

Michał MARCHACZ¹
Leszek DULAK²

BADANIA AKUSTYCZNE WNETRZA ZABYTKOWEGO KOŚCIOŁA PW. WSZYSTKICH ŚWIĘTYCH W SIEROTACH

Praca przedstawia badania akustyczne przeprowadzone w zabytkowym kościele pw. Wszystkich Świętych zlokalizowanym w powiecie gliwickim, w miejscowości Sieroty. Pierwsze ślady bytności kościoła datowane są na początek XIII wieku. Na przestrzeni wieków kościół był wielokrotnie przebudowywany. Konstrukcja obiektu w obecnym kształcie ma charakter mieszany. Część zawierająca prezbiterium jest murowana. Nawa główna oraz chór z wieżą (zawierającą przedsionek i wejście) są drewniane. Wieżę dobudowano do istniejącej części kościoła w drugiej połowie XVIII wieku. Jednym z obszarów prac prowadzonych na obiekcie była ocena jakości akustycznej wnętrza obiektu. W tym celu przeprowadzono pomiary czasu pogłosu wewnątrz kościoła. Czas pogłosu jest podstawowym parametrem służącym do oceny danego wnętrza pod kątem jego akustyki. Badania wykonano przy pomocy metody tzw. zanikowej z wykorzystaniem widma szumu różowego. Sprzęt pomiarowy składał się z części nadawczej w postaci generatora dźwięku i kuli głośnikowej. Część odbiorczą stanowił zestaw mikrofonów wraz miernikiem poziomym dźwięku. W oparciu o uzyskane krzywe zaniku czasu pogłosu oraz metodologię normową wyznaczono charakterystyki czasu pogłosu w funkcji częstotliwości dla poszczególnych punktów pomiarowych. Następnie wyniki uśredniono. Uzyskany w ten sposób średni czas pogłosu badanego wnętrza posłużył do jego oceny pod kątem akustyki. Powyższe badania wpisują się w szereg działań prowadzonych przez Katedrę Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli w różnych obiektach o charakterze zabytkowym, dotyczących problemów utrzymania i użytkowania tego typu obiektów.

Słowa kluczowe: zabytkowy kościół, akustyka wnętrz, czas pogłosu, badania czasu pogłosu

¹ Autor do korespondencji: Michał Marchacz, Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej, ul. Akademicka 5, 44-105, Gliwice, 322372288, michal.marchacz@polsl.pl.

² Leszek Dulak, Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej, ul. Akademicka 5, 44-105, Gliwice, 322372288, leszek.dulak@polsl.pl.

1. Wstęp

Pierwsze wzmianki historyczne o kościele pw. Wszystkich Świętych w Sierotach (Śląskie, powiat gliwicki) datują się na początek XIII wieku. Na przestrzeni czasu ulegała zmianie pierwotna forma obiektu. Kościół w obecnej formie (rys.1) złożony jest z części murowanej oraz drewnianej wieży powstałej w 1770 roku. Cechą charakterystyczną wnętrza kościoła są zachowane, zabytkowe polichromie pokrywające ściany kościoła [1,2]. Obiekt znajduje się na szlaku architektury drewnianej województwa śląskiego.

Powyższy kościół w związku ze swoją wartością historyczną, jest jednym z obiektów objętych szeregiem działań mających na celu diagnostykę stanu istniejącego, próbę wskazania możliwych dróg dalszej ochrony oraz użytkowania tego typu obiektów.

Konstrukcja kościoła jest mieszana. W obecnej formie prezbiterium posiada ściany murowane. Dotyczy to również przestrzeni nad prezbiterium i częściowo pomieszczenia znajdującego się po lewej stronie prezbiterium patrząc od wejścia. Najprawdopodobniej pomieszczenie to pełniło rolę pomieszczenia o charakterze podobnym do tzw. babińca. Konstrukcja ścian nawy głównej oraz wieży i dachu jest drewniana. Wieża dzwonnicy znajdująca się w obszarze głównego wejścia do kościoła zawiera w swojej konstrukcji wydzielony przedśrodek wraz z wejściem na chór. Chór wypuszczony jest nieznacznie w przestrzeń nawy głównej. Drewniana jest również konstrukcja stropu przekrywającego nawę główną. Nawa główna charakteryzuje się wymiarami ok. 9,5 m na 10m. Natomiast prezbiterium zawiera się w przestrzeni około 6m na 8m.



