

Adam Rosiński
(Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie)

WPŁYW AKUSTYKI ARCHITEKTONICZNEJ NA KREOWANIE TOŻSAMOŚCI SONORYSTYCZNEJ KOŚCIOŁÓW

Uwagi wstępne

Od wielu stuleci akustyka obiektów sakralnych odgrywa niebagatelną rolę w kreowaniu przestrzeni sakralnej. Podczas budowy już pierwszych kościołów wskazywano, że obiekty sakralne muszą charakteryzować się znakomitą akustyką, ponieważ wzmiankowany element ma bezpośredni związek i odzwierciedlenie w prawidłowym odbiorze treści mówionych przez kapłana, możliwości niezakłóconej modlitwy i medytacji¹. Akustyka jest związana z kształtem architektonicznym budowli, wyposażeniem wnętrza oraz materiałami, z jakich zostało zbudowane samo pomieszczenie. Przemyślany i prawidłowo wykonany plan architektoniczny kościoła, charakteryzuje się bardzo dużą ilością drobnych zdobień, które wpływają na rozproszenie się dźwięku a nie jego kumulację w wybranych miejscach w budynku świątynnym, co jest bardzo dobrym rozwiązaniem, ponieważ przez naturalny kształt projektu architektonicznego (a nie systemów elektroakustycznych) zmienia się kierunek rozchodzenia się fal akustycznych². Podstawy akustyki a więc propedeutyczność rozchodzenia się fal akustycznych była znana architektom już od bardzo dawna. Przed wiekami, konstruktorom udawało się sprostać powstałym problemom w zakresie akustyki i rozwiązać zaistniałe komplikacje z wielką starannością i świadomością, bez stosowania oprzyrządowania cyfrowego, które wykorzystywane jest dzisiaj nagminnie³.

1. A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Gdańsk 2007, s. 42-43.

2. A. Kubiak-Pakulska, *Historyczny wzorzec kościoła rzymskokatolickiego a projektowanie współczesnych świątyń*, niepublikowana rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Poznań 2014, s. 80.

3. A. Rosiński, *Akustyka pomieszczeń sakralnych a zrozumiałość przekazu słownego*, (w:) *Muzyka sakralna w europejskim przekazie kulturowym. Historia – kryteria – współczesność*, J. Bramorski (red.), Gdańsk 2012, s. 85.

Warto również zwrócić uwagę na kontekst budownictwa sakralnego, ponieważ architektura katolickich świątyń wznoszonych po reformie liturgicznej po II Soborze Watykańskim (1962–1965) znacząco zatraciła sakralny charakter, nie odróżniając się często od świeckich budynków użyteczności publicznej. Implikowało to problemy związane z akustyką i rozchodzeniem się fal mowy podczas sprawowanych liturgii, które odbywały się według zreformowanych obrzędów promulgowanych przez papieża Pawła VI w 1969 r. Innowacyjne myślenie wynikające ze zreformowanej liturgii (sprawowanej już w językach narodowych, a nie jak dotychczas w języku łacińskim), głośne wypowiedzianie modlitw przez celebrans (w przeciwieństwie do liturgii w klasycznym rycie rzymskim, gdzie znaczna część modlitw była wymawiana szeptem, a dialogi często były prowadzone między kapłanem a ministrantami) i następnie odwrócenie kapłana przodem do wiernych (w przeciwieństwie do liturgii w klasycznym rycie rzymskim, gdzie kapłan stał na czele wiernych zwrócony ku Krzyżowi umieszczonemu na ołtarzu – *versus Deum*) doprowadziły do konieczności używania wspomnianego wcześniej oprzyrządowania cyfrowego (m. in. mikrofonów, nagłośnienia, rzutników multimedialnych). Ponadto do potrzeby używania oprzyrządowania cyfrowego przyczyniło się wspomniane odwrócenie kapłana przodem do wiernych podczas Mszy Świętej – miało to swoje implikacje socjologiczne: duchowni odczuwali potrzebę częstego komentowania obrzędów i przemawiania do wiernych obok modlitw przewidzianych przez zreformowany Mszał Rzymski (*Missale Romanum*)⁴.

