymianę fragmentów elementów konstrukcji (elementy więźby drewnianej, płatwie stalowe). W niektórych sytuacjach, kiedy naprawa nie jest możliwa, należy rozpatrzyć wymianę całych elementów konstrukcji. Taka konieczność pojawiła się w przybudowce przeznaczony na kuźnię, gdzie sposób konstrukcji silnie skorodowanego dachu praktycznie wyklucza możliwość jego miejscowej naprawy.

Odrębny problem stanowią zanieczyszczenia chemiczne powstałe w trakcie użytkowania (np. olejami, metalami ciężkimi). Mogą stanowić one zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, tym bardziej, że ich wydzielanie do środowiska może rosnać. Z tych względów zanieczyszczone części budynków, zakwalifikowane jako nieużyteczne powinny zostać bezwzględnie usunięte z konstrukcji i zastąpione nowymi. Czasem możliwa jest dezaktywacja, oczyszczenie materiałów budowlanych jednakże należy mieć świadomość, że jest to proces długotrwały i drogi.

### **2.3. Nadzór nad pracami budowlanymi**

Kolejnym obowiązkiem spoczywającym na inżynierze budownictwa jest prowadzenie nadzoru nad pracami budowlanymi. Na tym etapie rewitalizacji, pełniąc funkcję kierownika budowy, staje się on głównym odpowiedzialnym za poprawność realizacji założeń przyjętych na etapie planowania. Zarówno instytucję kierownika budowy, jak i jego zakres obowiązków i uprawnień regulują postanowienia ustawy Prawo budowlane [Ustawa 1994]. Osoba pełniąca funkcję kierownika budowy powinna posiadać odpowiednie do rodzaju prowadzonych prac uprawnienie budowlane. W przypadku rewitalizacji obiektów budowlanych obowiązki kierownika budowy zazwyczaj są rozszerzone o dodatkowe zadania wynikające ze specyfiki prowadzonych prac. Podstawowym obowiązkiem kierownika budowy jest kierowanie budową obiektu budowlanego w sposób zgodny z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami i obowiązującymi polskimi normami oraz przepisami BHP, w tym także realizacja zaleceń wpisanych do dziennika budowy a w przypadku obiektów zabytkowych również zaleceń konserwatora zabytków. Kierownik budowy ma prawo w porozumieniu z inwestorem do zmian rozwiązań projektowych, jeżeli są one uzasadnione koniecznością zwiększenia bezpieczeństwa realizacji robót budowlanych lub usprawnienia procesu budowy. Prawo to jest szczególnie istotne w przypadku renowacji i przebudowy obiektów, kiedy dokładne określenie stanu technicznego, rozwiązań konstrukcyjnych jest możliwe dopiero po odkryciu rewitalizowanego fragmentu konstrukcji. W przypadku stwierdzenia niezgodności z założeniami projekto-

wymi kierownik budowy ma obowiązek wprowadzania niezbędnych modyfikacji projektu (czasem w porozumieniu z projektantem). Wszelkie wprowadzone zmiany powinny w tym wypadku zostać odnotowane w dzienniku budowy a także w przyszłej dokumentacji powykonawczej obiektu budowlanego. Koordynacja działań prowadzonych na budowie, planowanie kolejności robót budowlanych lub ich poszczególnych etapów, szczególnie w przypadku obiektów kulturowo cennych powinny być tak prowadzone, aby w jak najmniejszym stopniu szkodzić nie zmienianym fragmentom budynku. Inwestor i jego przedstawiciel w osobie inspektora nadzoru inwestorskiego powinni mieć możliwość stałej kontroli oraz odbioru wykonanych robót, w szczególności ulegających zakryciu. Niezmiernie istotne jest zapewnienie bezpieczeństwa budowy. W pierwszej kolejności zabezpieczenie terenu budowy, w tym ograniczenie dostępu do placu budowy osobom nieupoważnionym, co może być utrudnione, szczególnie w przypadku budynków będących fragmentami gęstej zabudowy miejskiej. Jeszcze przed rozpoczęciem prac sporządzenie planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia [Dyrektywa 1992] oraz zapewnienie jego przestrzegania podczas wykonywania robót budowlanych. Tworząc taki plan dla budynku rewitalizowanego kierownik budowy powinien uwzględnić bieżący stan techniczny tego obiektu, jednocześnie ma prawo żądania od wykonawców robót dokumentów stwierdzających, że zatrudnieni pracownicy posiadają odpowiednie przygotowanie zawodowe i uprawnienia kwalifikacyjne do wykonywania robót, szkolenia w zakresie BHP oraz dysponują właściwym dla wykonywanej przez nich pracy sprzętem ochron osobistych. Wśród prac budowlanych szczególną grupę stanowią prace rozbiórkowe. Mają one na celu usunięcie budynku lub jego części z powierzchni terenu, a często także spod jego powierzchni. Wyburzenia budynków powinny uzyskać zgodę i być sankcjonowane prawnie (od strony planowania i wpływu na środowisko). Na niektóre specjalistyczne typy prac wyburzeniowych (np. metodą wybuchową) może być wymagany specjalny certyfikat. Z punktu widzenia ochrony środowiska prace rozbiórkowe najlepiej jest połączyć z recyklingiem materiałów.

Oprócz kierowania robotami budowlanymi inżynier budownictwa może pełnić obowiązki inspektora nadzoru inwestorskiego, z tym że funkcji tych nie wolno łączyć. Inspektor reprezentuje inwestora na budowie, w jego imieniu sprawuje kontrolę nad zgodnością realizacji projektu z pozwoleniem na budowę, przepisami i obowiązującymi polskimi normami oraz zasadami wiedzy technicznej. W przypadku rewitalizacji obiektów budowlanych wśród jego obowiązków należy wyróżnić sprawdzanie jakości wykonywanych prac, a w szczególności zapobieganie zastosowaniu wyrobów niezgodnych z projektem, wadliwych i nie dopuszczo-



nych do obrotu i stosowania w budownictwie a w przypadku obiektów zabytkowych, materiałów znacząco różnych od pierwotnie zastosowanych. W przypadku obiektów historycznie cennych wskazana jest koordynacja obowiązków inspektora nadzoru z przedstawicielem lokalnego konserwatora zabytków.

## 2.4. Opieka techniczna

Zadania inżyniera budownictwa nie kończą się wraz z oddaniem budynku do użytkowania. Prawo budowlane [Ustawa 1994] nakłada na właściciela obiektu budowlanego obowiązek utrzymania właściwego stanu technicznego. Przynajmniej raz na 5 lat należy sprawdzać stan sprawności technicznej i wartości użytkowej całego obiektu budowlanego, w tym między innymi kontrolę całego budynku lub elementów takich jak dachy, ściany i instalacje. Kontrole powinny być dokonywane przez osoby mające odpowiednie uprawnienia budowlane, w przypadku struktury budynku są to uprawnienia w specjalności konstrukcyjno-budowlanej.

## 3. Podsumowanie

Rola inżyniera budownictwa w procesie rewitalizacji terenu przemysłowego jest zazwyczaj niedoceniana lub źle pojmowana. Doświadczenia inżynierów uczestniczących w takich realizacjach wskazują, że są oni postrzegani błędnie, jako osoby opóźniające proces rewitalizacji, tymczasem jak starano się to pokazać, inżynier budownictwa stara się dostosować koncepcje planistów i architektów do norm, prawa i możliwości technicznych obiektu.

## Bibliografia

- SĘKOWSKI J. i inni 2008. Geotechniczne warunki posadowienia budynku dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach. W: *Spotkanie z Zabytkiem: Fabryka Drutu w Gliwicach*. Gliwice: Politechnika Śląska. 2008, nr 3, s. 29-36.
- GROMYSZ K. 2008. Stanowisko pomiarowe do badania wpływów drgań wywołanych budową tunelu na zabytkowy budynek dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach. W: *Spotkanie z Zabytkiem: Fabryka Drutu w Gliwicach*. Gliwice: Politechnika Śląska. 2008, nr 3, s. 45-62.
- Karta Wenecka 1994. Międzynarodowa Karta Konserwacji i Restauracji Zabytków i Miejsc Zabytkowych – 1964 r.
- Ustawa *Prawo budowlane* Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414 z późn. zmianami.
- Dyrektywa 92/57/EWG z dnia 24.06.1992 roku dotycząca określenia minimalnych wymagań bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na tymczasowych lub ruchomych budowach.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Marian KAWULOK, ITB Oddział Śląski

Krzysztof GROMYSZ<sup>1</sup>

Katedra Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śląska, Gliwice

## OPIS APARATURY I SPOSOBU POMIARU DRGAŃ ZABYTKOWEGO BUDYNKU DAWNEJ FABRYKI DRUTU W GLIWICACH

**Streszczenie.** Przedstawiono aparaturę pomiarową służącą do pomiarów drgań budynków wywołanych wskutek prac geotechnicznych. Zaproponowano sposób postępowania przy ocenie wpływu prac geotechnicznych wywołujących drgania na zabytkowe zabudowania dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach.

**Słowa kluczowe:** pomiary drgań, wpływ drgań na budynki

## LABORATORY APPARATUS FOR MEASURING VIBRATION OF HISTORICAL WIRE FACTORY IN GLIWICE CAUSED BY GEOTECHNICAL WORKS.

**Abstract.** The paper presents laboratory apparatus for measuring vibration of constriction response on geotechnical works. Methods of estimating vibration influence on historical buildings of old Wire Factory in Gliwice are proposed.

**Keywords:** vibration measurement, influence of vibration on buildings

### 1. Wprowadzenie

Budynek znajdujący się w Gliwicach przy ul. Dubois 22 od połowy XIX w. do połowy XX w. wchodził w skład Fabryki Drutu. Następnie do lat 90. ubiegłego wieku pełnił funkcję warsztatów szkolnych. Obecnie, ze względu na walory architektoniczne i położenie w centrum miasta, planuje się zagospodarowanie budynku dawnej Fabryki Drutu na pracownię artystyczne. Ponadto w budynku będą odbywać się wystawy i koncerty.

Budynek, którego rozpoczęcie budowy określa się na rok 1852, składa się z trzech segmentów. Segmenty południowy i północny są parterowe, wykonane w technologii tradycyjnej cechującej się mурowanymi z cegły fundamentami i ścianami oraz drewnianą konstrukcją

---

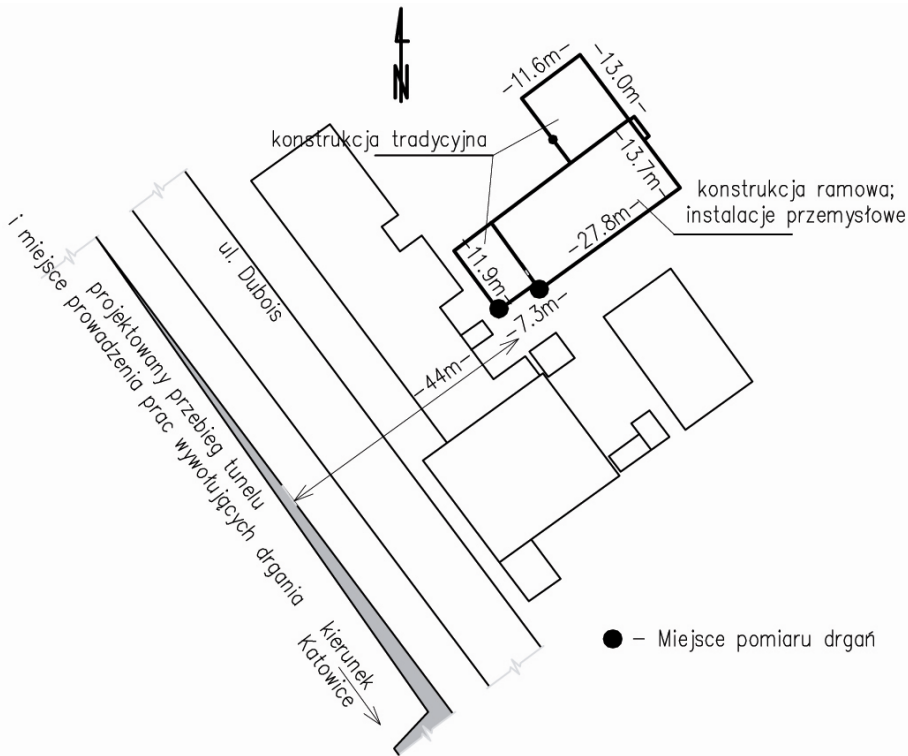
<sup>1</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 23 12, e-mail: krzysztof.gromysz@polsl.pl



dachu. Segment środkowy, którego konstrukcję nośną stanowią ramy żelbetowo - stalowe jest dwukondygnacyjny. Słupy tych ram oraz rygle stropu nad parterem są żelbetowe a wiązary dachowe stalowe. Wewnątrz segmentu znajdują się stare, zabytkowe ze względu na wiek, instalacje przemysłowe.

Blisko 160 lat użytkowania obiektu przy braku regularnej konserwacji sprawiło, że segmenty budynku znajdują się w złym stanie technicznym.

Jednocześnie w odległości 44 m od budynku planowana jest budowa tunelu, którym będzie biegła Drogorowa Trasa Średnicowa łącząca Katowice z Gliwicami (rys. 1). Ze względu na odkrywkowy sposób budowania tunelu zajdzie konieczność wykonania głębokich wykopów. Realizacja tych wykopów będzie się wiązała się między innymi z wbijaniem ścianek szczelnych i pracą ciężkiego sprzętu. Ponadto w odległości około 60 m od budynku planuje się posadowienie na palach budynków użyteczności publicznej. Wszystkie te prace będą wywoływały drgania gruntu oddziałujące na budynek dawnej Fabryki Drutu.



Rys. 1. Położenie budynku Fabryki Drutu względem projektowanego tunelu, K. Gromysz.

Fig. 1. Wire Factory localization in relation to the designed tunnel, K. Gromysz.

W trakcie realizacji planowanych inwestycji niezbędne będzie prowadzenie monitoringu budynku dawnej Fabryki Drutu ze szczególnym uwzględnieniem wpływu oddziaływań dynamicznych przekazywanych na obiekt przez grunt. Monitoring ten umożliwi podejmowanie decyzji odnośnie dopuszczalnej intensywności prac związanych z budową tunelu.

W artykule przedstawiono zaprojektowany układ pomiarowy służący do określania parametrów dynamicznych przekazywanych na budynek a także sposób interpretacji i dalszego postępowania z uzyskanymi danymi.

## **2. Przyjęta zasada określania wpływu drgań na budynek dawnej fabryki drutu**

Jak przedstawiono we wstępie, konstrukcja dwóch segmentów analizowanego budynku jest tradycyjna, a jednego żelbetowo - stalowa. Podejście do określania wpływu drgań przekazywanych przez grunt na te segmenty zależy od typu konstrukcji. Proponuje się, aby szkodliwość drgań odbieranych przez segmenty o konstrukcji tradycyjnej określać według skal SWD zawartych w normie [PN-85/B-02170]. Z kolei szkodliwość drgań przekazywanych przez grunt na segment o konstrukcji żelbetowo – stalowej i zabytkowe instalacje przemysłowe określać według indywidualnych obliczeń dynamicznych.

W celu wykorzystania skal SWD do oceny szkodliwości drgań przekazywanych przez grunt niezbędna jest znajomość częstotliwościowej struktury drgań odbieranych przez obiekt. Określenie tej struktury jest możliwe po dokonaniu pomiarów drgań fundamentowych ścian budynku.