Rys. 1. Kościół pw. Wszystkich Świętych w Sierotach

Fig. 1. Church of All Saint in Sieroty

Opisane w artykule badania zrealizowane zostały w ramach prowadzonego przez Katedrę Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli Politechniki Śląskiej seminarium wewnętrznego oraz wydawnictwa Spotkanie z Zabytkiem. Pierwszy etap podjętych działań jest związany z potrzebą wielokierunkowego zdiagnozowania stanu istniejącego obiektu. Jednym z elementów zrealizowanych działań jest określenie parametrów akustycznych wnętrza kościoła. W ramach przeprowadzonych badań wykonano pomiar czasu pogłosu wnętrza nawy głównej kościoła z uwzględnieniem elementów miękkich pokryć ław kościelnych oraz po ich demontażu. Pomiar przeprowadzono 30 października 2013 roku. Wykonane badania stanowiły podstawę do dalszego opracowania uzyskanych wyników. Na poniższych fotografiach (rys.2) pokazano widok ogólny wnętrza nawy głównej kościoła wraz z umiejscowieniem niektórych punktów pomiarowych.

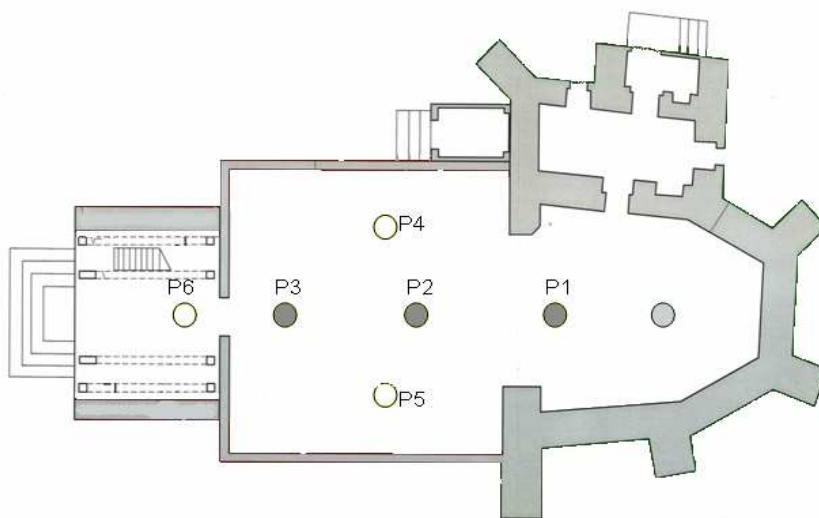


Rys. 2. Widok wnętrza nawy głównej kościoła w Sierotach
Fig. 2 Main nave of church in Sieroty

2. Metodyka prowadzonych pomiarów i obliczeń

Badania przeprowadzono zgodnie z metodologią zawartą w normie PN-EN ISO 3382-2:2010 [3] oraz w oparciu o ogólne wytyczne zawarte w [4]. Pomiar wykonano przy użyciu metody szumu przerywanego. Zestaw badawczy składał się z kuli głośnikowej wraz z generatorem oraz zestawu odbiorczego w postaci miernika poziomu dźwięku Svan 958 wraz z osprzętem. Źródło wytwarzało poziom ciśnienia akustycznego wystarczający do tego, aby krzywa zaniku rozpoczynała się przynajmniej 35 dB powyżej tła akustycznego w odpowiednim zakresie częstotliwości. Źródło dźwięku umiejscowiono bezpośrednio przed ołtarzem. Przyjęto dla każdego z wariantów pomiarowych 6 pozycji umiejscowienia punktów odbioru w postaci mikrofonów. W każdej z niezależnych pozycji