Rola i znaczenie akustyki w budownictwie sakralnym

Jak wskazano powyżej, w przypadku współcześnie wznoszonych posoborowych kościołów, często zapomina się, jakim celem mają służyć budowle sakralne i dlaczego projektowanie z wykorzystaniem wiedzy w dziedzinie akustyki jest tak bardzo istotne. Należy bezpośrednio zwrócić uwagę na duchowy aspekt przestrzeni sakralnej, na który ma wpływ również akustyka. Zachowanie pewnych kryteriów akustycznych a przez to brzmienia kościoła wydaje się koniecz-

4. Zob. Ch. Zieliński, *Sztuka sakralna. Co należy wiedzieć o budowie, urządzeniu, wyposażeniu, ozdobie i konserwacji Domu Bożego. Podręcznik opracowany na podstawie przepisów kościelnych*, Poznań-Warszawa-Lublin 1960, s. 49-79, 85-165; J. Ratzinger, *Duch liturgii*, przeł. E. Pieciul, Poznań 2002; R. Amerio, *Itaunum. Analiza zmian w Kościele katolickim w XX wieku*, b.m.w. 2009; L. Bouyer, *Architektura i liturgia*, przekł. P. Włodyga OSB, Kraków 2009; P. Milcarek, *Historia Mszy. Przewodnik po dziejach liturgii rzymskiej*, „Christianitas” 2009, nr specjalny 41/42; R.M. Wiltgen, *Ren wpada do Tybru. Historia Soboru Watykańskiego II*, Dębogóra 2010; N. Bux, *Jak chodzić na Mszę i nie stracić wiary*, tłum. M. Masny, Kraków 2011; P. Milcarek, J.P. Laskowski, B. Kiernicki, *Według Boga czy według świata?*, Dębogóra 2011; R. de Mattei, *Sobór Watykański II. Historia dotąd nieopowiedziana*, tłum. S. Orzeszko, IBP, Ząbki 2012; M. Davies, *Nowa Msza papieża Pawła*, przeł. T. Maszczyk, Warszawa 2014; D. von Hildebrand, *Liturgia a osobowość*, tłum. M. Grabowska, Kraków 2014; P. Kwasniewski, *Kryzys i odrodzenie. Tradycyjna liturgia łacińska a odnowa Kościoła*, przeł. P. Kaznowski, Kraków 2016.

nym aspektem, który decyduje o duchowym wymiarze kościoła oraz religijnym (uduchowionym) przeżyciu Mszy Św. przez przebywające w tej przestrzeni osoby w wysyczeniu, harmonii, spokoju i skupieniu w modlitwie, pozwalając na głęboką i świadomą refleksję wiernych⁵.

Właściwy i świadomy projekt architektoniczny, a przez to akustyczny – budowli sakralnej decyduje o tożsamości i identyfikacji dźwiękowej w formie spójnego brzmienia wewnątrz sakralnych, które powinny być głęboko rozważone już wcześniej, na etapie samego projektu architektonicznego. Każde z pomieszczeń sakralnych jest zupełnie inne, ponieważ konstrukcja każdego z budynków jest odmienna. Wynikłe jest to również z odmiennego stosowania i występowania poszczególnych materiałów, jednakże wszystkie wzmiankowane pomieszczenia charakteryzują się pewnymi cechami świadczącymi o utrzymaniu pewnej „atmosfery” wewnątrz sakralnych, które wskazują na występującą tożsamość danego kościoła. „Tożsamość to suma kultury i tradycji miejsca (zespołu czynników związanych z całokształtem historycznych nawarstwień materialnych i niematerialnych) oraz kanonu jego cech (zespołu czynników składających się na formę danego miejsca, decydujących o jego wyrazie i mających swoją aktualną lub źródłowo udokumentowaną postać percypowaną przez człowieka)”⁶.