Z kolei indywidualne obliczenia dynamiczne wymagają z jednej strony poprawnego zamodelowania konstrukcji a z drugiej informacji o czasowym przebiegu wymuszenia kinematycznego przekazywanego na konstrukcję przez fundament. Poprawność modelu konstrukcji zostanie zweryfikowana na podstawie badań modalnych przeprowadzonych przez wzbudzenie drgań konstrukcji wzbudnikiem udarowym [Uhl 1997]. Ułamki tłumienia krytycznego zostaną określone w oparciu o uzyskane z doświadczeń widmowe funkcje przejścia. Czasowe przebiegi wymuszeń kinematycznych zostaną wyznaczone na podstawie pomiarów drgań w trakcie prowadzenia prac w rejonie budynku [Kucharski 2002].

## **3. Aparatura pomiarowa**

Wobec przyjętej zasady określania wpływu drgań na budynki dawnej Fabryki Drutu niezbędne jest przeprowadzenie dwóch typów pomiarów. Pierwszy sprowadza się do rejestrowa-





nia drgań wywoływanych pracami budowlanymi i odbieranych przez budynek. Drugi typ pomiaru polega na równoczesnym pomiarze impulsowego wymuszenia dynamicznego i odpowiedzi konstrukcji na to wymuszenie.

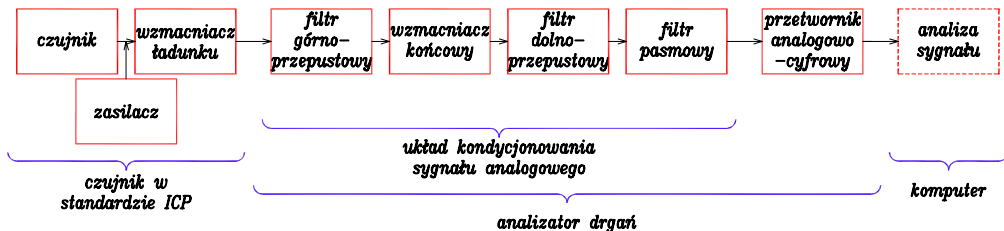
Do realizacji pierwszego typu pomiaru niezbędne jest stanowisko składające się z czujnika drgań i analizatora obsługiwanego z poziomu komputera. Do realizacji pomiaru drugiego typu niezbędny jest, oprócz analizatora i czujnika, wzbudnik udarowy. W kolejnych podpunktach zostaną opisane elementy stanowiska, które zamierza się wykorzystać w trakcie badań.

### 3.1. Układ umożliwiający pomiar odpowiedzi konstrukcji na wymuszenie dynamiczne

W skład układu umożliwiającego pomiar odpowiedzi konstrukcji na wymuszenia dynamiczne (toru pomiarowego) wchodzi [Inman 2007]:

- czujnik drgań w standardzie ICP,
- analizator drgań współpracujący z komputerem,
- okablowanie i oprogramowanie.

Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat układu umożliwiającego pomiar odpowiedzi konstrukcji na wymuszenia dynamiczne, [Kucharski 2002].

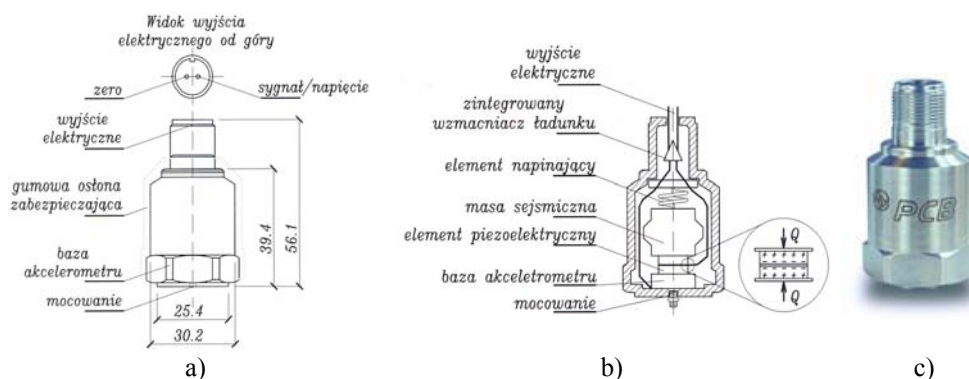
Fig. 2. Schematic of laboratory apparatus for measuring constriction response, [Kucharski 2002].

#### 3.1.1. Czujniki drgań

Do pomiaru drgań zostaną wykorzystane sejsmiczne piezoelektryczne czujniki drgań pracujące w standardzie ICP (rys. 3a). Zasada działania czujników jest następująca. Masa sejsmiczna, pod wpływem siły bezwładności naciska na element piezoelektryczny z siłą proporcjonalną do siły bezwładności masy sejsmicznej i przyspieszenia powierzchni, do której czujnik jest zamocowany (rys. 3b). W efekcie element piezoelektryczny emituje ładunki elektryczne proporcjonalnie do przyspieszenia. Dzięki zintegrowanemu wzmacniaczowi ładun-

ków na wyjściu elektrycznym czujnika występuje napięcie  $\pm 5$  V. Zakłada się zastosowanie czujnika drgań cechującego się następującymi parametrami (rys. 3c):

- czułość 1000 mV/g,
- zakres częstotliwości: 0,3 – 4000 Hz ( $\pm 10\%$ ),
- zakres pomiarowy  $\pm 5$  g,
- złącze 2 – pin MIL-C-5015,
- wyjście górne, waga 210 gr.



Rys. 3. Sejsmiczny czujnik drgań a), b) budowa czujnika, c) ogólny widok czujnika, [Uhl 1997].

Fig. 3. Seismic sensor for acceleration a), b) sensor schematic, c) general sensor view [Uhl 1997].

### 3.1.2. Analizator drgań

Z czujnikami drgań będzie współpracował ośmiokanałowy analizator drgań. W skład analizatora wchodzi układ filtrów dolnoprzepustowych, górnoprzepustowych, filtrów pasmowych, wzmacniaczy oraz przetwornik analogowo – cyfrowy. Analizator drgań jest obsługiwany z poziomu komputera przez oprogramowanie, które jest podzielone na moduły. Karta pomiarowa będąca fizycznie podstawowym elementem analizatora, odpowiedzialna za kondycjonowanie sygnału, cechuje się następującymi parametrami:

- zakres napięć wejściowych od  $\pm 100$  mV do  $\pm 12$  V,
- sygnalizacja stanu czujników oraz przesterowania napięcia kanałów pomiarowych,
- stosunek sygnał/szum 90 dB dla zakresu  $\pm 100$  mV,
- wbudowane filtry antyaliasingowe,
- przetworniki A/C 24-bitowe,
- pasmo częstotliwości do 23 kHz na kanał,



- częstotliwość próbkowania do 51,2 kHz.



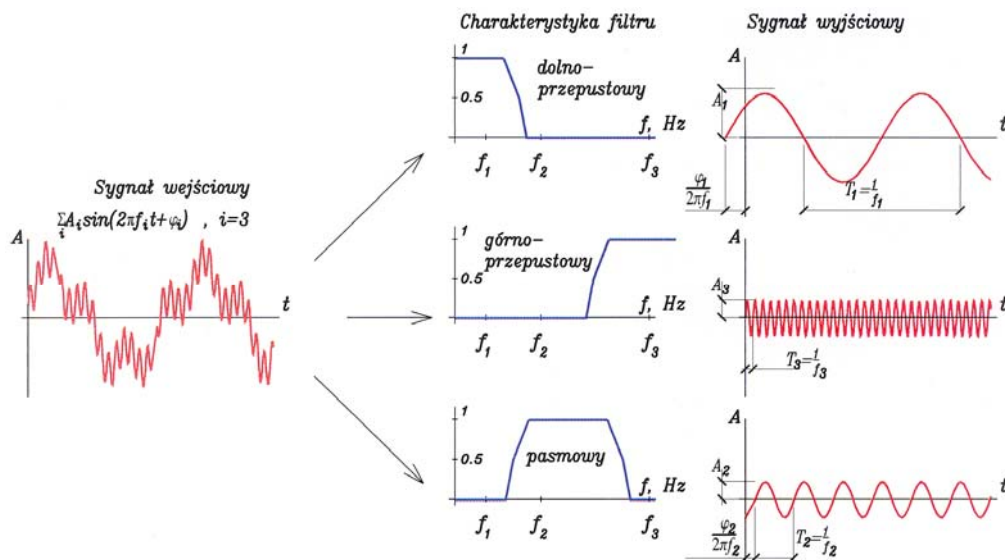
Rys. 4. Analizator drgań, którego wykorzystanie przewiduje się w trakcie pomiarów realizowanych w budynku dawnej fabryki drutu, K. Gromysz.

Fig. 4. View of laboratory apparatus for measuring constriction response, K. Gromysz.

Poniżej zostaje scharakteryzowana zasada działania analizatora.

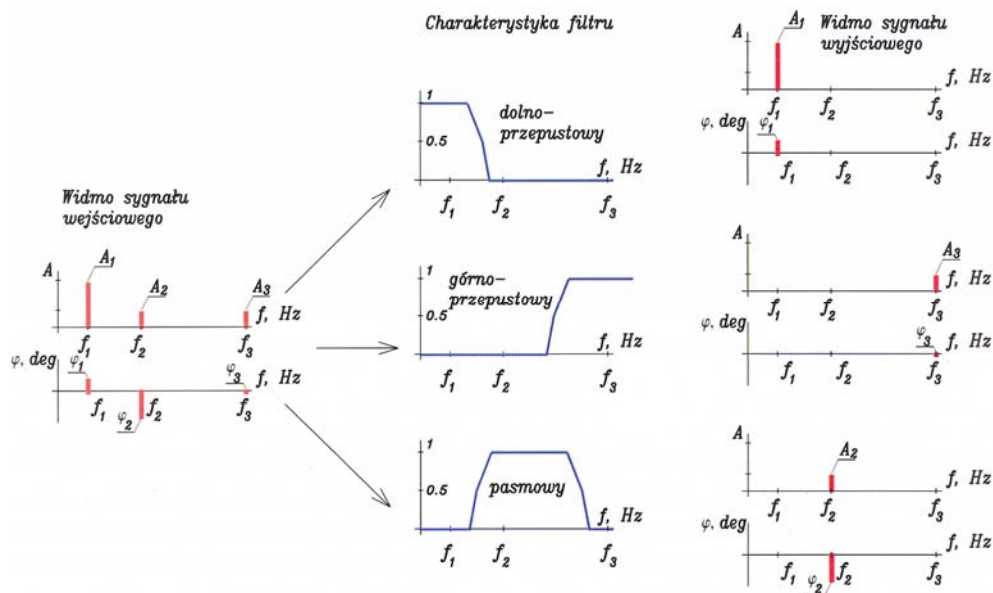
Filtrowanie sygnału. Analizator drgań posiada wbudowane różnego rodzaju filtry. Między innymi analogowy filtr górnoprzepustowy, którego zadaniem jest odfiltrowywanie częstotliwości niskich rzędu 0,5 Hz, to znaczy takich, które leżą poza zakresem pomiarowym czujników sejsmicznych. Z kolei filtr dolnoprzepustowy odcina składowe wysokoczęstotliwościowe większe od możliwych do zarejestrowania przez analizator ze względu na częstotliwość Nyquista (częstotliwość równa połowie częstotliwości próbkowania  $f_s$  – patrz niżej).

Oprócz filtrów analogowych analizator realizuje wiele filtrów pasmowych, między innymi oktawowo i tercjalne. Filtry te działają w oparciu o uprzednią cyfrową fourierowską analizę sygnału, której wybrane aspekty (analiza DFT) zostaną przedstawione poniżej. Zasadę działania opisanych wyżej filtrów przedstawiono w dziedzinie czasu na rysunku 5. Na rysunku tym zobrazowano rezultat filtrowania sygnału składającego się z trzech przebiegów harmonicznnych o częstotliwościach  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ , amplitudach  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  i przesunięciach fazowych  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ . Rezultat filtrowania tego samego sygnału opisanego w dziedzinie częstotliwości przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 5. Filtrowanie sygnału. Interpretacja w dziedzinie czasu, K. Gromysz.

Fig. 5. Signal filtrate. Interpretation in the time domain, K. Gromysz.



Rys. 6. Filtrowanie sygnału. Interpretacja w dziedzinie częstotliwości, K. Gromysz.

Fig. 6. Signal filtrate. Interpretation in the frequency domain, K. Gromysz

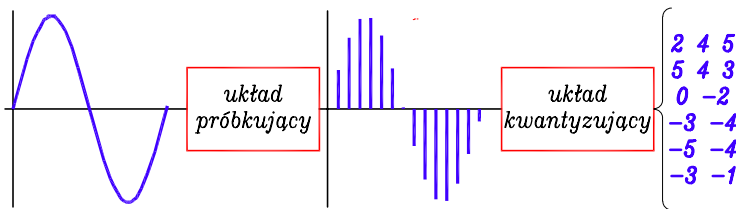


Przetwarzanie analogowo – cyfrowe. Proces przetwarzania sygnału ciągłego do postaci cyfrowej dyskretnej jest realizowany w przetworniku analogowo cyfrowym. Proces składa się z dwóch oddzielnych i różnych operacji:

- próbkowania w dziedzinie czasu,
- kwantowania (kwantyzacja w dziedzinie amplitudy).

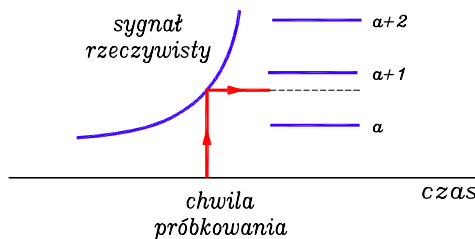
Próbkowanie jest procesem określania chwil, w których przebieg ma być obserwowany. Kwantyzacja jest zamianą wartości analogowych w danych chwilach próbkowania na postać cyfrową. Zasadę operacji próbkowania i kwantowanie zobrazowano na rysunku 7.

Liczba poziomów kwantyzacji, a więc błąd kwantyzacji zależy od reprezentacji cyfrowej. Przetwornik cyfrowy wchodzący w skład analizatora, którego wykorzystanie zakłada się przy prowadzeniu badań wpływu drgań na budynek dawnej fabryki drutu daje na wyjściu przebiegi binarne zgodnie z kodem komputerowym, stąd liczba poziomów kwantowania jest określona przez liczbę cyfr w systemie dwójkowym (liczbę bitów). Urządzenie przedstawione na rysunku 4 wytwarza na wejściu 24 bitów, co odpowiada zakresowi  $2^{24} = 16777216$  poziomów (rys. 8).



Rys. 7. Próbkowanie sygnału i kwantyzacja sygnału, [Kucharski 2002].

Fig. 7. Signal collecting and quantization, [Kucharski 2002].



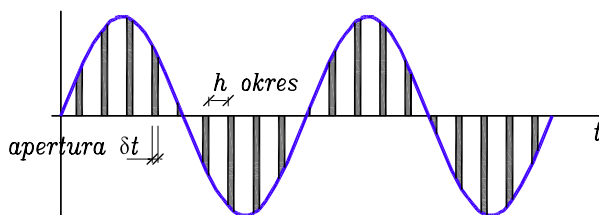
Rys. 8. Poziomy kwantyzacji sygnału, [Kucharski 2002].

Fig. 8. Quantization signal's levels, [Kucharski 2002].