pomiarowych wykonano po 6 powtórzeń pomiaru w celu zminimalizowania wpływu losowości sygnału pobudzającego. Schemat pomieszczenia wraz ze sposobem ustawienia źródła dźwięku i mikrofonów pokazano na rys.3 (opracowany w oparciu o [5,6]). Należy zaznaczyć, że zarówno umiejscowienie punktów pomiarowych jak i źródła dźwięku zostało dobrane w taki sposób aby zachować odpowiednie minimalne odległości zarówno od powierzchni odbijających jak i odległości punktów pomiarowych od samego źródła dźwięku. W celu oceny parametrów pogłosowych pomieszczenia wyznaczono czas pogłosu T_{20} . W tym celu ocenie poddano zakres każdej z krzywych zaniku w zakresie od 5 dB do 25 dB poniżej poziomu ustalonego.

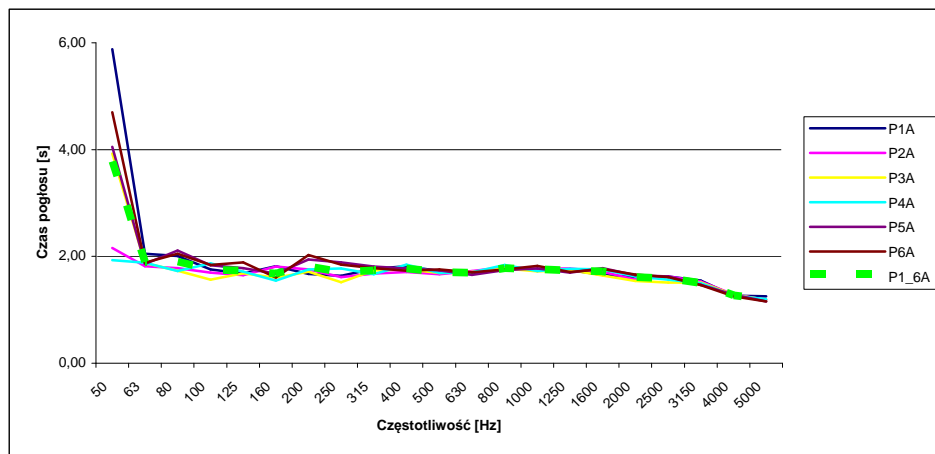


Rys. 3. Schematyczne przedstawienie lokalizacji punktów pomiarowych oraz źródła dźwięku

Fig. 3. Scheme of measurement points and source of sound

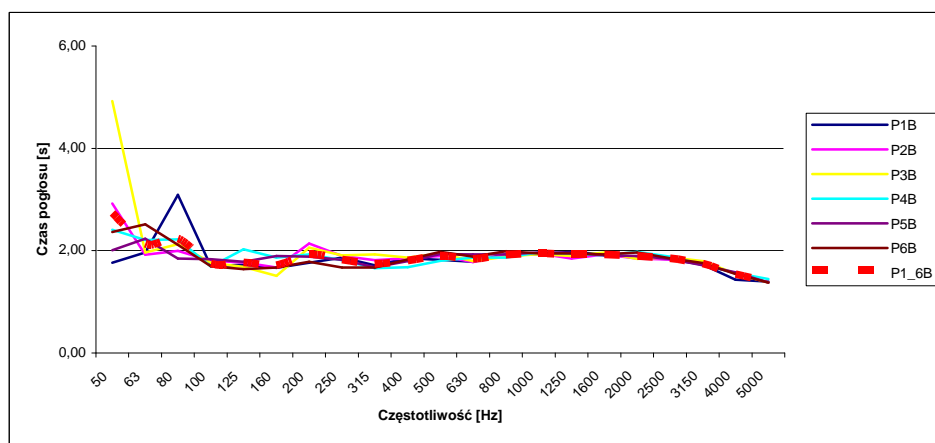
3. Wyniki pomiarów i podsumowanie

W tabelicy 1 zamieszczono wyniki pomiarów czasu pogłosu T_{20} dla wnętrza nawy głównej rozpatrywanego kościoła odpowiednio przed (sytuacje P1A – P6A) i po wykonaniu demontażu miękkich poszyc ław (sytuacje P1B – P6B) odpowiednio dla 6 punktów pomiarowych w każdej sytuacji pomiarowej oraz uśrednienie dla obu przypadków. Poniższe wyniki celem zobrazowania pokazano w formie wykresu na rys.4 i rys.5. Na rys.6 zestawiono uśrednione wartości czasu pogłosu T_{20} dla obu sytuacji pomiarowych.