Istnieje sześć cech dotyczących elementów materialnych w kościele, do których należą: kontekst przyrodniczo-przestrzenny, forma architektoniczna, forma użytkowania i stan zachowania, integralność, czytelność, otwartość oraz sześć cech odnoszących się do przestrzeni niematerialnej, do której należą: powiązanie z wydarzeniami, nazwa miejsca, multisensoryczność, dynamika, nastrój, odczuwane emocje i uczucia⁷. Akustyka architektoniczna dotyczy aż trzech spośród sześciu wymienionych cech niematerialnych, jest to: multisensoryczność, nastrój, odczuwane emocje i uczucia, ponieważ psychologiczne aspekty akustyki (psychoakustyczne) oddziałują i odczuwane są przez wiernych poprzez wymienione wyżej trzy cechy. Warto zwrócić uwagę, że cechy niematerialne wymienione dla akustyki są wynikiem harmonii i współuczestniczenia kilku cech materialnych, takich jak: forma architektoniczna, integralność, czytelność, otwartość.

W architekturze i sztuce sakralnej przed reformami posoborowymi integralność przejawiała się w celowym wykorzystywaniu ornamentyki, przestrzeni architektonicznej, paramentów liturgicznych do przekazywania prawd wiary katolickiej. Wynikało to z pedagogicznego charakteru liturgii w klasycznym ryciu rzymskim i architektury kościołów, które były miejscem jej sprawowania⁸.

5. M. Twarowski, *Metoda projektowania kościoła*, Warszawa 1985, s. 272.

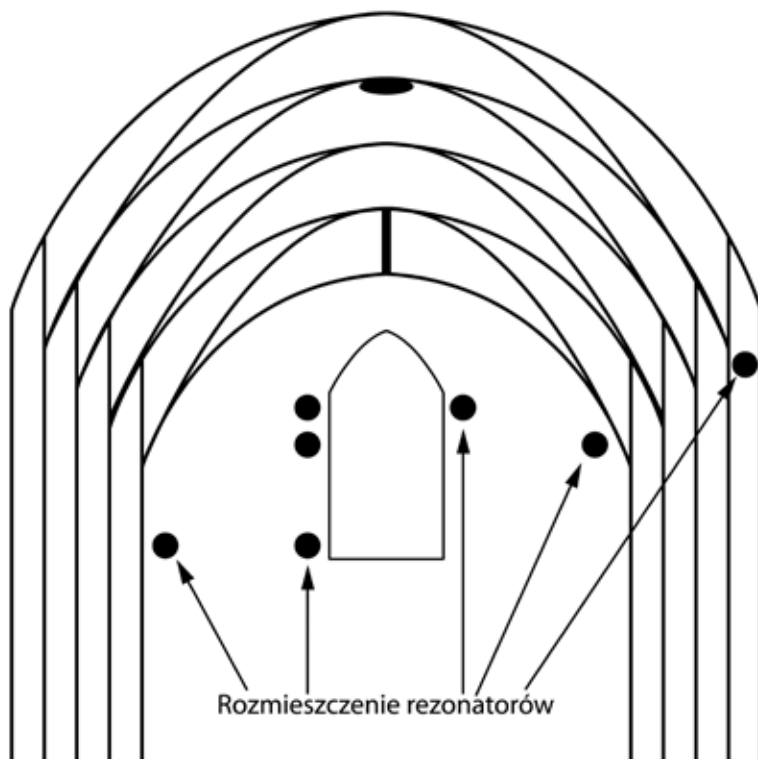
6. Cyt. za: B. Sowińska, *Kształtowanie tożsamości krajobrazów sakralnych*, Sacrum w krajobrazie. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego” 2012, nr 17, s. 79.

7. Ibidem, s. 78-79.

8. Zob. A. Nichols OP, *Patrząc na liturgię. Krytyczna ocena jej współczesnej formy*, przeł. T. Glanz, Poznań 2005; M. Gühr, *Ofiara Mszy Świętej. Wykład dogmatyczny, liturgiczny i ascetyczny dla duchowieństwa i świeckich*, tom I, II i III, Warszawa 2012.