Przetworzenie ciągłego sygnału analogowego do postaci cyfrowej realizowane przez analizator drgań polega na:

- dobraniu wycinków sygnałów jednakowo oddalonych od siebie,
- przypisaniu każdemu wycinkowi w sposób jednoznaczny liczby reprezentującej wartość średnią amplitudy próbki dla całego pola impulsu.

Okres, w którym dane są uśredniane nazywa się aperturą (rys. 9).



Rys. 9. Apertura i okres próbkowania, K. Gromysz.

Fig. 9. Aperture and sampling period, K. Gromysz.

Zgodnie z twierdzeniem Shannona-Kotielnikowa sygnał należy próbkować z częstotliwością co najmniej dwukrotnie wyższą niż najwyższa częstotliwość składowej sygnału poliharmonicznego [Zieliński 2007]. Częstotliwość Nyquista  $f_N$  nazywana jest maksymalną częstotliwością sygnału, która może być właściwie, tj. bez aliasingu zinterpretowana przy danej częstotliwości próbkowania  $f_p$ . Składowe sygnału o wyższej częstotliwości ukażą się zniekształcone w postaci „aliasów” o częstotliwościach w przedziale  $(0, f_N)$ . Filtr antyaliasingowy eliminujący składowe o częstotliwości wyższej niż częstotliwość Nyquista stosuje się w układzie kondycjonowania sygnału.

Dalsze przetwarzanie danych pomiarowych i ich analiza prowadzona jest za pomocą pakietu programów do analizy danych, których część (zasada działania pakietu realizującego dyskretne przekształcenie Fouriera) zostanie opisana w kolejnym punkcie.

### 3.2. Układ umożliwiający określenie cech dynamicznych obiektu

Układ umożliwiający określenie cech dynamicznych konstrukcji żelbetowo – stalowej segmentu budynku dawnej Fabryki Drutu oraz instalacji przemysłowych składa się, oprócz czujnika drgań i analizatora z udarowego wzbudnika drgań.

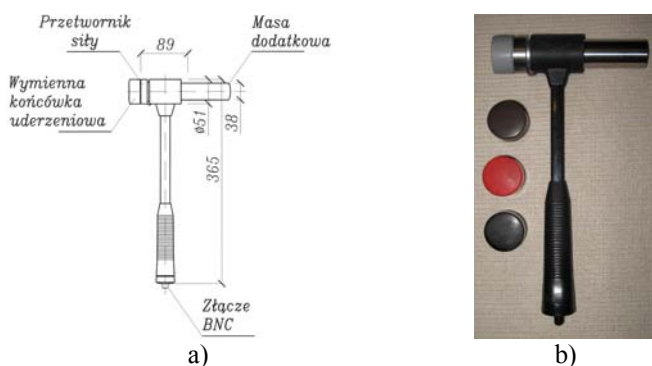
Udarowy wzbudnik drgań (młotek modalny) działa na zasadzie przekazania energii kinetycznej zmagazynowanej w poruszającej się masie młotka (i ewentualnie energii potencjalnej)



do badanego układu w procesie zderzenia sprężystego w wybranym punkcie obiektu. Do określania cech dynamicznych elementów konstrukcji i instalacji przemysłowych zostanie wykorzystany młotek o masie 1,89 kg wprawiany w ruch ręcznie.

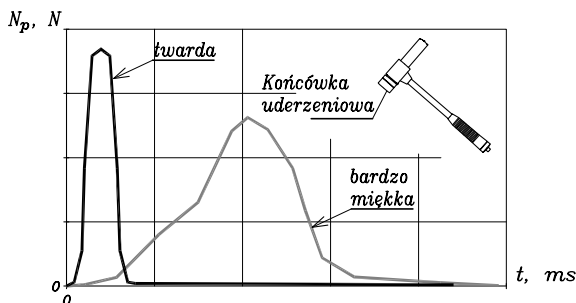
Młotek modalny ma zamontowany przetwornik siły i kontrolujący sztywność element na końcu przetwornika (wymierna końcówka uderzeniowa). Wytwarzane jest wymuszenie o charakterze impulsowym. Wbudowany czujnik siły mierzy wymuszenie generowane za pomocą wzbudnika udarowego. Ponadto dobór końcówki uderzeniowej młotka pozwala kształtować pik impulsu siły oraz widmo amplitud siły. Impuls zawiera szerokie pasmo częstotliwości i wzbudza wiele postaci drgań jednocześnie.

Młotek modalny składa się z następujących zasadniczych elementów: wymiennej końcówki uderzeniowej, przetwornika siły, masy dodatkowej, oraz złącza BNC (rys. 10a). Wymierna końcówka umożliwia wywoływanie w konstrukcji drgań o żądanych częstotliwościach. Młotek, którego wykorzystanie zakłada się w trakcie prowadzenia badań wyposażony jest w cztery wymienne końcówki uderzeniowe (rys. 10b): bardzo miękka (szara), miękka (brązowa), średnia (czerwona) i twarda (czarna). W trakcie uderzania młotkiem wyposażonym w końcówkę miękką siła przekazywana jest na badane elementy konstrukcji budowlanych dłużej niż w przypadku końcówki twardej. Większą chwilową wartość siły uzyskuje się w przypadku końcówki twardej, co przedstawiono na rysunku 11. Większy zakres częstotliwości jest przekazywany na elementy konstrukcji budowlanych z końcówki twardej w porównaniu z końcówką miękką, co zobrazowano na wykresie widma siły zamieszczonym na rysunku 12.



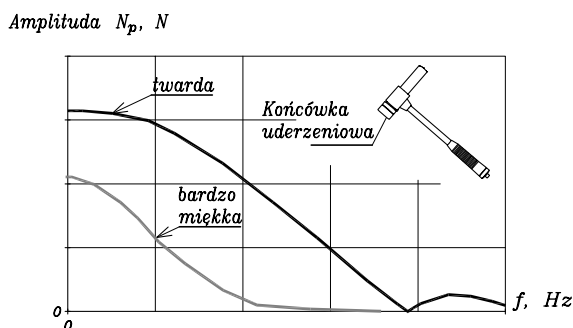
Rys. 10. Udarowy wzbudnik drgań – młotek modalny 086D20 firmy Piezoelectronics, [PCB Piezoelectronics 2007].

Fig. 10. Impulse Hammer - Impact Hammer 086D20 made by Piezoelectronics, [PCB Piezoelectronics 2007].



Rys. 11. Czas trwania przekazywania siły przez młotek na konstrukcję oraz maksymalna wartość siły w zależności od końcówki uderzeniowej, [Kucharski 2002].

Fig. 11. Duration of force transitions on construction and maximum force value as a function of the tip stiffness, [Kucharski 2002].



Rys. 12. Widmo siły przekazywane przez młotek na konstrukcję w zależności od końcówki uderzeniowej, [Kucharski 2002].

Fig. 12. Force spectrum in case of hard tip and soft tip, [Kucharski 2002].

Postać wymuszenia ma przebieg krótkotrwały, to znaczy wymuszenie cechuje się krótkim przedziałem czasowym przekazywania energii. Widmo częstotliwościowe jest ciągle z maksimum przy 0 Hz i malejącą amplitudą przy rosnącej częstotliwości.

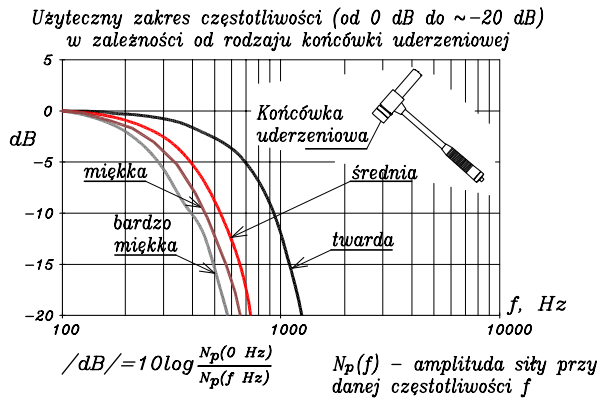
Czas działania siły i kształt widma częstotliwościowego uderzenia zależą od masy i sztywności młotka oraz obiektu testowanego. W przypadku przewidzianych do badania konstrukcji budowlanych widmo częstotliwościowe determinuje sztywność końcówki uderzeniowej młotka. Wynika to ze znacznej różnicy między małą masą młotka (1,89 kg z dokładną końcówką) a znaczną masą badanych elementów (masa rzędu kilkunastu ton). Odpowiedni dobór końcówki uderzeniowej młotka pozwoli wybrać częstotliwość odcięcia.

Użyteczny zakres częstotliwości przekazywanych przez młotek modalny na konstrukcję zależy od spadku siły wraz ze wzrostem częstotliwości. Powszechnie przyjmuje się [Kuchar-





ski 2002], że użyteczny zakres częstotliwości przekazywanej siły jest równy od 0 Hz do  $f$ , gdzie  $f$  jest częstotliwością dla której wartość siły ma spadek od 10 do 20 dB. Użyteczny zakres częstotliwości dla poszczególnych końcówek, w które wyposażony jest młotek modalny, którego wykorzystanie zakłada się, przedstawiono na rysunku 13.



Rys. 13. Użyteczny zakres częstotliwości przekazywanej z młotka, [PCB Piezoelectronics 2007].

Fig. 13. Useful frequency range in case of hard tip, medium tip, soft tip and super soft tip, [PCB Piezoelectronics 2007].

Poniżej zestawiono podstawowe parametry przedstawione na rysunku 10b młotka modalnego:

- zakres częstotliwości do 1 kHz,
- zakres amplitudy siły wymuszającej do 22 kN,
- czułość 0,23 mV/N,
- masa młotka 1,1 kg oraz dodatkowa masa nakładki stalowej 0,79 kg.

## 4. Projekt interpretacji wyników pomiarów

### 4.1. Interpretacja wpływu pomierzonych drgań na segmentach o konstrukcji tradycyjnej

Proponuje się, aby o szkodliwości wpływu drgań na segmenty o konstrukcji tradycyjnej wnioskować na podstawie normy [PN-85/B-02170] i zawartych w tej normie skalach SWD. Aby było możliwe zastosowanie podejścia prezentowanego w powołanej normie niezbędna jest znajomość częstotliwościowej struktury drgań odbieranych przez segmenty.

W związku z tym zostanie zbudowane widmo pomierzonych drgań przy pomocy dyskretnej transformaty Fouriera (DFT) [Zieliński 2007]. Oprogramowanie współpracujące z analizatorem, w oparciu o ciąg próbek wejściowych  $x(n)$  uzyskanych w procesie kwantowania sygnału zwraca, w wyniku dyskretnego przekształcenia Fouriera (DFT)  $X(m)$  próbek wyjściowych będących liczbami zespolonymi. Przekształcenie DFT we współrzędnych biegunowych ma postać:

$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi \frac{m}{N} n} \quad (1)$$

gdzie:

- $X(m)$  -  $m$ -ta składowa DFT,
- $m$  - indeks próbek wyjściowych DFT w dziedzinie częstotliwości,
- $x(n)$  - ciąg próbek wejściowych,
- $n$  - indeks próbek wejściowych w dziedzinie czasu,
- $j$  - jednostka urojona,  $j = \sqrt{-1}$ ,
- $N$  - liczba próbek ciągu wejściowego oraz liczba punktów częstotliwości w ciągu DFT.

Wykorzystując zależność Eulera:

$$e^{-j\varphi} = \cos\varphi - j \sin\varphi \quad (2)$$

można równanie DFT zapisać we współrzędnych prostokątnych w postaci:

$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \left[ \cos\left(2\pi \frac{m}{N} n\right) - j \sin\left(2\pi \frac{m}{N} n\right) \right]. \quad (3)$$

Powyższa postać pozwala wydzielić w równaniu DFT składową rzeczywistą i urojoną a następnie wyznaczać argument każdej składowej  $X(m)$ , to znaczy uwzględnić wzajemne przesunięcia fazowe harmonicznym składowym drgań. Jak widać indeksy ( $n$ ) dla próbek wejściowych oraz ( $m$ ) dla próbek wyjściowych DFT zawsze zmieniają się od 0 do  $N-1$  w standardowej notacji DFT.

Analiza częstotliwościowa sygnału  $x(n)$ , owocująca wyznaczeniem wartości  $X(m)$  DFT zwanych prążkami, jest dokonywana w punktach osi częstotliwości będących całkowitymi wielokrotnościami tej częstotliwości podstawowej. Wartości częstotliwości  $N$  kolejnych punktów na osi częstotliwości, w których są wyznaczane prążki DFT są określane jako:



$$f_m = \frac{mf_s}{N} \quad (4)$$

Jeśli przedstawi się dowolną wartość wyjściową  $X(m)$  DFT za pomocą jej części rzeczywistej i urojonej

$$X(m) = X_{real}(m) + jX_{img}(m) = X_{mag}(m) \quad (5)$$

pod kątem  $X_\varphi(m)$ , to wartość bezwzględna liczby  $X(m)$  jest wyrażona jako

$$|X(m)| = \sqrt{X_{real}^2(m) + X_{img}^2(m)}. \quad (6)$$

Faza  $X_\varphi(m)$  liczby  $X(m)$  jest zdefiniowana jako

$$X_\varphi(m) = \arctg\left(\frac{X_{img}(m)}{X_{real}(m)}\right). \quad (7)$$

Powyższe oznacza, że amplitudy pomierzonych drgań, będą rozłożone dla każdego kierunku w ciąg wymuszeń harmoniczných

$$|X(m)| \sin(\omega_m t + X_\varphi(m)), \quad (8)$$

gdzie:  $\omega_m = 2\pi f_m$ .

W celu wykorzystania skal SWD do oceny wpływu drgań na dwa segmenty o tradycyjnej konstrukcji zostanie przeprowadzona analiza struktury drgań w pasmach 1/3 oktaowych. Częstotliwości środkowe ( $f_{sr}$ ) pasm 1/3 oktaowych (tercjalnych) w granicach 1÷100 Hz przyjmuje się równe: 1,00; 1,25; 1,6; 2,00; 2,50; 3,16; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,00; 12,50; 16,00; 20,00; 25,00; 31,60; 40,00; 50,00; 63,00; 80,00 i 100,00 Hz.

Zależność między częstotliwością górną ( $f_g$ ) i dolną ( $f_d$ ) danej tercji jest związana zależnością:

$$f_g = 2^{\frac{1}{N}} f_d, \quad (9)$$

gdzie  $N = 3$ .

Z kolei częstotliwość środkowa pasma jest zdefiniowana jako średnia geometryczna częstotliwości górnej i dolnej

$$f_{sr} = \sqrt{f_g \cdot f_d}. \quad (10)$$

Skala SWD-I odnosi się do budynków o kształcie zwartym o małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego (nie przekraczających 15 m), jedno – lub dwukondygnacyjnych i o wysokości nie przekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego. Skala SWD-II odnosi się do budynków nie wyższych niż pięć kondygnacji, których wysokość jest mniejsza od podwójnej, najmniejszej szerokości budynku oraz budynków niskich (do dwóch kondygnacji), lecz nie spełniających warunków podanych dla skali SWD-I.