Rys. 4. Wyniki pomiarów czasu pogłosu T_{20} dla 6 punktów pomiarowych przed usunięciem pokryć ław kościelnych (P1A do P6A gdzie P1_6A - uśredniony czas pogłosu)

Fig. 4. Results of measurements of reverberation time T_{20} for 6 measurement points before remove soft pillows out of church benches (P1A to P6A were P1_6A – average reverberation time)



Rys. 5. Wyniki pomiarów czasu pogłosu T_{20} dla 6 punktów pomiarowych po usunięciu pokryć ław kościelnych (P1B do P6B gdzie P1_6B - uśredniony czas pogłosu)

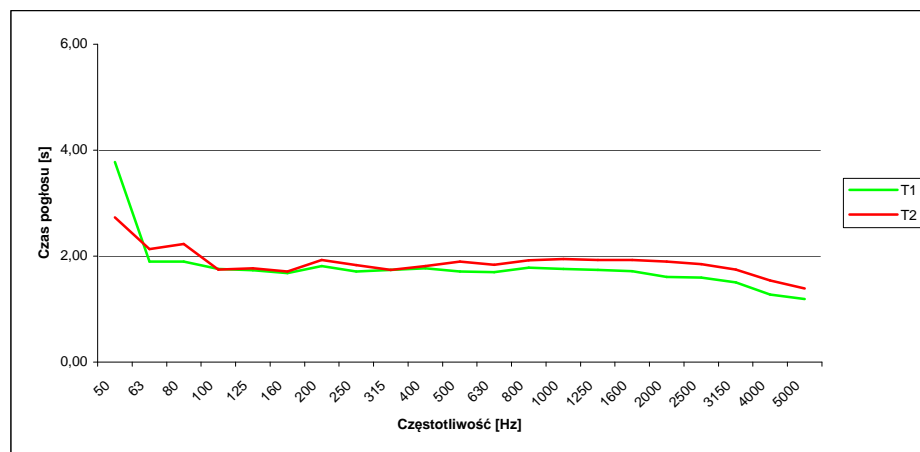
Fig. 5. Results of measurements of reverberation time T_{20} for 6 measurement points after remove soft pillows out of church benches (P1B to P6B were P1_6B – average reverberation time)

Tabela (tablica) 1. Wyniki pomiarów czasu pogłosu T_{20} dla 6 punktów pomiarowych przed usunięciem pokryć ław kościelnych (P1A – P6A) oraz po usunięciu pokryć (P1B – P6B), gdzie P1_6A i P1_6B- uśredniony czas pogłosu

Table 1. Results of measurements of reverberation time T_{20} for 6 measurement points before remove soft pillows out of church benches (P1A – P6A) and after (P1B – P6B) were P1_6A and P1_6B – average reverberation time