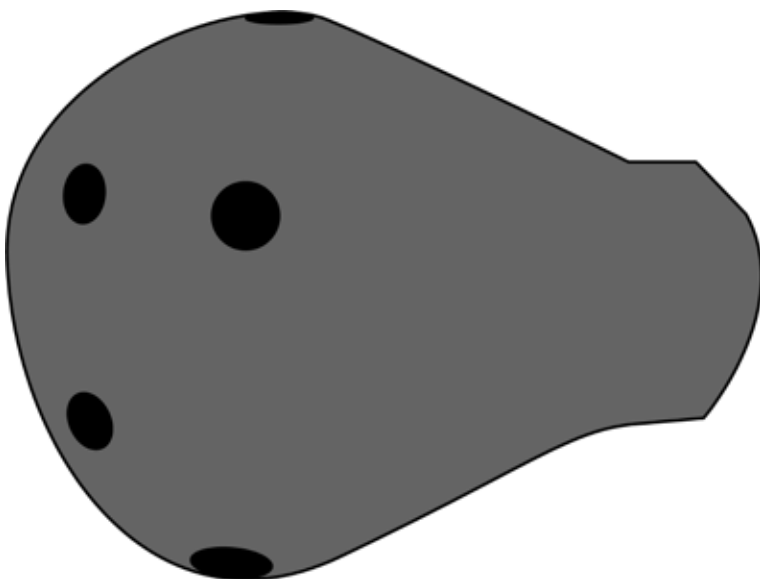
Rezonatory w kościele – rys historyczny

Już od czasów starożytnych wykorzystywano zjawisko rezonansu Helmholtza do zmiany i poprawy akustyki obiektów sakralnych, stosując w tym celu naczynia gliniane, mosiężne, misy i wazy o specjalnie wyrobionych kształtach, czyniąc to z takim znanstwem, wiedzą i precyzją, która zaskakuje do dzisiaj, ponieważ aktualnie stosuje się do tego specjalne oprogramowanie cyfrowe do symulacji i pomiarów akustyki architektonicznej. Średniowieczne kościoły również charakteryzowały się wykorzystaniem specjalnych naczyń glinianych w ścianach lub wnękach, które będąc zamurowane, skierowane były otworami do wnętrza kościoła.



Rys. 1. Schematyczne rozmieszczenie glinianych waz rezonansowych we wnętrzu kaplicy Pleterje koło Ljubliany. Rok budowy około 1403.

Źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 31.

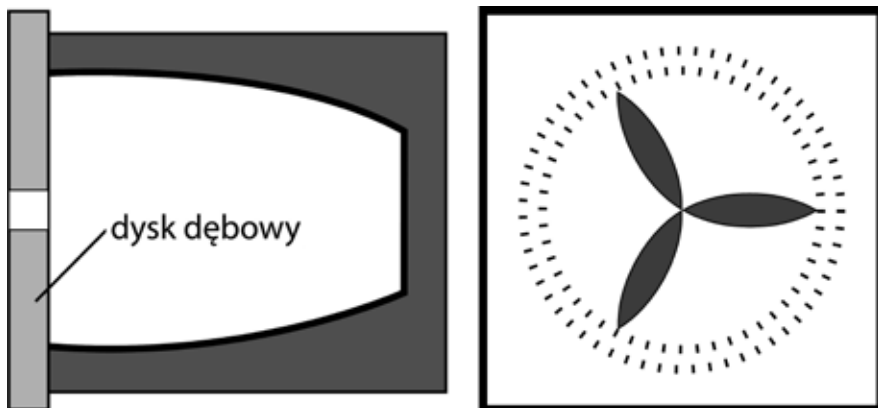


Rys. 2. Schematyczny widok rezonansowej glinianej wazy, zastosowanej we wnętrzu kaplicy Pleterje koło Ljubliany.

Źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 31.