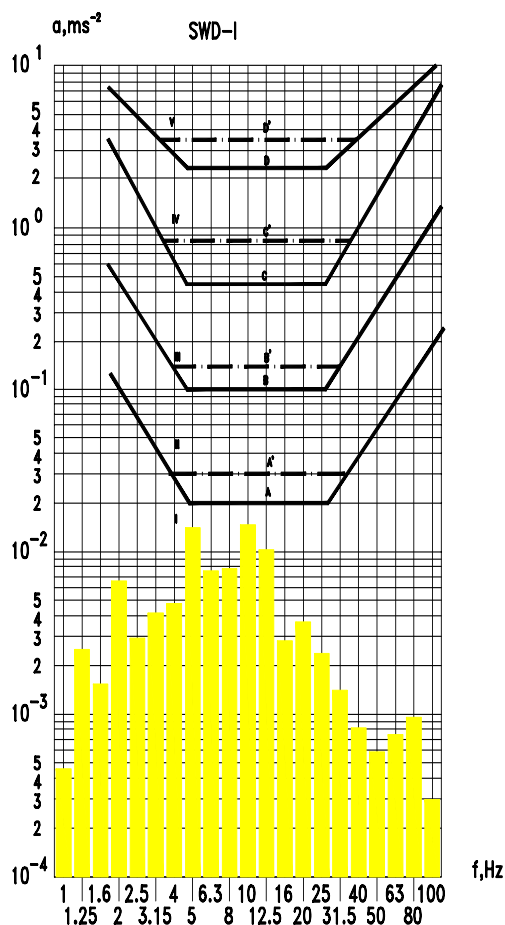
Skale SWD opracowane są w postaci nomogramów, w których na osi pionowej w podziałce logarytmicznej zaznaczono przyspieszenia a na osi poziomej w takiej samej podziałce częstotliwości.

Skale SWD posiadają pięć stref odwzorowujących wpływ drgań na budynki (patrz rys. 14):

- Strefa I – drgania nieodczuwalne przez budynek,
- Strefa II – drgania odczuwalne przez budynek, ale nie szkodliwe dla konstrukcji; następuje tylko przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach, tynkach itp.,
- Strefa III – drgania szkodliwe dla budynków, powodują lokalne zarysowania i spękania; może nastąpić odpadanie wypraw i tynków,
- Strefa IV – drgania o dużej szkodliwości dla budynku, powstają liczne spękania lokalne zniszczenia murów i innych pojedynczych elementów budynku,
- Strefa V – drgania powodujące awarię budynku.

Wyróżnia się także dwie granice odporności budynku:

- Granica A – dolna granica odczuwalności drgań przez budynki, drgania o mniejszych wartościach nie powodują żadnych uszkodzeń w obiektach – pełna dynamiczna odporność budynków,
- Granica B – granica sztywności budynków, dolna granica powstania niedopuszczalnych z punktu widzenia norm budowlanych rys i spękań w elementach konstrukcyjnych.



Rys. 14. Przykład tercjajnej analizy sygnału według skali SWD, [PN-85/B-02170].

Fig. 14. Tercial signal analysis according to SWD scale, [PN-85/B-02170].

## 4.2. Interpretacja wpływu pomierzonych drgań na segment o konstrukcji ramowej żelbetowo – stalowej

W przypadku segmentu środkowego, którego konstrukcję stanowią ramy żelbetowo - stalowe istnieje konieczność przeprowadzenia indywidualnych obliczeń dynamicznych określających wpływ drgań na ich stan. Celem tych obliczeń będzie wyznaczenie naprężeń i sił w konstrukcji, a następnie porównanie tych naprężeń i sił z odpowiednimi wytrzymałościami i nośnościami [Palm 2006], [Erdey 2007]. Obliczenia będą prowadzone przy wykorzystaniu odpowiednich programów komputerowych. Danymi o obciążeniach wprowadzonymi do programu będą czasowe przebiegi drgań pomierzone na fundamentach obiektów. Dane o tłumieniu będą stanowiły wyniki analizy modalnej obiektu przeprowadzonej przy wzbudzeniu im-

pulsowym metodą „rowing hummer”. W metodzie tej jak wiadomo wymuszenie impulsowe przykładane jest w wielu punktach, a odpowiedź na to wymuszenie mierzona jest w jednym punkcie. Parametrem opisującym tłumienie, w założeniu liniowego układu, będą ułamki tłumienia krytycznego przypisane do poszczególnych postaci drgań własnych. Ułamki tłumienia krytycznego zostaną wyznaczone metodą połowy mocy z charakterystyki amplitudowo częstotliwościowej. Uzyskane postaci drgań własnych z badań modalnych przeprowadzonych in situ zostaną skonfrontowane z postaciami uzyskanymi z obliczeń numerycznych. Porównanie to będzie podstawą weryfikacji przyjętego modelu obliczeniowego. Obliczenia dynamiczne zweryfikowanego modelu konstrukcji z ustalonym tłumieniem i zmierzonymi czasowymi przebiegami drgań pozwolą na dokładne określenie wartości naprężeń i sił wywołanych wskutek oddziaływań dynamicznych.

## 5. Podsumowanie

Znajdujący się w złym stanie technicznym budynek dawnej Fabryki Drutu będzie w przyszłości poddawany obciążeniom dynamicznym wywołanym w trakcie wykonywania tune-lu znajdującego się w odległości 44 m od obiektu. Ze względu na zabytkowy charakter budynku oraz jego stan techniczny niezbędny jest monitoring zachowania się jego segmentów w trakcie prowadzenia prac wywołujących oddziaływania dynamiczne. Monitoring ten będzie polegał na określaniu wpływu drgań na poszczególne segmenty.

W przypadku segmentów o tradycyjnej konstrukcji nośnej proponuje się aby odpowiednio opracowane wyniki pomiarów drgań odbieranych przez segmenty nanosić na skale SWD i odnosić do wartości granicznych ustalonych w tych skalach.

W przypadku segmentu, którego konstrukcję stanowią ramy żelbetowo - stalowe, w celu określenia wpływu oddziaływań dynamicznych niezbędne będzie wykonanie obliczeń dynamicznych. Obliczenia te zostaną przeprowadzone w oparciu o model obiektu zweryfikowany na podstawie badań modalnych. Obciążenie modelu stanowić będą pomierzone czasowe przebiegi obciążeń kinematycznych.

Zaproponowany sposób postępowania pozwoli określić wpływ obciążeń dynamicznych na budynek dawnej fabryki drutu. Prowadzenie pomiarów i ciągła ich analiza umożliwią podejmowanie odpowiednich decyzji w trakcie prowadzenia prac budowlanych w rejonie obiektu, co w konsekwencji pozwoli na bezpieczne zrealizowanie zamierzonej inwestycji.



## Bibliografia

- PN-85/B-02170: *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.*
- UHL T. 1997. *Komputerowo wspomagana identyfikacja modeli konstrukcji mechanicznych.* Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1997.
- KUCHARSKI T. 2002. *System pomiaru drgań mechanicznych.* Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2002.
- INMAN D. J. 2007. *Engineering Vibration.* Pearson Prentice Hall, 2007.
- ZIELIŃSKI T. P. 2007. *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów.* Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2007.
- PALM W. J. 2006. *Mechanical Vibration.* John Wiley & Sons, Inc, 2006.
- ERDEY C. K. 2007. *Earthquake Engineering.* John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- PCB PIEZOTRONICS 2007. *Installation and Operating Manual. Impact Hammer. Model 086D20.* PCB PIEZOTRONICS 2007

Recenzent: dr hab. inż. Zbigniew WÓJCICKI, prof. nzw. w Politechnice Wrocławskiej.

Marcin GÓRSKI<sup>1</sup>, Rafał KRZYWON<sup>2</sup>

Katedra Inżynierii Budowlanej, Politechnika Śląska, Gliwice

## TECHNICZNE MOŻLIWOŚCI ADAPTACJI BUDYNKU GŁÓWNEGO FABRYKI DRUTU NA CENTRUM WYSTAWIENNICZE

**Streszczenie.** Hale należące w przeszłości do Fabryki Drutu w Gliwicach, przekazane Stowarzyszeniu Animatorów Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży Halo!Gen, zostaną wykorzystane jako miejsce prezentacji współczesnej polskiej kultury i sztuki. Ze względu na zmianę sposobu użytkowania budynku przeprowadzono inwentaryzację konstrukcyjną, a także dokonano niezbędnych obliczeń celem stwierdzenia możliwości adaptacji budynku. Niniejszy artykuł przedstawia wyniki tych prac, w podsumowaniu zaproponowano także metody niezbędnych napraw i wzmocnień.

**Słowa kluczowe:** obiekty zabytkowe, konstrukcja budynku, wzmacnianie konstrukcji.

## TECHNICAL POSSIBILITIES OF THE ADAPTATION OF WIRE MANUFACTURE'S MAIN BUILDING FOR THE EXHIBITION CENTER

**Summary.** Two hall buildings, former property of Gliwice Wire Manufacture, nowadays committed to Association of Animators for Universal Youth Development Halo!Gen, is meant to be utilized as a place for presentation modern Polish art. Because of foreseen changes in method of exploitation necessary structural measurements and analyses were done to prove potentials of adaptation to a new purpose. Following paper presents results of this work, additionally in the summary proposes some methods of required reparations and strengthening.

**Key words:** historic structures, structure of building, strengthening of structures.

### 1. Wprowadzenie

Fabryka Drutu i Wyrobów z Drutu została założona w 1852 roku przez niemieckiego przemysłowca Wilhelma Hegenscheidta. Była to pierwsza fabryka drutu na Śląsku. Przez

---

<sup>1</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 22 62, e-mail: marcin.gorski@polsl.pl

<sup>2</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 22 62, e-mail: rafal.krzywon@polsl.pl





niemal 160 lat swojego istnienia była intensywnie rozbudowywana i restrukturyzowana by przez kilkadziesiąt uzyskać pozycję lidera na rynku europejskim. Historia fabryki, bliżej przedstawiana w tekście wprowadzającym do monografii [Grzesik 2008] przenikała się losami regionu, przekształceń strukturalnych związanych z rozwojem przemysłu i technik transportowych w różnych okresach. Zabudowania fabryki powstawały więc w różnym czasie, i z użyciem różnych technik budowlanych, elastycznie dostosowując produkcję do nowych potrzeb i wymogów kolejnych metod produkcji. Budynki kompleksu fabrycznego narażone były również na zmieniające się wpływy zewnętrzne takie jak np. osuszenie Kanału Kłodnickiego w bezpośrednim sąsiedztwie części zabudowań czy destrukcyjna działalność Armii Czerwonej prowadzona po wyzwoleniu Gliwic. Wielość różnorodnych wpływów zarówno wewnętrznych związanych z rozbudową i modernizującą linią technologiczną oraz zewnętrznych w połączeniu ze znacznym wiekiem zabudowań zdeterminowały obecny kształt fabryki i stan techniczny jej zabudowań.



Fot. 1. Widok ogólny górnej części budynku głównego Fabryki Drutu, M. Górski.

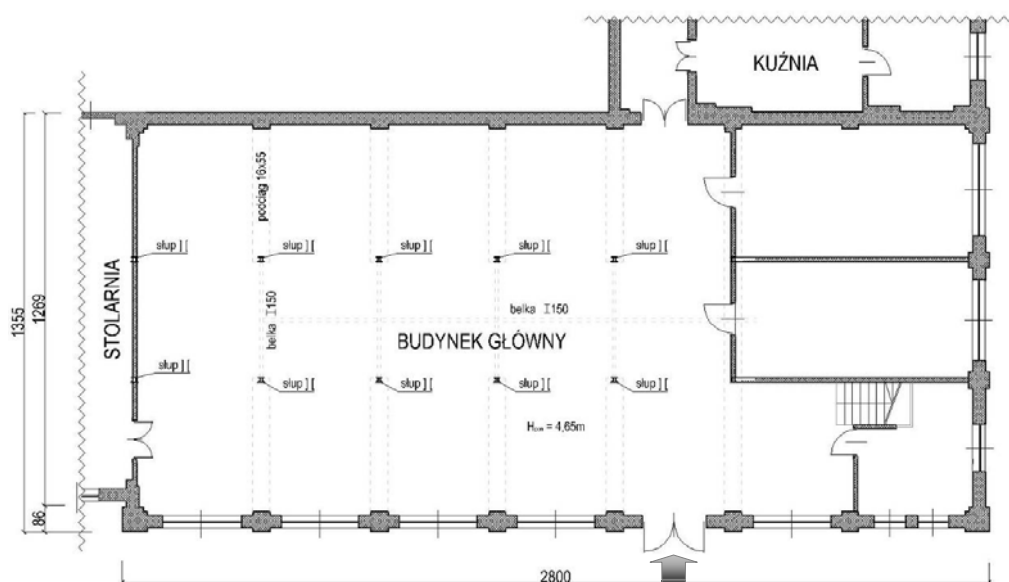
Photo 1. General view on upper part of the main building of Wire Manufacture, M. Górski.

Niniejszy tekst dotyczy zaledwie drobnej części byłej Fabryki Drutu, a mianowicie dwóch budynków, które przez ostatnich kilkadziesiąt lat służyły Zespołowi Szkół Mechaniczno-Elektrycznych w Gliwicach za warsztaty szkolne. Obecnie dwie hale Urząd Miejski Miasta Gliwice przekazał w dzierżawę Centrum Edukacyjnemu Halo!Gen prowadzonemu przez

Stowarzyszenie Animatorów Wszecznego Rozwoju Młodzieży. Nowy użytkownik przewiduje wykorzystanie zespołu hal jako miejsca tworzenia i prezentacji szeroko pojętej kultury i sztuki (fot. 1).

## 2. Opis elementów konstrukcji hali budynku głównego

Jak wspomniano wyżej, Centrum Edukacyjne Halo!Gen jest opiekunem niewielkiej części Fabryki Drutu, na którą składają się dwie grupy zabudowań. Największa z nich składa się z trzech połączonych ze sobą wzajemnie obiektów wykonanych w różnych czasach i z użyciem różnych metod. Przedmiotem niniejszego opracowania jest główna część

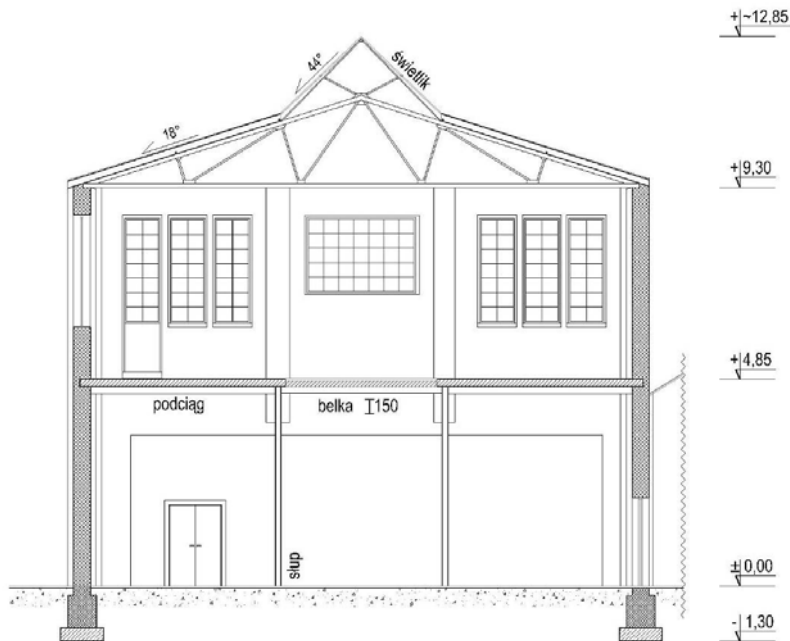


Rys. 1. Rzut budynku głównego, M. Górski.

Fig. 1. Plan of the main building, M. Górski.