f	NR PUNKTU POMIAROWEGO												uśredniony T_{20} [s]	
	[Hz]	P1A	P2A	P3A	P4A	P5A	P6A	P1B	P2B	P3B	P4B	P5B	P6B	P1_6A
50	5.88	2.15	3.92	1.93	4.05	4.70	1.77	2.92	4.92	2.41	2.01	2.37	3.77	2.73
63	2.05	1.82	1.88	1.88	1.86	1.88	1.96	1.92	1.96	2.21	2.23	2.52	1.89	2.13
80	2.01	1.78	1.73	1.73	2.11	2.05	3.09	2.00	2.13	2.22	1.85	2.11	1.90	2.23
100	1.75	1.70	1.56	1.87	1.83	1.84	1.69	1.80	1.76	1.69	1.83	1.70	1.76	1.75
125	1.68	1.65	1.68	1.71	1.78	1.89	1.73	1.77	1.69	2.03	1.78	1.64	1.73	1.77
160	1.82	1.81	1.60	1.54	1.68	1.61	1.67	1.67	1.51	1.87	1.89	1.67	1.68	1.71
200	1.67	1.76	1.71	1.76	1.94	2.02	1.76	2.14	2.06	1.93	1.88	1.78	1.81	1.93
250	1.64	1.61	1.52	1.77	1.89	1.84	1.86	1.89	1.91	1.81	1.82	1.67	1.71	1.83
315	1.77	1.68	1.74	1.67	1.81	1.78	1.71	1.81	1.93	1.66	1.68	1.67	1.74	1.74
400	1.82	1.71	1.76	1.85	1.77	1.73	1.85	1.85	1.86	1.68	1.79	1.83	1.77	1.81
500	1.73	1.67	1.69	1.69	1.74	1.75	1.82	1.89	1.95	1.80	1.93	1.98	1.71	1.90
630	1.69	1.73	1.71	1.70	1.66	1.70	1.78	1.78	1.79	1.86	1.93	1.88	1.70	1.84
800	1.77	1.80	1.77	1.84	1.74	1.76	1.93	1.93	1.88	1.86	1.93	1.99	1.78	1.92
1000	1.74	1.77	1.72	1.73	1.77	1.82	1.94	1.95	1.93	1.96	1.96	1.95	1.76	1.95
1250	1.74	1.78	1.75	1.77	1.70	1.71	1.98	1.84	1.90	1.94	1.96	1.95	1.74	1.93
1600	1.66	1.71	1.64	1.76	1.78	1.76	1.93	1.92	1.96	1.91	1.91	1.93	1.72	1.93
2000	1.61	1.57	1.54	1.62	1.65	1.66	1.86	1.84	1.84	1.97	1.90	1.96	1.61	1.90
2500	1.63	1.63	1.51	1.57	1.63	1.61	1.83	1.83	1.87	1.89	1.84	1.85	1.59	1.85
3150	1.55	1.53	1.51	1.50	1.47	1.46	1.73	1.76	1.80	1.73	1.72	1.76	1.50	1.75
4000	1.27	1.29	1.28	1.27	1.28	1.25	1.44	1.55	1.55	1.56	1.58	1.55	1.27	1.54
5000	1.25	1.18	1.19	1.20	1.16	1.16	1.40	1.38	1.38	1.44	1.38	1.38	1.19	1.39

Uzyskane wyniki zestawione w formie wykresów oraz tabelarycznej, wskazują na równomierny rozkład czasu pogłosu w funkcji częstotliwości praktycznie w całym zakresie rozpatrywanego widma dźwięku. Rozbieżności pomiarowe występujące w zakresie niskich częstotliwości, pomiędzy 50 Hz, a około 125 Hz, są cechą charakterystyczną tego typu pomiarów. Związane jest to zarówno ze zróżnicowaniem umiejscowienia punktów pomiarowych ale również większą długością fali akustycznej w zakresie niższych częstotliwości, co przekłada się na większy rozrzut uzyskiwanych wyników.



Rys. 6. Uśrednione wartości czasu pogłosu T20 w nawie głównej kościoła przed (T1) oraz po (T2) zdjęciu miękkich pokryć ław kościelnych odpis i objaśnienie rysunku w języku artykułu

Fig. 6. Average values of reverberation time T20 for main church nave before (T1) and after (T2) remove soft pillows out of church benches

Przedstawione wyniki pomiaru czasu pogłosu w funkcji częstotliwości (Rys.6) wskazują, zgodnie z oczekiwaniami, na wzrost wartości czasu pogłosu po zdjęciu miękkich pokryć ław kościelnych (sytuacja T2). Różnica ta dostrzegalna jest dla częstotliwości powyżej 250 Hz, jednak jest ona niewielka. Uśredniony z wszystkich punktów pomiarowych dla danej sytuacji pomiarowej czas pogłosu różni się pomiędzy sytuacjami pomiarowymi o 0,1s. Kubatura badanego wnętrza wynosi w przybliżeniu około 1000 m³. Dla sytuacji T1 z uwzględnieniem pokryć wartość ta wynosi 1,8s natomiast po zdjęciu pokryć, dla sytuacji T2 wzrasta do 1.9s.