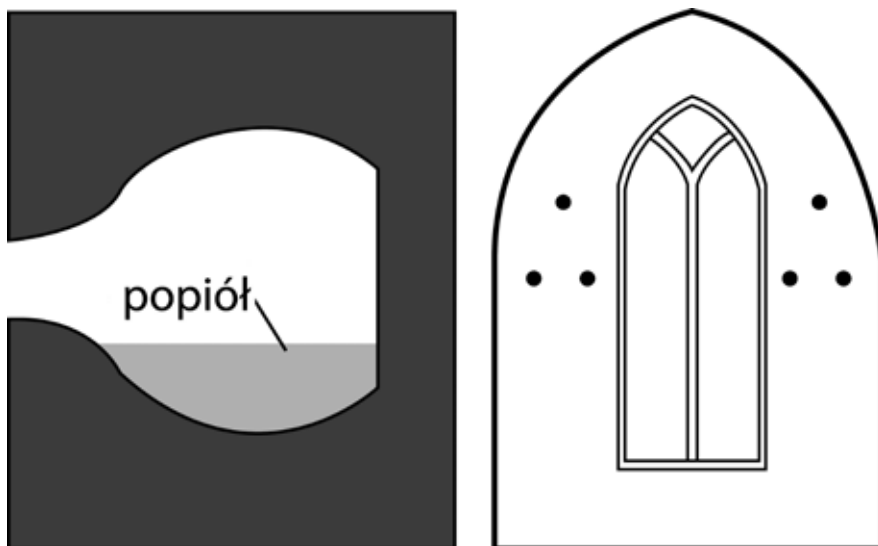
Naczynia wypełniano często piaskiem, aby zmienić częstotliwość rezonansową lub popiołem, w celu zmiany tzw. dobroci rezonatora, czyli sposobu działania, który charakteryzował się zwiększeniem wychwytywanych rezonansów na wybranych częstotliwościach oraz zmniejszeniem na innych, bliskich częstotliwości podstawowej, nie „wychwytyjąc” i nie zmieniając brzmienia częstotliwości podstawowej⁹. Prawidłowe wykorzystanie rezonansu Helmholtza polega na nastrojeniu naczynia na pochłanianie częstotliwości dźwięków rezonujących. Najprostszą postacią wzmiankowanego rezonatora jest pusta szklana butelka. Dmuchając do butelki przez szyjkę, słyszymy dźwięk o pewnej częstotliwości. Częstotliwość dźwięku, którą usłyszymy jest częstotliwością rezonansową dla danej butelki, którą butelka jest w stanie „wychwytać”.

9. A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 29-30.



Rys. 3. Rezonator Helmholtza zastosowany w szwedzkim kościele Bjerhesjo. Pokrywa rezonatora wykonana została z dysku dębowego ze specjalnym otworem, pełniącym rolę szyjki rezonatora.

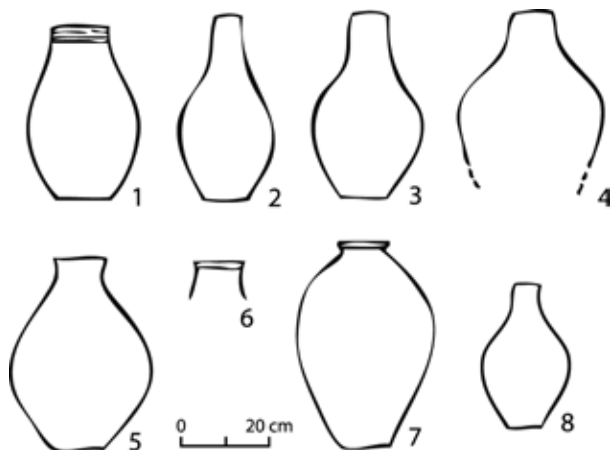
Źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: Cyt. A. Kulowski, *Akustyka sal*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007, s. 32.



Rys. 4. Rezonator Helmholtza zastosowany w szwedzkim kościele Marii Panny w Swendborg. Rezonator wypełniono popiołem w celu poprawienia jego własności akustycznych.

Źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 32.