### 2.1. Konstrukcja i pokrycie dachu

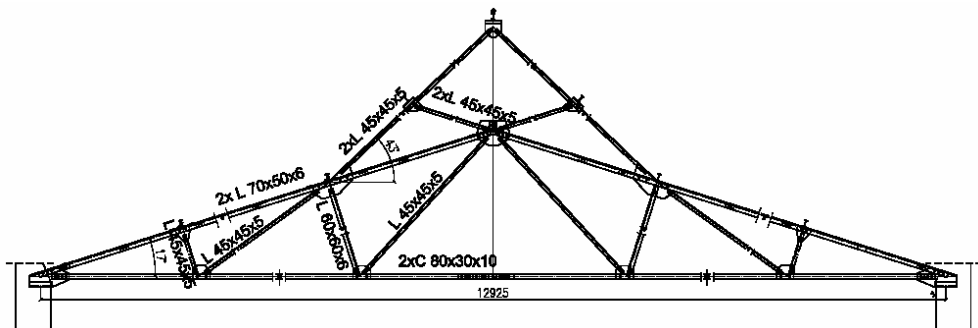
Dwuspadowy dach pokryty jest papą na deskach o grubości 2 cm. W środku, wzdłuż całej hali za wyjątkiem dwóch skrajnych przęseł, znajduje się świetlik. Średnie nachylenie głównych połaci dachu to  $18^\circ$ , a nachylenie połaci świetlika –  $44^\circ$ .



Rys. 2. Przekrój poprzeczny budynku głównego, M. Górski.

Fig. 2. Cross-section of the main building, M. Górski.

Głównym elementem konstrukcji dachu są stalowe wiązary oparte na ścianach zewnętrznych. Rozstaw wiązarów jest stały i wynosi 380 cm. Schemat typowego wiązara pokazano na rysunku 3. Pas dolny jest wykonany z dwóch ceowników [ ]80 x 30 x 10 mm, natomiast pas górny z dwóch kątowników L70 x 50 x 6 mm. Świetlik wyniesiono stosując dodatkową parę kątowników 45 x 45 x 5 mm. Krzyżulce tworzą pojedyncze kątowniki L45 x 45 x 5 mm oraz L60 x 60 x 6 mm. Wszystkie połączenia w wiążarze są nitowane.



Rys. 3. Schemat wiązara dachowego, R. Krzywoń za [Woźniak 2008].

Fig. 3. Scheme of the roof truss, R. Krzywoń za [Woźniak 2008].

W węzłach głównych więzara oparte są płatwie stalowe z kształtownika IPE 100. Rozstaw płatwi waha się w granicach od 150 cm w obrębie świetlika do 220 cm w części okapowej. Płatwie podpierają drewniane krokwie o przekroju 8 x 15 cm, rozstawione co 95 cm.

Główne elementy konstrukcji dachu są w dobrym stanie technicznym. Elementy stalowe konstrukcji są skorodowane w stosunkowo niewielkim stopniu, znaczny jest natomiast ubytek powłok malarskich. Nie zauważono braków łączników. Pokrycie dachu wymaga wprowadzenia warstwy ocieplenia, najlepiej od strony zewnętrznej, wraz z wymianą pokrycia z papy.

Zagrożenie dla konstrukcji przynosi stan obróbek przeciwwilgociowych otworów w pokryciu (np. na komin, wylaz rewizyjny) i krawędzi głównej płaszczyzny dachu ze świetlikiem (fot. 2). Długotrwały brak odpowiedniej opieki spowodował poważne rozszczelnienie dachu w tych miejscach. Wymiany wymagają świetliki, w dużej mierze popękane a przez to nieuszczelne, nie spełniające przy tym wymogów ochrony cieplnej budynku i osłabione długo-trwałą degradacją powłok szklanych przez promienie słoneczne.



Fot. 2. Stan elementów konstrukcji dachu i pokrycia, M. Górski.

Photo 2. Technical state of elements of roof structure and roofing, M. Górski.

## 2.2. Strop

Konstrukcję zasadniczej części stropu można określić jako stalowo-betonową z dodatkowym wypełnieniem drewnianym w części środkowej. Żelbetowa płyta stropowa jest na obwodzie zewnętrznym oparta na ścianach, natomiast wewnątrz na podciągach stalowych z dwuteownika o wymiarach 360 x 140 mm.

Na podstawie wykonanych odkrywek stwierdzono jednokierunkowe zbrojenie stropu stalą gładką o średnicy 14 mm. Rozstaw prętów w przęśle wynosi 12,5 cm natomiast przy pod-



porze 25 cm. Rozstaw prętów w okolicy podpory wskazuje że co drugi pręt zbrojenia prętosłowego został odgięty. Grubość płyty w prześle wynosi 24 cm, nad podporą jest zwiększona do 40 cm.

W centralnej części stropu znajduje się otwór o wymiarach 353 x 1645 cm. Krawędzie otworu zabezpieczone są ceownikiem C200 oraz kątownikiem L40 x 40 mm. Otwór w stropie przykryty jest deskami drewnianymi, które tworzą w tym miejscu podłogę.

Słupy podpierające podciągi rozstawione są w dwóch rzędach w odległości co 380 cm. Są to słupy dwugłęziowe wykonane z dwóch ceowników C140 x 60 x 12 połączone przewiązkami z blachy. Dodatkowo na słupach oparte są belki jezdne nieistniejącej suwnicy.

Posadzkę na stropie stanowi wylewka betonowa o fakturze zapewniającej przeciwpoślizgowe właściwości.

Cały strop jest w dobrym stanie technicznym. Nie stwierdzono żadnych ubytków betonu, mogących świadczyć o korozji zbrojenia przebarwień, nacieków. Ponadto wykonane odkrytki zbrojenia potwierdziły jego dobry stan. Również stalowa konstrukcja wsporcza jest w dobrym stanie technicznym i wymaga jedynie uzupełnienia powłok malarskich.

### 2.3. Ściany nośne

Ściany budynku zostały wykonane w technice tradycyjnej murowanej z cegły pełnej oraz cegły dziurawki na zaprawie cementowo-wapiennej. Ściany od wewnętrznej wykończone są tynkiem cementowo-wapiennym, elewacje zewnętrzne tworzy warstwa fakturowa wykonana z cegły pełnej. Grubość muru wynosi 40 cm, a w partii pilastrów zwiększa się do 66 cm.

Wewnętrzne ściany działowe wykonano z cegły pełnej grubości 12 cm lub płyt MDF na ruszcie stalowym.

Ściany budynku znajdują się w ogólnie dobrym stanie technicznym. Poważne zarysowania widoczne są głównie w ściany południowo-zachodniej (fot. 3). Wynika to z sumy złożonych wpływów związanych zapewne ze zmianą sytuacji gruntowo-wodnej po zasypaniu portu i odcinka Kanału Kłodnickiego w centrum Gliwic, które spowodowały deformację obiektu, niewłaściwymi pracami budowlanymi i naprawczymi w budynku Stołarni oraz wieloletnimi zaniedbaniami (np. niedrożne odwodnienia czy drzewa wrastające w elementy budynku). Rysy w murze należy skotwić np. z użyciem kotew typu Heliflix i wypełnić odpowiednimi masami naprawczymi.

W kilku miejscach widoczne są ubytki zaprawy wypełniającej spoiny wymagające naprawy i wypełnienia. Najpoważniejsze ubytki cegieł zaobserwowano w dolnych partiach ścian szczytowych (fot. 4).

Cała elewacja ceglana jak i elementy ozdobne wymagają oczyszczenia i konserwacji, występujące ubytki cegieł i zaprawy należy uzupełnić z użyciem odpowiednich materiałów i technik.



Fot. 3. Stwierdzone uszkodzenia strukturalne muru w ścianach (ściana południowo-zachodnia), M. Górski.

Photo 3. Found damages of masonry walls (S-W wall), M. Górski.

Ściany nośne stykające się z pozostałymi segmentami tej grupy zabudowań - stolarni i kuźni, narażone są na długotrwałe działanie wilgoci wynikające z niedrożnych odwodnień.



Fot. 4. Ubytki cegieł i zaprawy w zewnętrznych ścianach nośnych, M. Górski.

Photo 4. Losses of bricks and mortar in external masonry walls, M. Górski.



Integralność ścian zewnętrznych i ich stan techniczny w rejonie przyziemia zagrożone są przez wyrastające w bezpośrednim sąsiedztwie drzewa, w niektórych przypadkach, znacznej już wielkości. Jedno z drzew wrosło w obudowaną drabinę stalową przytwierdzoną do ściany budynku. Spowodowało to znaczną deformację drabiny oraz rozwijające się uszkodzenia ścian. Rozrastające się drzewa stanowią również zagrożenie dla fundamentów budowli i mogą doprowadzić w przyszłości do poważnych awarii.

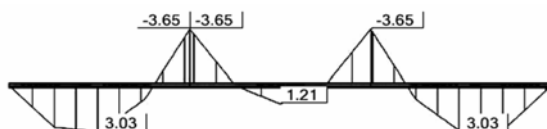
### 3. Nośność elementów konstrukcji

Przeprowadzono analizę konstrukcji dla obciążeń mogących wystąpić po planowanej zmianie sposobu użytkowania obiektu. Sprawdzone nośność wszystkich elementów dachu oraz konstrukcji nośnej stropu. Analizując obciążenie dachu uwzględniono ciężar niezbędnej warstwy ocieplenia. Obciążenie stropu założono zgodnie z normą [PN-82/B-02000] jak dla obiektów użyteczności publicznej, jako równe  $4 \text{ kN/m}^2$ . Analizowano rzeczywistą geometrię konstrukcji na podstawie przeprowadzonych inwentaryzacji.

#### 3.1. Analiza nośności dachu

W obliczeniach uwzględniono obciążenia stałe, obciążenie śniegiem oraz obciążenie wiatrem. Podczas oględzin konstrukcji stalowej nie znaleziono żadnych informacji świadczących o gatunku zastosowanej stali konstrukcyjnej. Do obliczeń konstrukcji przyjęto stal klasy A0 zgodnie z normą [PN-B-03264]. Podobnie dla konstrukcji drewnianej założono najniższą, przewidzianą normą [PN-B-03159], klasę C18. Wszystkie analizy prowadzono korzystając z programu RM-WIN.

Krokiew analizowano jako element trójprzęsłowy, wsparty na płatwiach, przyjęto, że warunki użytkowania konstrukcji odpowiadają klasie 2. Nośność krokwi jest spełniona z ponad pięciokrotnym zapasem. Nie istnieje także niebezpieczeństwo przekroczenia dopuszczalnych wartości ugięć.



Rys. 4. Obwiednia momentów zginających w płatwi, R. Krzywoń.

Fig. 4. Envelope of bending moments for purlin, R. Krzywoń.

Platew obliczano jako belkę trójprzęsłową obciążoną reakcją z krokwi. Ze względu na zróżnicowany rozstaw przeprowadzono wstępne analizy wszystkich płatwi, następnie do szczegółowej analizy możliwości wzmocnienia wybrano platew przedskrajną. Z uwagi na sposób zamocowania i obciążenia analizowano ją jako belkę dwukierunkowo zginaną. Przyjęto, że warunki podparcia oraz połączenia z dachem nie stanowią wystarczającego zabezpieczenia przeciw zwichrzeniu dwuteownika płatwi. Rezultaty obliczeń zestawiono w tabeli 1.

Wykonane obliczenia pokazały, że w najbardziej niekorzystnej sytuacji obciążenia może dojść do ponad dwukrotnego przekroczenia nośności płatwi. Podobnie nie są spełnione warunki granicznego ugięcia. Niezbędne jest wykonanie wzmocnień lub wymiana wszystkich płatwi. Przeprowadzona analiza wskazała, że główną przyczyną przekroczenia nośności jest zginanie w osi niemateriałowej, wpływ na to ma niekorzystny sposób montażu płatwi i dość duże nachylenie połaci dachu. Aby ograniczyć ingerencję w istniejące pokrycie możliwa jest wymiana istniejącego kształtownika na inny o podobnej wysokości. Przeanalizowano możliwość zastąpienia go dwuteownikiem szerokostopowym HEA100 lub rurą prostokątną RP100 x 50 x 4,5. Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Oba kształtowniki spełniają warunki nośności w sytuacji istniejącej, wprawdzie dwuteownik HEA ma zdecydowanie większy ciężar co znacząco podraża koszty naprawy, jednakże pozwala na zachowanie istniejącego sposobu płatwi, a ponadto jego większy zapas nośności (dodatkowe obciążenie do 1,21 kN na m<sup>2</sup> połaci) umożliwi w przyszłości termomodernizację dachu.

kształtownik płatwi	ciężar kg	wyężenie [%]	ugięcie u <sub>v</sub> [mm]	ugięcie u <sub>z</sub> [mm]	uwagi
I100	8,32	<b>2,21</b>	35,633	8,315	obc. istniejące
HEA100	16,67	0,52	3,366	4,218	obc. istniejące
RP100 x 50x 4	9,81	0,87	8,596	9,233	obc. istniejące
HEA100	16,67	1,0	7,084	8,878	obc. + 1,21 kN/m <sup>2</sup>
RP100 x 50 x 4	9,81	1,0	10,173	10,927	obc. + 0,2 kN/m <sup>2</sup>

Tabela1. Analiza płatwi, R. Krzywoń.

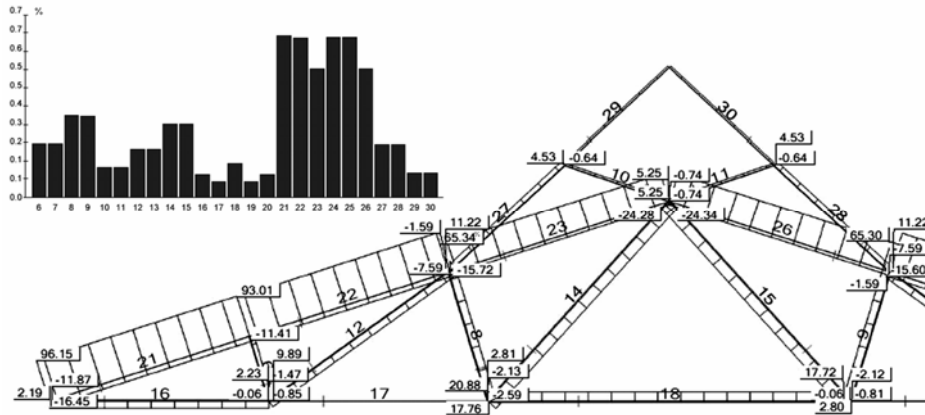
Table 1. Analysis of Parlin, R. Krzywoń.

Wiązary dachowy analizowano w schemacie kratownicy z ciągłymi pasami. Uznano, że nitowe połączenia krzyżulców nie zapewniają ich utwierdzenia w pasach wiażara. Obciążenia określono na podstawie reakcji podporowych z płatwi. Rezultaty obliczeń w formie procentowych wskaźników wyężenia dla wybranych elementów wiażara pokazano w tabeli 2. Nośność wiażara jest wystarczająca. Podobnie jak w przypadku płatwi przeanalizowano możliwość dodatkowego obciążenia. Konstrukcja wiażara pozwala na dodatkowe obciążenie połaci





dachu warstwą, której ciężar powierzchniowy nie przekracza  $0,83 \text{ kN/m}^2$ . Możliwa jest zatem termomodernizacja dachu przez zastosowanie dodatkowych warstw ocieplających z wełny mineralnej oraz wymiana oszklenia świetlików.



Rys. 5. Siły osiowe w prętach wiaźara dachowego oraz wyteżenie prętów konstrukcji, R. Krzywoń.