4. Wnioski

Uzyskane wartości czasów pogłosu wskazują na dobre parametry akustyczne wnętrza [7]. Uzyskany czas pogłosu może wskazywać zwłaszcza na przydatność w zakresie odsłuchu muzyki. Cecha określana jako „żywość” wnętrza wg Beranka [8] wskazuje, iż szczególnie nadaje się ono do odtwarzania muzyki o charakterze klasycznym, symfonicznym i barokowym gdzie optymalny czas pogłosu powinien kształtować się w przedziale 1,4 do 2s.

Literatura

- [1] W oparciu o materiały zgromadzone na <http://www.sieroty.hosting.deum.pl/> dostęp na dzień 29.04.2014.
- [2] Ernst Kloss, Herbert Rode, Wilhelm Steps, Hilde Eberle: Die Bau- und Kunstdenkmäler des Kreises Tost-Gleiwitz, wyd. Willh. Gottl. Korn Verlag Breslau.

- [3] PN-EN ISO 3382-2:2010 - „Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń - Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach”.
- [4] PN-87/B-02156 „Akustyka budowlana -- Metody pomiaru poziomu dźwięku A w budynkach”.
- [5] Kaczorowski S, Górczyński H: Projekt budowlany prac remontowo konserwatorskich polegających na wzmocnieniu izolacji fundamentów oraz wymianie wybranych drewnianych elementów konstrukcyjnych ścian i dachu kościoła pw. Wszystkich Świętych w Sierotach.
- [6] Żaba A. [red.]: Kościół parafialny pw. Wszystkich Świętych w Sierotach; Zabytek Roku 2014. Gliwice: Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach (nieopublikowane opracowanie studentów profilu dyplomowania Eksploatacja Obiektów Budowlanych), 2014.
- [7] Mc Minn T. Development of an evaluation tool for use at the design stage of auditoria with respect to unassisted speech reinforcement. December 1996.
- [8] Kulowski A. Akustyka Sal. Gdańsk 2007.

ACOUSTIC INVESTIGATIONS OF INTERIOR OF HISTORIC ALL SAINT CHURCH IN SIEROTY

Summary

The paper presents acoustic researches in historic All Saints church localized in Gliwice country area, in Sieroty. First traces of All Saint church are dated on beginning of XIII century. Over the centuries, church was many times redevelopment. Construction of the church in current form is mixed. Chancel's part is build of brick. Main nave and choir with tower (contain vestibule and entrance) are wooden. Tower was added to existed part of the church in second part of XVIII century. One of the investigations areas in church was assessment of the acoustic quality of church's interior. In this aim measurements of reverberation time were made inside of the church. Reverberation time is a basic parameter served to acoustic evaluation of interior. Measurement was made by fade out sound method with using of pink noise spectrum. Measurement's equipment contain transmitting part includes sound generator and speaker (special sphere shape). Receiver part includes set of microphones and noise level meter. Base on reverberation time fading curve and standard methodology, characteristics of reverberation time depend on frequency was determined to each measurement point. Next, results were averaged. Obtain average reverberation time for investigated interior was used to acoustic evaluation of this interior. Program of investigations, make by chair of Building Engineering and building physics, includes in numbers of activities in different types of historical buildings concerning maintenance and utilization of these kind of buildings.

Keywords: historic church, interior acoustics, reverberation time, investigations of reverberation time

DOI:10.7862/rb.2014.100

Przesłano do redakcji: 18.11.2014 r.

Przyjęto do druku: 18.12.2014 r.