Naczynia, których zadaniem było kształtowanie akustyki obiektów sakralnych znajdują się w różnych świątyniach na przestrzeni wieków na całym świecie, począwszy od czasów starożytnej Grecji i Rzymu, poprzez Bizancjum aż po średniowieczne kościoły znajdujące się na terenie Europy. Często miały one bardzo różne kształty oraz wielkość w zależności od częstotliwości, na które były nastrojone. Naczynia tego typu szczególnie można znaleźć na terenie Bizancjum i prawosławia (używane są we współczesnym, prawosławnym budownictwie cerkiewnym), gdzie były stałym elementem wykończenia wnętrza. Ważnym elementem wykorzystania tego rodzaju naczyń w budownictwie sakralnym w ścianach i kopułach, są również korzyści poza muzyczne, ponieważ naczynia te zmniejszają wagę budowli. Rezonatory odnajdowane w obiektach kościelnych o znaczeniu historycznym są prekursorami współcześnie używanych ustrojów akustycznych w formie ceramiki otworowej przymocowanej do ścian lub sufitu otworami do wnętrza pomieszczenia, różnego rodzaju boazerii szczelinowych, perforowanych płyt drewnianych, za którymi znajduje się materiał dźwiękochłonny, nacinanych i perforowanych płyt gipsowo-kartonowych używanych również, jako element wykończeniowy^{10, 11}.



Rys. 5. Różnego rodzaju i wielkości rezonatory Helmholtza stosowane we wczesnośredniowiecznym budownictwie cerkiewnym na Rusi. „1 – Kijów, sobór Uspienski, 2 – Obrucz, cerkiew Wasilija, 3 – Grodno, cerkiew Nizninjaia, 4 – cerkiew w Trubczewsku, 5, 6 – Nowgorod, cerkiew Spasa-Nieriedicy, 7 – Kijów, sobór Sofijski”¹².

Źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 32.

10. Ibidem, s. 32-33.

11. A. Sygulska, *Problemy akustyczne współczesnego budownictwa sakralnego na przykładzie Wotrubakirche i Donau-city-kirche*, „Liturgia Sacra” 2015, Tom 21, nr 2, s. 454.

12. Cyt. za: A. Kulowski, *Akustyka sal...*, s. 32.

Pogłosowość pomieszczeń sakralnych

Pogłosem nazywamy czas, jaki „mija od chwili zamknięcia źródła dźwięków do chwili, gdy zanikną po wielokrotnych odbiciach wszystkie fale wysłane uprzednio przez to źródło. Czas istnienia w przestrzeni fal dźwiękowych niedziałającego już źródła dźwięków nazywamy czasem pogłosu lub rewerberacji. Ponieważ fale dźwiękowe bez przerwy odbijają się od różnych elementów wnętrza z coraz to większą stratą energii i teoretycznie istnieją w przestrzeni nieskończenie długo, przeto jako praktyczny czas pogłosu przyjęto czas mierzony w sekundach, w którym natężenie pola dźwiękowego spada do milionowej części pierwotnej wartości, co odpowiada spadkowi poziomu natężenia o 60 dB¹³.

Pogłosowość pomieszczeń sakralnych wpływa w znacznej mierze na odbiór muzyki organowej jak i zrozumiałości mowy podczas kazania, głoszonego przez kapłana^{14, 15}. Czas trwania pogłosu można już szacować na bazie projektu wstępnego budynku świątynnego, co ma bezpośredni wpływ na całą strukturę budowli sakralnej, dodatkowo czas ten wpływa psychoakustycznie na odczuwalną wysokość dźwięku organów (poczucie wystrojenia instrumentu w zależności od temperatury, wilgotności i kubatury pomieszczenia)¹⁶. Im większa kubatura pomieszczenia tym dłuższy czas pogłosu, ponieważ słyszalny jest przez wiernych dźwięk bezpośredni oraz różnice w czasie dochodzenia dźwięków odbitych od elementów wyposażenia oraz przegród limitujących dane pomieszczenie¹⁷.

Muzyka w kościele oraz zrozumiałość mowy charakteryzuje się zupełnie odmiennymi parametrami akustycznymi, stąd bardzo trudne jest projektowanie architektoniczne wnętrz sakralnych, które muszą spełniać kryteria i parametry obowiązujące dla poprawnej percepcji muzyki oraz mowy¹⁸. Dobranie i ustawienie względem siebie materiałów akustycznych wewnątrz świątyni, które wpływają na czas (długość) pogłosu jest elementem najistotniejszym, ponieważ od elementów wyposażenia pomieszczenia zależy jak wierni będą odbierali wszelkie bodźce akustyczne dochodzące do ich uszu^{19, 20}.