Fig. 5. Normal forces and effort level of roof girder structure, R. Krzywoń.

	wyteżenie pas dolny [%]	wyteżenie pas górny [%]	wyteżenie skratowania [%]	uwagi
obciążenie istniejące	0,15	0,73	0,37	dot. L60x60x6
obciążenie + $0,83 \text{ kN/m}^2$	0,21	1,00	0,52	dot. L60x60x6

Tabela 2. Analiza wiaźara dachowego, R. Krzywoń.

Table 2. Analysis of roof girder, R. Krzywoń.

Dokonano również sprawdzenia warunków podparcia wiaźarów na murze, nie stwierdzono zagrożenia przekroczeniem nośności.

### 3.2. Analiza nośności konstrukcji stropu

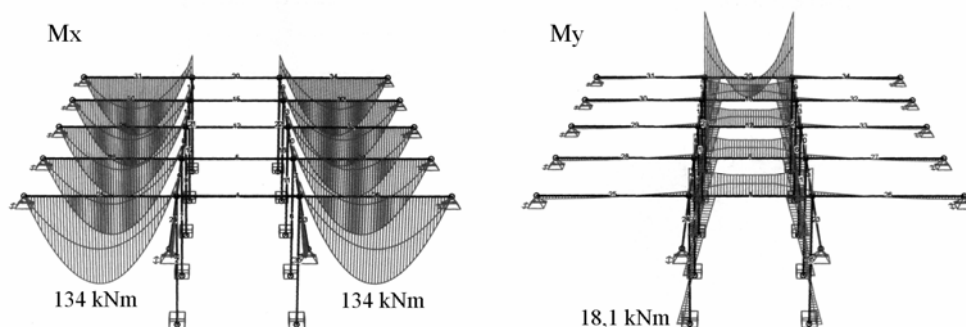
Żelbetowa płyta stropowa jest na wszystkich swoich krawędziach oparta na belkach stalowych. Sposób oparcia nie spełnia warunków sztywnego zamocowania, zatem w analizie założono podparcie przegubowe.

Na podstawie odkrywek zbrojenia założono, że parametry wytrzymałościowe stali odpowiadają stali gładkiej klasy A0 zgodnie z normą [PN-B-03264]. Orientacyjną wytrzymałość

betonu określono na podstawie badań sklerometrycznych młotkiem Schmidta typu N. Otrzymane wyniki pozwalają zakwalifikować beton do klasy C16/20.

Sprawdzono nośność płyty stropowej ze względu na zginanie i ścinanie, a także warunek ugięcia i zarysowania. Dla założonej wartości obciążenia zmiennego na poziomie  $4 \text{ kN/m}^2$  warunki nośności są spełnione z ponad 80% zapasem. Możliwe jest wystąpienie rys prostopadłych rozwartości  $0,086 \text{ mm}$ , oraz ugięcie w środku rozpiętości do  $5,826 \text{ mm}$ . Wielkości te nie przekraczają wartości dopuszczalnych zgodnie z normą [PN-B-03264].

Stalowa konstrukcja wspierająca strop została zamodelowana w programie RM-WIN jako ustrój ramowy. Obciążeniem były siły przekazane z płyt stropowych. Ze względu na brak informacji na temat gatunku stali z których wykonano elementy ramy założono dla potrzeb analizy stal St3S, geometrię przekroju kształtowników przyjęto na podstawie wykonanych inwentaryzacji.



Rys. 6. Obwiednia momentów zginających konstrukcję stropu, R. Krzywoń.

Fig. 6. Envelope of bending moments for ceiling structure, R. Krzywoń.

Przeprowadzone obliczenia wykazały wystarczającą nośność wszystkich podciągów ramy. Zapas bezpieczeństwa waha się w granicach od 20 % do 70 %. Spełnione są również warunki dopuszczalnego ugięcia zgodnie z normą [PN-90/B-03200].

Zdecydowanie bardziej zagrożone są słupy wspierające konstrukcję. Są to słupy dwugąłzowe, w których para ceowników połączona jest przewiązkami z blach. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że w najbardziej niekorzystnej sytuacji obciążenia teoretycznie możliwe jest przekroczenie nośności słupa o 50 %.

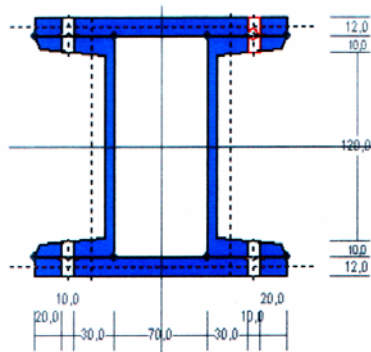


#### 4. Propozycje wzmocnień elementów konstrukcji

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno wytrzymałościowej elementami wymagającymi wzmocnienia są płatew oraz słup podpierający strop. Ze względu na zabytkowy charakter budynku metody wzmocnienia metoda wzmocnienia powinna w możliwie najmniejszy sposób ingerować w strukturę budynku, nie zmieniać jego podstawowej geometrii [Masłowski i Spiżewska].

Inżyniersko najtrudniejszą operacją jest wzmocnienie płatwi dachowych. Kratowy ustrój więzara wyklucza możliwość zagęszczenia płatwi. Możliwe jest zdublowanie przekroju lub wymiana całej płatwi. Wymiana płatwi bez demontażu pokrycia dachu jest możliwa pod warunkiem zastosowania przekroju z kształtownika o jednakowej z istniejącym wysokości (np. HEA100).

Wzmocnienie słupów stalowych podpierających strop najprościej zrealizować poprzez zastosowanie nakładek z blach stalowych grubości 12 mm na całej długości słupa [Głąbik 2000, Łaguna 2008]. Ze względu na nieznaną spawalność stali z których wykonano tworzące słup ceowniki zaleca się zastosowanie połączenia nitowanego lub skręcane łącznikami  $\varnothing 10$  co 270 mm.



Rys. 7. Proponowane wzmocnienie słupa przez dodatkowe nakładki stalowe, R. Krzywoń.

Fig. 7. Proposed method of column strengthening using additional side steel plates, R. Krzywoń.

#### 5. Podsumowanie

Stan techniczny opisywanego budynku jest dobry, a jego znaczącą poprawę można osiągnąć za pomocą prostych środków natury porządkowej takich jak zamknięcie otworów w dachu (pozostałość po kominie, otwór rewizyjny), udroźnienie dachowych instalacji od-

wadniających i wycinka drzew rosnących przy ścianach. Szklenia świetlika dachowego wymagają wymiany. Stwierdzone usterki takie jak braki powłok malarskich, niewielka, miejscowa i powierzchniowa korozja fragmentów konstrukcji stalowej, ubytki zaprawy w spoinach łączących cegły są łatwe do usunięcia. Ze względu na wartość historyczną budynku, w trakcie prac remontowych należy dążyć do jak najmniejszej ingerencji w istniejącą strukturę budynku, należy stosować cegły, zaprawy o składzie jak najbliżej odpowiadającym pierwotnie stosowanemu w konstrukcji. Największe rysy należy spiąć i wypełnić odpowiednimi materiałami.

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykazały niewystarczającą nośność konstrukcji dachu w warunkach aktualnych wymagań dotyczących obciążenia śniegiem. Teoretycznie wyznaczona nośność konstrukcji dachu jest ponad trzykrotnie niższa od wymaganej. Niedomiar nośności dotyczy przede wszystkim dwuteowych płatwi stalowych i w mniejszym stopniu fragmentu górnego pasa więzara. Aktualnie brak ocieplenia dachu ogranicza możliwość gromadzenia się na nim powłok śniegowych, grubość warstwy śniegu powinna być jednak monitorowana, a śnieg usuwany po każdym większym opadach. W przypadku decyzji o ociepleniu dachu niezbędne jest wzmocnienie jego konstrukcji. Możliwą technologię wzmocnienia opisano w punkcie 4.

Program obciążeń nie zależy wyłącznie od nośności i stanu konstrukcji, uwarunkowany jest on w głównej mierze przez ograniczenia wynikające z osiągnięcia nośności podłoża gruntowego przy aktualnym poziomie obciążeń [Sękowski 2008]. Przed podjęciem decyzji o zmianach funkcji, zmianach materiałowych i innych pracach budowlanych w obiekcie lub jego otoczeniu należy taki plan skonfrontować z wynikami analiz geotechnicznych i zaproponować odpowiednie zabezpieczenia zarówno fundamentu jak i ewentualne zabezpieczenia części naziemnej budowli.

Wykonane analizy statyczno-wytrzymałościowe i zakreślony plan działań odnoszą się do aktualnej sytuacji budynku i nie uwzględniają zagrożeń i koniecznych zabezpieczeń wynikających z planowanych prac wyburzeniowych, ziemnych i tunelowych związanych z rewitalizacją tego obszaru miasta i budową DTŚ. Zakres tych prac jest jeszcze nieustalony, trudno więc dziś szacować ich wpływ na budowlę; decyzje o ewentualnych działaniach zabezpieczających należy oprzeć na wynikach pomiarów planowanego systemu monitorującego [Gromysz 2008].



## Bibliografia

- GRZESIK G. 2008. Fabryka Drutu – Fabryka Kultury, czyli ze starego w nowe. W: *Spotkanie z Zabytkiem: Fabryka Drutu w Gliwicach*. Gliwice: Politechnika Śląska. 2008, nr 3, s.7-10.
- WOŹNIAK M. 2008. Projekt adaptacji budynku fabryki drutu w Gliwicach dla potrzeb szkół artystycznych. Praca dyplomowa inżynierska, Gliwice: Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej.
- PN-82/B-02000: *Obciążenie budowli. Zasady ustalania wartości*.
- PN-B-03264: *Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
- PN-B-03159:2000: *Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
- PN-80/B-02010: *Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem* (wraz ze zmianą PN-80/B-02010/AZ1).
- PN-90/B-03200: *Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
- MASŁOWSKI E., SPIŻEWSKA D. 2000. *Wzmacnianie konstrukcji budowlanych*. Warszawa: Arkady, 2000.
- GŁĄBIK J. 2000. Naprawa i wzmocnienie konstrukcji stalowych poprzez zmianę przekrojów. W: *XV Konferencja WPPK-2000. Naprawy i wzmocnienia konstrukcji metalowych, lekkiej obudowy i posadzek przemysłowych*. Wisła. 2000, Tom 1, cz. 1, s. 185-204.
- ŁAGUNA J. 2008. Naprawa i wzmocnianie konstrukcji stalowych przez zmianę przekrojów. W: *XXIII Konferencja WPPK-2008. Naprawy i wzmocnienia budowlanych. Konstrukcje metalowe, posadzki przemysłowe, lekka obudowa, rusztowania*. Szczyrk.2008, Tom 2, s. 269-294.
- SĘKOWSKI J. i inni 2008. Geotechniczne warunki posadowienia budynku dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach. W: *Spotkanie z Zabytkiem: Fabryka Drutu w Gliwicach*. Gliwice: Politechnika Śląska. 2008, nr 3, s. 29-36.
- GROMYSZ K. 2008. Stanowisko pomiarowe do badania wpływów drgań wywołanych budową tunelu na zabytkowy budynek dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach. W: *Spotkanie z Zabytkiem: Fabryka Drutu w Gliwicach*. Gliwice: Politechnika Śląska. 2008, nr 3, s. 45-62.

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy JASIEŃKO, prof. nzw. w Politechnice Wrocławskiej.

Marcin GÓRSKI<sup>1</sup>

Katedra Inżynierii Budowlanej, Politechnika Śląska, Gliwice

Agnieszka KNOPPIK<sup>2</sup>

Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska, Gliwice

## O KONSTRUKCJI ZABYTKOWEGO BUDYNKU STOLARNI W FABRYCE DRUTU

**Streszczenie.** Budynek Stolarni jest najstarszą częścią w kompleksie zabudowań należących w przeszłości do Fabryki Drutu w Gliwicach, a dziś przekazanych Stowarzyszeniu Animatorów Wszecstronnego Rozwoju Młodzieży. Ten fragment zabudowań jest cenną pozostałością wczesnoprzemysłowego budownictwa z połowy XIX wieku. Głównym założeniem tego opracowania jest dostarczenie rzeczywistej pomocy administratorom obiektu w identyfikacji zagrożeń i sposobów ich eliminacji. Niniejszy artykuł przedstawia, więc szkic wyników szerokiej inwentaryzacji konstrukcyjnej wraz z sugestiami prac niezbędnych do zachowania tej historycznej budowli.

**Słowa kluczowe:** obiekty zabytkowe, konstrukcje drewniane, wzmacnianie konstrukcji.

## ABOUT THE STRUCTURE OF HISTORICAL JOINERY BUILDING IN WIRE MANUFACTURE

**Summary.** The building of Joinery is the oldest part in the complex of buildings belonging formerly to Wire Manufacture in Gliwice, and being administrated recently by SAWMR association. This part of manufacture is a rare relict of 19th century industrial architecture. Main purpose of this elaboration is to provide real help to the administration of this historical structures in order to identify hazardous places and situation but also tools to avoid or eliminate them.

This article presents briefly the results of wider structural inventory with suggestions of works necessary for preserving this historical building.

**Key words:** historic structures, timber structures, strengthening of structures.

---

<sup>1</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5, tel.: 032 237 22 62, e-mail: marcin.gorski@polsl.pl

<sup>2</sup> Inż., Politechnika Śląska, Gliwice, e-mail: agnieszka@knoppik.pl



## 1. Wprowadzenie

Budynek stolarni w administrowanej przez Stowarzyszenie Wszechstronnego Rozwoju Młodzieży części jest pozostałością zapewne oryginalnego założenia architektonicznego Fabryki Drutu z lat 50. XIX wieku. Świadczy o tym nie tylko sposób kształtowania budowli, ale również typ konstrukcji oraz użyte materiały. Spotykamy tu mur na zaprawie wapiennej, murowane, łukowe nadproża oraz ciesielsko łączoną, drewnianą, szedową konstrukcję dachu (fot. 1). Budowla ta należy do najstarszych w całym zachowanym kompleksie Fabryki Drutu i mimo swoich niewielkich rozmiarów, właśnie jako cenna pamiątka przemysłowej przeszłości Górnego Śląska, wymaga szczególnej troski przy działaniach związanych z rewitalizacją tego obszaru Gliwic. Drugim niezwykle ważnym argumentem przemawiającym za odrębnym tokiem prac nad tą częścią kompleksu jest jej, w przeciwieństwie do reszty zabudowań, zły, bliski awarii, stan techniczny.



Fot. 1. Widok ogólny budynku Stolarni Fabryki Drutu – elewacja południowo-wschodnia i południowo-zachodnia, M Górski.