13. Cyt. za: M. Drobner, *Akustyka muzyczna*, Kraków 1973, s. 345.

14. A. Rosiński, *Akustyka wnętrz sakralnych a wrażenie przestrzenności pomieszczenia*, „Przegląd Religioznawczy” 2013, nr 4(250), s. 103.

15. T. Kamiński, K. Kosała, *Akustyka wielofunkcyjna wnętrz sakralnych*, „Czasopismo Techniczne” 2011, nr 2-A/1, s. 116-118.

16. G. Ballou, *Handbook for sound engineers*, Fourth edition, Oxford 2008, s. 160-161.

17. G.S. Kendall, M. Ardila, *The artistic play of spatial organization: Spatial attributes, scene analysis and auditory spatial schemata*, (w:) *Computer Music Modeling and retrieval. Sense of sounds*, R. Kronland-Martinet, S. Ystad, K. Jansen (red.), 4th International symposium, CMMR 2007, Berlin 2008, s. 129.

18. A. Sygulska, *Acoustic Investigations of the Contemporary Churches in Poznań*, „Vibrations in Physical Systems” 2014, Vol. 26, s. 281-287.

19. R. Kramarz, *Czas pogłosu... przed i po adaptacji akustycznej*, „Akustyka” 2014, nr 2, s. 6-7.

20. J. Gyurkovich, *Architektura sakralna – współczesne tendencje w kościołach zachodnim*, „Przestrzeń i forma” 2009, nr 12, s. 175.

Zbyt długi czas pogłosu oznacza nieprawidłowość i wielowątkowość dużej ilości nachodzących na siebie problemów akustycznych o różnej złożoności, natomiast zbyt krótki czas pogłosu należy również traktować, jako zaburzenie, ponieważ krótki czas pogłosu powoduje złe rozchodzenie się dźwięku mowy w przestrzeni, a przez to zły odbiór przez wiernych słów mówionych przez kapłana w dalszych rzędach, poprzez występujące zanikanie dźwięku²¹. Pogłos o długim czasie wybrzmiewania występuje w pomieszczeniach jednoprzestrzennych o dużej kubaturze (wysokich i długich) jak np. kościoły. Materiały sprzyjające wydłużeniu czasu trwania pogłosu, a więc silnie odbijające dźwięk to: beton, tynk, marmur i jego odmiany, parkiet, kafelki ceramiczne, płyta kartonowa lub gipsowa itp.²².

Bardzo duże kościoły, katedry, w których czas pogłosu jest duży wynoszący ponad 3 sekundy, powoduje niską zrozumiałość mowy. Przy pełnym zapełnieniu kościoła wiernymi, wzrasta poprawa komunikatów słownych, lecz w dość wąskim i małym aspekcie, natomiast małe kościoły i kaplice nazywane są kościołami intymnymi ze względu na bardzo dobrą zrozumiałość mowy, wynikłą z krótkiego czasu pogłosu wynoszącego zazwyczaj do 1,5 sekundy.

Zredukowanie czasu pogłosu polega na pokryciu znacznych przestrzeni w kościele tworzywami absorbującymi fale dźwiękowe. Zastosowanie specjalnych rozwiązań akustycznych (płyty perforowane, specjalne absorbery materiałowe, pułapki basowe itp.), gdzie używa się do budowy tych elementów specjalnych włókien z atestami akustycznymi powoduje, że materiał taki znakomicie sprawdza się w wygłuszeniu pomieszczeń sakralnych, pozwalając na uzyskanie, co najmniej dobrych rezultatów akustycznych w domu modlitwy. Czas pogłosu nie jest stały, lecz jest zależny od długości fali dźwiękowej, czyli od wysokości dźwięku, dlatego czas pogłosu może być zupełnie odmienny dla dźwięków o różnej wysokości, na co zawsze należy zwracać uwagę i nie uśredniać pomiarów, lecz wykonując pomiary dla dźwięków o różnej wysokości.