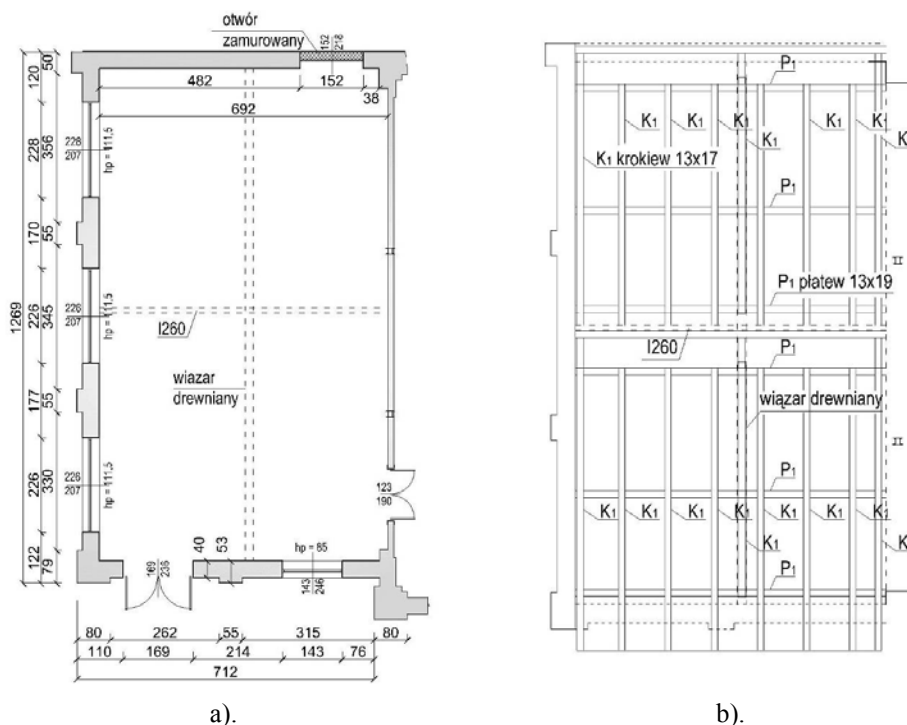
Photo 1. General view of the Joinery building in Wire Manufacture – S-E and S-W facades, M. Górski.

## 2. Inwentaryzacja konstrukcji budynku Stolarni

Budynek stolarni zbudowany został na planie prostokąta o wymiarach ok. 12,7 x 7,15 m. Sądząc z konstrukcji oraz z układu sąsiednich zabudowań budynek ten był oryginalnie zapewne częścią większej hali o podobnej konstrukcji, która w kolejnych okresach została wyburzona, a na jej miejscu powstała hala główna, z którą budynek stolarni jest dziś połączony. Wysokość budynku wynosi ok. 6,5 m.

## 2.1. Konstrukcja i pokrycie dachu

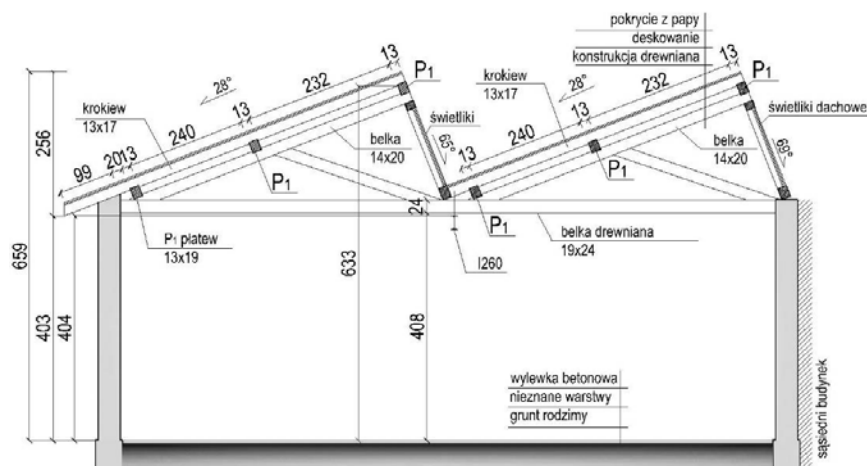
Oryginalna, szedowa konstrukcja dachu stolarni opiera się na drewnianym dźwigarze usytuowanym równoległe do dłuższej ściany budynku. Dłuższe połacie dachu (rys. 1) nachylone są pod kątem  $28^\circ$ , a krótsze i przeszklone  $65-69^\circ$ . Schemat typowego wiązara pokazano na rysunku 2. Pas dolny wiązara wykonany jest z elementu o przekroju  $190 \times 240$  mm, pasy górne i krzyżulce  $140 \times 200$  mm. Wiązary opierają się bezpośrednio na ścianach (w partii pilastrow zewnętrznych), w zamkniętych gniazdach. Na wiązarze i dłuższych ścianach ułożone są płatwie  $130 \times 190$  mm, które stanowią środkową podpórę dla krokwi  $130 \times 170$  mm. Dolna część konstrukcji połaci świetlików spoczywa na murłatach  $130 \times 190$  mm.



Rys. 1. a) Rzut budynku Stolarni; b) Rzut więźby dachu stolarni, M. Górski, A. Knoppik.  
Fig. 1. a) Plan of Joinery building; b) Plan of joinery rafter framing, M. Górski, A. Knoppik.

Wszystkie połączenia elementów konstrukcyjnych więźby wykonane są bez łączników metalowych, z wykorzystaniem tradycyjnych metod ciesielskich. Ze względu na deformację budynku część z połączeń ciesielskich zostało uszkodzonych (fot. 2).





Rys. 2. Przekrój przez budynek stolarni, M. Górski.

Fig. 2. Cross-section of joinery building, M. Górski.

Układ oryginalnej konstrukcji dachu został zmieniony w czasach późniejszych (prawdopodobnie w latach 1970-80.) – więzary został podparty w środku stalowym podciągami wykonanym z dwuteownika I260. Sposób wykonania podparcia budzi poważne wątpliwości.

Dach pokryty jest mocno zniszczoną papą na deskach o grubości 2 cm. Pokrycie dachu wymaga wprowadzenia warstwy ocieplenia, najlepiej od strony zewnętrznej, wraz z wymianą pokrycia z papy. Wymiany wymagają również zawilgocone deski poszycia.



Fot. 2. Stan techniczny elementów konstrukcji dachu i połączeń ciesielskich, M. Górski.

Photo 2. Technical state of elements of roof structure and timber joints, M. Górski.

Stan techniczny więzby jako całości i drewnianych elementów konstrukcji dachu można określić jako zły. Wszystkie elementy drewniane są mocno popękane wzdłużnie, elementy w rejonach światlików noszą ślady wilgoci. Część elementów była naprawiana poprzez lo-

kalne wymiany zniszczonych części – zrobiono to jednak w niewprawy sposób, co doprowadziło do dalszej degradacji konstrukcji (fot. 2).

Zagrożeniem dla konstrukcji jest zaniedbany i niedrożny system odwadniający, który jest zarośnięty gęstym mchem, zasypany śmieciami i liśćmi, w jednym zdołało wyrosnąć drzewo (fot. 3). Długotrwały brak odpowiedniej opieki spowodował poważne rozszczelnienie dachu w tych miejscach. Wymiany wymagają szklenia świetlików, w dużej mierze popękane i przez to nieszczelne, nie spełniające również wymogów ochrony cieplnej budynku.



Fot. 3. Niedrożne systemy odwodnienia dachu, M. Górski.

Photo 3. Choked roof's rain-water system, M. Górski.

## **2.2. Ściany**

Ściany budynku zostały wykonane w technice tradycyjnej murowanej z cegły pełnej na zaprawie wapiennej. Grubość muru wynosi 40 cm, a w partii pilastrów zwiększa się do 53 cm.

Konstrukcja budynku była w przeszłości narażona na wiele złożonych wpływów związanych z zasypaniem Kanału Kłodnickiego w bezpośrednim sąsiedztwie Fabryki Drutu, wyburzeniami i rozbudowami przeprowadzonymi w różnych okresach. Wpływy te połączone z wieloletnimi zaniedbaniami, nieprawidłowymi zmianami konstrukcyjnymi oraz złymi metodami napraw doprowadziły do znacznej degradacji konstrukcji murowej. Podstawowym zagrożeniem dla stateczności całej konstrukcji budynku jest nieprawidłowe podparcie podciągu stalowego – został on zamontowany, wbrew elementarnym zasadom sztuki budowlanej, wprost w ścianę, bezpośrednio nad murowanym nadprożem łukowym. Spowodowało to poważne uszkodzenia muru oraz znaczne deformacje okien (fot. 4). Zły wybór materiałów na-

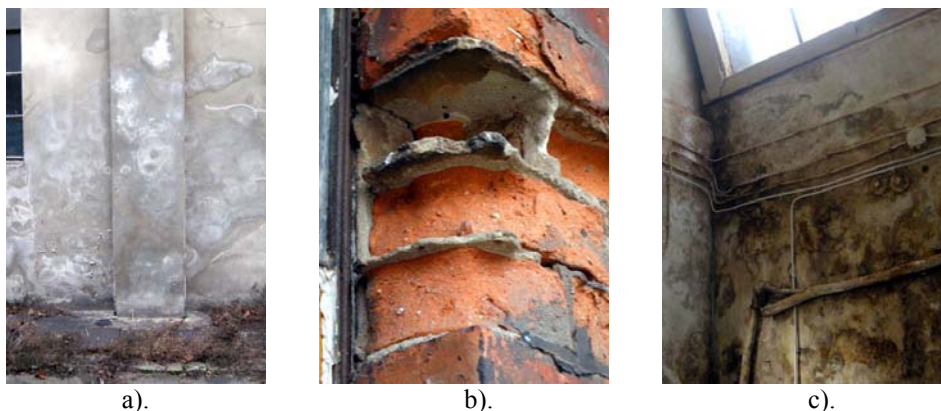


prawczych dopełnia obraz zniszczeń, widoczne są ślady wysoleń na ceglach. Ten ostatni problem dotyczy całego obiektu – niemal wszędzie widoczne są naprawy z użyciem zapraw zawierających cement, a jedna z elewacji (południowo-zachodnia) została częściowo otynkowana również z użyciem cementu (fot. 5a). Wypełnianie spoin spowodowało poważne osłabienie ścian przez znaczne ubytki cegieł i spoin (fot. 5b). Cała elewacja ceglana wymaga usunięcia zapraw i tynków cementowych, oczyszczenia i konserwacji. Ubytki cegieł należy uzupełnić i reprofilować spoiny.



Fot. 4. Uszkodzenia spowodowane złym rozwiązaniem podparcia podciągu,  
M. Górski.

Photo 4. Damages of masonry walls caused by wrong solution for binders' support,  
M. Górski.



Fot. 5. Zagrożenia ścian nośnych: a) tynk z użyciem cementu, b) zniszczenia cegieł w miejscach napraw zaprawy z użyciem cementu, c) zawilgocona ściana pod koszem szedów,  
M. Górski.

Photo 5. Risks for masonry walls: a) cement plaster, b) damages of bricks in areas of mortar repairs with use of cement, c) wet wall under roof's valley, M. Górski.

Długotrwałe zaniedbania stanu pokrycia dachowego, świetlików i systemów odwodnienia dachu doprowadziły do stałego zawilgocenia i zagrzybienia ścian (fot. 5c), w wielu miejscach widoczne są ponadto zacieki spowodowane opadami lub topniejącym śniegiem.

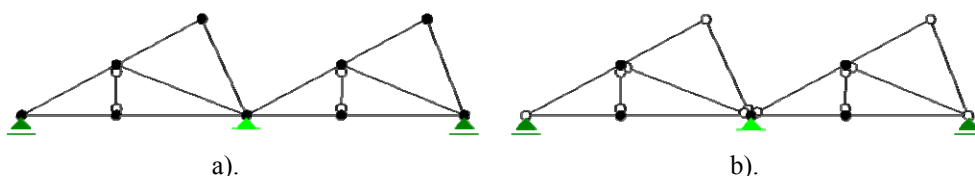
W kilku miejscach, również w okolicach świetlików, zaobserwowano średniej wielkości zarysowania murów.

### 3. Nośność konstrukcji

Nośność elementów konstrukcyjnych została sprawdzona przy założeniu aktualnego i planowanego programu obciążeń. Uwzględniono istniejące warstwy pokrycia dachowego, przyjęto obciążenia śniegiem zalegającego między połączeniami szedów oraz obciążenie remontowe. Wszystkie obciążenia przyjmowano za obowiązującymi dziś przepisami normatywnymi [PN-77-B-02011, PN-82/B-02000, PN-82/B-02001, PN-80/B-02010]; również obliczenia wykonano według aktualnych procedur normowych.

#### 3.1. Analiza nośności konstrukcji dachu

Zaproponowano dwa porównawcze schematy statyczne dźwigara: ramowy (rys. 3a) i kratowy (rys. 3b).



Rys. 3. Schematy statyczne dźwigara: a) ramowy; b) kratowy, A. Knoppik.

Fig. 3. Static schemes of girder: a) frame; b) truss, A. Knoppik.

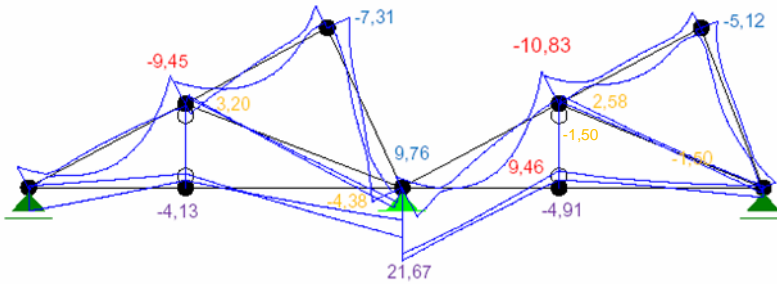
W pierwszej kolejności oszacowano zgrubnie wyężenie belki stalowej jako belki swobodnie podpartej obciążonej w środku rozpiętości  $0,5l_{eff}$  obciążeniem przekazanym z dźwigara  $q_k$  w celu określenia jej ugięcia:

$$u = \frac{5}{384} \frac{q_k \cdot l_{eff}^3}{EI} = 53mm \quad (1)$$

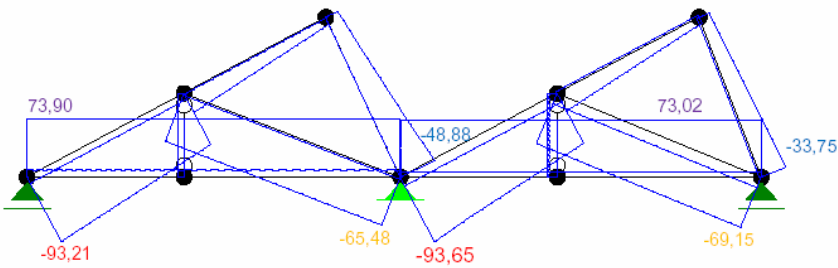
W schemacie statycznym dźwigara belkę zastąpiono podporą z wymuszonym osiadaniem. Następnie wyznaczono siły wewnętrzne występujące w dźwigarze dachowym, uwzględniając ciężar własny konstrukcji i pokrycia, obciążenia atmosferyczne oraz monta-



we, przy założeniu najniższej klasy drewna, tj. C18. Rozkłady sił wewnętrznych dla obu modeli są przedstawione odpowiednio na rysunku 4 i 5. Przeprowadzono również sprawdzenie wytrzymałości dźwigara zakładając, że nie byłby on podparty belką stalową, jednak porzucono taki schemat ze względu na niemożność przeniesienia takich sił wewnętrznych przez konstrukcję o takim schemacie statycznym.



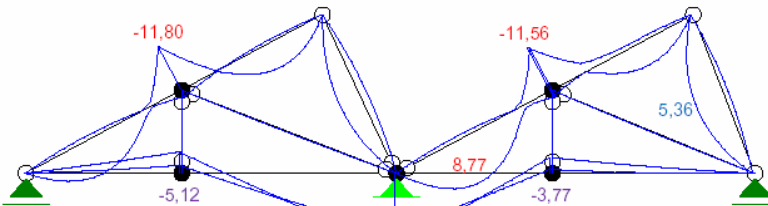
a).



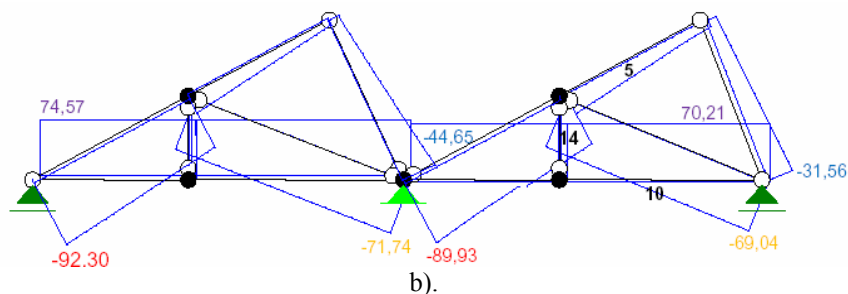
b).

Rys. 4. Rozkład sił wewnętrznych – schemat ramowy: a) moment zginający [MPa], b) siła osiowa [kN], A. Knoppik.

Fig. 4. Internal forces distribution – frame scheme: a) bending moment [MPa], b) axial force [kN], A. Knoppik.



a).



Rys. 5. Rozkład sił wewnętrznych – schemat kratowy: a) moment zginający [MPa], b) siła osiowa [kN], A. Knoppik.

Fig. 5. Internal forces distribution – truss scheme: a) bending moment [MPa], b) axial force [kN], A. Knoppik.

W celu oceny wyężenia dźwigara przeanalizowano następujące przypadki: schemat ramowy i kratowy teoretyczny, zakładający pełne wykorzystanie przekrojów poszczególnych elementów nośnych oraz schemat ramowy i kratowy rzeczywisty, zakładający degradację dolnego pasa dźwigara w miejscu podparcia belki stalowej (przy założeniu zmniejszenia efektywnego przekroju tego elementu o 20 %). Po wstępnej ocenie stwierdzono, iż model ramowy zakładający osłabienie przekrojów elementów nośnych najlepiej oddaje rzeczywisty model pracy konstrukcji oraz większe wartości sił wewnętrznych.

Wyężenie dźwigara sprawdzono zgodnie z normą [PN-B-03159:2000] – dla elementów rozciąganych jako większą z wartości:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \text{ lub } \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \quad (2)$$

oraz dla elementów ściskanych jako większą z wartości:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \text{ lub } \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \quad (3)$$

względem osi y,

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \text{ lub } \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \quad (4)$$

względem osi z,

gdzie:



$f_{t,0,d}$  - wytrzymałość drewna na rozciąganie wzdłuż włókien, [MPa]

$f_{c,0,d}$  - wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien, [MPa]

$f_{m,y,d}, f_{m,z,d}$  - wytrzymałość drewna na zginanie względem osi  $y$  lub  $z$ , [MPa]

$\sigma_{t,0,d}$  - naprężenia rozciągające;

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_c}{A_{eff}}, \quad N_c - \text{siła ściskająca, [kN]},$$

$A_{eff}$  - efektywne pole przekroju, [m<sup>2</sup>]

$A_{eff} = A$  w ujęciu teoretycznym,

$A_{eff} = 0,8A$  z uwzględnieniem degradacji przekroju;

$\sigma_{m,y,d}, \sigma_{m,z,d}$  - naprężenia zginające względem osi  $y$  lub  $z$ ;

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_{y,eff}}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_{z,eff}}, \quad M_y, M_z - \text{moment zginający względem osi } y \text{ lub } z,$$

$W_{y,eff}, W_{z,eff}$  - efektywny wskaźnik zginania względem osi  $y$  lub  $z$ ,

$k_{c,y}, k_{c,z}$  - współczynnik wyboczeniowy względem osi  $y$  lub  $z$ .

Analiza wykazała, iż nośność każdego elementu dźwigara jest przekroczona, w niektórych przekrojach nawet dwukrotnie. Dlatego też zaproponowano rozwiązania naprawcze. Jednym z rozwiązań jest naprawa przez lokalną wymianę na elementy wykonane z drewna wyższej klasy. Wprowadzenie drewna lepszego o 1 klasę, tj. C24, nie zapewni wystarczającej nośności górnemu pasowi dźwigara (przekroczenie nośności o 30 %), podobnie wymiana na elementy wykonane z drewna lepszego o 2 klasy, tj. C30 (przekroczenie nośności o 7 %).

Lepszym rozwiązaniem wydaje się być wymiana elementów, w których przekroczone są naprężenia dopuszczalne na nowe, wykonane z drewna o wyższej klasie, oraz zastosowanie dodatkowego zewnętrznego wzmocnienie przekroju zagrożonego [Jasieńko 2003], [Masłowski i Spizewska 2000]. W tym wariancie konieczna jest wymiana środkowych fragmentów dolnego profilu i górnych profili.

Proponuje się zastosowanie taśm FRP o grubości 1,2 mm i szerokości 50 mm oraz modułe elastyczności  $E_f = 165$  GPa. W obliczeniach ustalono całkowitą współpracę przekroju i zbrojenia, wprowadzając przekrój zastępczy. Pozwoliło to na uzyskanie maksymalnie 82 % wykorzystania nośności przekroju.

Ze względu na konieczność naprawy pokrycia dachu oraz ocieplenia budynku konieczne było ponowne przeprowadzenie obliczeń dla nowego programu obciążeń. W pierwszej kolej-

ności dokonano sprawdzenia wytrzymałości desek pokryciowych – ze względu na ich stan należy je wymienić na deski 2 cm kl. C18.

Następnie dokonano sprawdzenia wyężenia istniejącego dźwigara pod nowym obciążeniem. Wykorzystano model ramowy z osłabionym przekrojem, podparty na belce stalowej z założonym nowym odkształceniem pod wpływem dodatkowych obciążeń.

Nowy program obciążeń spowodowałby znacznie większe wyężenie dźwigara niż obecnie – rozważane są różne możliwości wzmocnienia i naprawy konstrukcji, wiążą się jednak one z decyzjami konserwatorskimi lub zmianami geometrii, które zaakceptować musiałby architekt i użytkownik obiektu. Sprawa ta pozostaje otwarta do dyskusji. Podstawowym pomysłem jest usunięcie belki stalowej (co jest zalecane ze względu na stan ściany i nadproża – punkt 3.2) i wprowadzenie słupów. Drugim sposobem jest naprawa konstrukcji i jej wzmocnienie za pomocą nakładek FRP.

Ostatnia opcja to rozbiórka i odtworzenie więźby w oryginalnym układzie, wymagałoby to zastosowania drewna o klasie C35, przy której w skrajnych przypadkach wykorzystanie nośności dochodziłoby do 90 %.

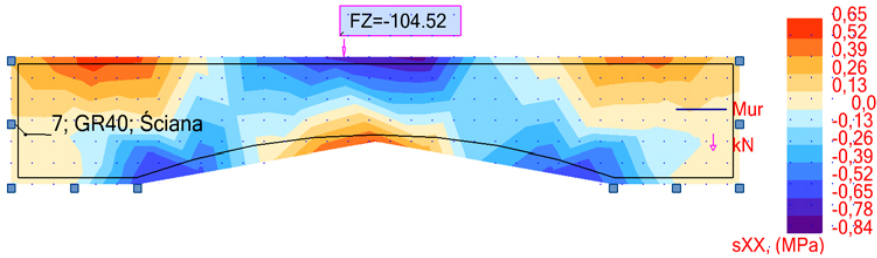
### **3.2. Analiza nośności konstrukcji ścian**

Do analizy ścian przyjęto cechy materiałowe jak dla muru z cegły pełnej na zaprawie wapiennej. Przeprowadzono obliczenia dla najbardziej wyężonego fragmentu ściany pod dźwigarem, o szerokości 25 cm. Określono nośność muru zgodnie z normą [PN-B-03002:2007].

Nośność ściany nie zostanie przekroczona przy istniejącym jak i przy planowanym stanie obciążeń, pozostawiając znaczne, 30 – 40 % rezerwy, przy założeniu nieosłabionego, naprawionego muru z wypełnionymi ubytkami cegły i zapraw.

Głównym problemem pozostaje stalowy podciąg bezpośrednio obciążający łukowe nadproże. Przeprowadzono obliczenia tego fragmentu ściany z użyciem MES, które wykazały znaczne naprężenia rozciągające w murze (rys. 6), wyczerpujące nośność muru zabytkowego [Janowski 1998]. Obserwowane uszkodzenia muru i liczne ślady prób napraw (fot. 4) potwierdzają obliczenia.





Rys. 6. Mapa naprężeń  $\sigma_{xx}$  we fragmencie ściany z nadprożem obciążonym podciągami, A. Knoppik.

Fig. 6. Map of  $\sigma_{xx}$  stresses in the part of the wall charged with binder, A. Knoppik.

Jedynym wyjściem wydaje się być przejście reakcji z podciągu przez inne, nowe elementy konstrukcyjne. Optymalne byłoby usunięcie stalowego, szpecącego podciągu i wprowadzenie układu podpór. Takie rozwiązanie wpłynęłoby jednak na funkcjonalność pomieszczenia i wymaga aprobaty użytkownika oraz architekta.

#### 4. Zalecenia i wnioski

Inwentaryzacja konstrukcyjna wykazała, że stan budynku stolarni należy określić jako zły, a przeprowadzone obliczenia bazujące na aktualnych dziś przepisach normatywnych (na poziomie ustalania obciążeń i na poziomie obliczeń wytrzymałościowych) dowiodły konieczności podjęcia znaczących kroków zapobiegawczych.

Widoczną poprawę warunków pracy konstrukcji można uzyskać już bardzo prostymi środkami natury porządkowej, dzięki udroźnieniu rynien i rur spustowych (usunięcie mułu, śmieci, mchu oraz drzewek). Konieczna jest również wymiana i uszczelnienie pokrycia dachowego oraz szkieleń świetlików. Operacja ta wiązać się musi z wymianą zawilgoconych i zdegradowanych lokalnie desek poszycia oraz z ociepleniem dachu.

Nowy program obciążeń spowoduje znaczne przekroczenie nośności elementów dźwigara dachowego. W artykule przedstawiono trzy możliwości rozwiązania tej sytuacji. Decyzja o wyborze metody zależy od rezultatów dyskusji właściciela obiektu, architekta, konserwatora i konstruktora, a być może i geotechnika. Proponowane rozwiązania wymagają bowiem wprowadzenia nowych elementów konstrukcyjnych (słupów lub ram), rozbiórki istniejącej więźby i jej odtworzenia – według innego pomysłu, lub lokalnych wymian i napraw elementów dźwigara (dotyczy to przede wszystkim pasa górnego) oraz użycie wzmocnień FRP.

Obliczenia wytrzymałościowe ściany, z założeniem niskich parametrów wytrzymałościowych muru wykazały, że posiada ona rezerwy nośności również przy nowym planie obciążeń. Stan ten będzie jednak osiągnięty po usunięciu zagrożeń dla muru na zaprawie wapiennej. Proponuje się głównie oczyszczenie muru z zaprawy i tynku cementowego, odsolenie i wysuszenie (np. metodą iniekcji), odgrzybienie ścian oraz uzupełnienie cegieł i zaprawy. Należy również odizolować mur od wylewek i podłóg betonowych na gruncie.

Podstawowym problemem budynku jest stalowy podciąg, który podpira drewniany dźwigar. Jego podparcie w ścianie zewnętrznej zostało wykonane wbrew prawidłom praktyki budowlanej – został on bowiem podparty nie w odpowiednio przygotowanym gnieździe, ale bezpośrednio w dziurze wykutej w murze, nieszczęśliwie zlokalizowanej nad murowanym łukowym nadprożem. Spowodowało to widoczne uszkodzenia muru i łuku, a także wyboczenie okien (fot. 3). Innym efektem wprowadzenia podciągu jest zapewne również deformacja ścian i dachu, które doprowadziła do wysunięcia się elementów konstrukcji z połączeń cieślijskich. Można przypuszczać, że współodpowiedzialne za tę sytuację mogły być także złożone wpływy związane ze zmianami gruntowo-wodnymi wywołanymi przez zasypanie Kanału Kłodnickiego i prace budowlane w najbliższym sąsiedztwie budynku. Zgodnie z opinią geotechników obecny stan naprężeń w gruncie pod fundamentami zbliżony jest do poziomu uplastycznienia gruntu [Sękowski i in. 2008].

Najlepszą metodą wydaje się być usunięcie podciągu i zastąpienie go układem innych podpór dźwigara, np. słupem w węźle środkowym. Takie rozwiązanie zmienia jednak układ funkcjonalny pomieszczenia. Innym rozwiązaniem uwzględniającym pozostawienie podciągu jest wykonanie ramy okraczającej okno, której rygiel stanowiłby podporę dla istniejącego podciągu. Rozwiązanie to wymaga opinii geotechników, którzy ostrzegają przed zwiększeniem naprężeń w gruncie.

Przedstawione wyżej działania mają zastosowanie w obecnej sytuacji Fabryki Drutu - zabudowania całego kompleksu będą jednak wkrótce narażone na intensywne prace ziemne, tunelowe i rozbiórkowe oraz wpływy komunikacyjne, przeprowadzane w najbliższym ich sąsiedztwie, a związane z rozbudową DTŚ i zmianą układu komunikacyjnego Gliwic. Ze względu na te nowe wpływy oraz złe warunki gruntowe budynek Stolarni powinien być monitorowany, a decyzje o tymczasowych lub trwałych zabezpieczeniach obiektu należy podejmować na podstawie obserwacji zachowania się budynku.

Ze względu na niespełnienie warunków nośności niektórych elementów dźwigara przy aktualnym poziomie obciążeń, zaleca się bieżące usuwanie zalegającego w koszach śniegu.



Podczas wykonywania prac zabezpieczających i remontowych zaleca się dozór odpowiedzialnych, specjalistycznych służb oraz by wszelkie prace odbywały się zgodnie z zasadami sztuki budowlanej, obowiązującymi przepisami prawnymi i normatywnymi w zakresie prac budowlanych i zapewnienia bezpieczeństwa, a wykorzystywane materiały posiadały odpowiednie certyfikaty do stosowania w obiektach zabytkowych.

## Bibliografia

- PN-77-B-02011: *Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.*
- PN-82/B-02000: *Obciążenie budowli. Zasady ustalania wartości.*
- PN-82/B-02001: *Obciążenia budowli – obciążenia stałe.*
- PN-80/B-02010: *Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem* (wraz ze zmianą PN-80/B-02010/AZ1).
- PN-B-03159:2000: *Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie.*
- JASIEŃKO J. 2003. *Połączenia klejowe i inżynierskie w naprawie, konserwacji i wzmacnianiu zabytkowych konstrukcji drewnianych.* Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2003.
- MASŁOWSKI E., SPIŻEWSKA D. 2000. *Wzmacnianie konstrukcji budowlanych.* Warszawa: Arkady, 2000.
- PN-B-03002:2007: *Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie.*
- JANOWSKI Z. 1998. *Nośność i trwałość konstrukcji murowych w obiektach zabytkowych.* W: *IV Konferencja Naukowo-Techniczna, Inżynierskie problemy odnowy starożytnych zespołów zabytkowych.* Kraków, 1998.
- SĘKOWSKI J. i inni 2008. *Geotechniczne warunki posadowienia budynku dawnej Fabryki Drutu w Gliwicach.* W: *Spotkanie z Zabytkiem: Fabryka Drutu w Gliwicach.* Gliwice: Politechnika Śląska, 2008, nr 3, s. 29-36.

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy JASIEŃKO, prof. nzw. w Politechnice Wrocławskiej