Pomiar dotyczący pogłosowości stosuje się w salach kinowych, teatralnych, lektorskich, koncertowych, operowych itp., lecz pomiar ten na potrzeby kościoła jest niewystarczający i niewłaściwy²³ – wprowadzając zamęt, ponieważ uzyskane dane nie dają faktycznej i rzeczywistej odpowiedzi w zakresie jakości akustycznej domu modlitwy, stąd współcześnie szeroko stosowane metody oceny parametrów pomieszczeń Beranka, Ando, RASTI i impulsowej są niezadowolające i niekompletne. Mimo opracowania wielu różnych metod oceny warunków akustycznych w pomieszczeniach sakralnych, nie istnieje jednolita metoda pozwalająca w jednoznaczny sposób określić jakość akustyczną wszystkich wewnątrz tego typu.

21. B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach – założenia do normy PN, „Materiały Budowlane”*, 2009, nr 8, s. 9.

22. A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki...*, s. 69-70.

23. B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu...*, s. 9-10.

Należałoby, zatem określić jeden wskaźnik globalny, określony za pomocą jednej liczby a nie wielu liczb dla różnych wskaźników, które są niemiarodajne. Na wskaźnik globalny składają się wskaźniki cząstkowe, takie jak wskaźnik: pogłosowy, zrozumiałości mowy, równomierności nagłośnienia, zakłóceń zewnętrznych oraz walorów brzmieniowych muzyki. Wskaźnik globalny jest bardziej odpowiedni do oceny funkcji akustycznych, jakie pełnią i potrzebują kościoły oraz pozwala na rzeczywiste i kompetentne stwierdzenie czy akustyka danego kościoła jest właściwa²⁴.

Istotnym elementem, który może wpływać na zaistnienie niewłaściwego czasu trwania pogłosu są również fale stojące. Fale te powstają w wyniku odbicia dźwięku od przeciwległych ścian lub sufitu i podłogi, które są ustawione względem siebie równolegle. Fala stojąca powstaje w wyniku aktywności akustycznej źródła oraz interferencji fal. Interferencja polega na nakładaniu się fal o podobnej charakterystyce, powodujących nienaturalne wzmocnienie (nakładanie się fal) lub osłabienie (znoszenie się fal)²⁵ wybranych częstotliwości w wyniku odbić dźwięków od powierzchni równoległych (np. ścian), co wyjątkowo degraduje akustykę kościołów w danym miejscu²⁶.

Dobre rozwiązania akustyczne w kościele, które wpływają na poprawę brzmienia kościoła poprzez zmniejszenie ilości odbić, które mogą wpływać negatywnie na czas pogłosu to:

- usunięcie przeszkód dotyczących rozchodzenia się dźwięku w kościele jak np. ścianki i filary, stanowiących swoistego rodzaju limitację rozchodzenia się dźwięku,
- nie umieszczanie ołtarza w zagłębieniach i wnękach o dużej kubaturze, powodujących zaburzenia w rozchodzeniu się głosu mowy kapłana poprzez zniwelowanie dźwięku bezpośredniego,
- praktyczny projekt geometrii stropu, który ma rozbijać, pochłaniać lub odbijać dźwięki niepotrzebne w kierunkach gdzie nie znajdują się wierni,
- praktyczny projekt geometrii stropu charakteryzujący się odpowiednim kształtem, powodujący dobrą słyszalność słów wymawianych przez kapłana, poprzez wykorzystanie wczesnych odbić dźwięku,
- właściwe skonstruowanie stropu nawy głównej, która w zależności od projektu akustycznego kościoła i występujących problemów, które mogą wynikać w jego wnętrzu, charakteryzuje się silną absorpcją lub odbijaniem fal dźwiękowych (w zależności od przewidywań),
- umiejscowienie stropu na właściwej wysokości (średniej), powoduje naturalne rozchodzenie się fal dźwiękowych w przestrzeni, zamocowanie stropu zbyt

24. Z. Engel, K. Kosala, *Acoustic properties of the selected churches in Poland*, „Mechanics” 2005, Vol. 24, No. 3, s. 173-180.

25. H. Kuttruff, E. Mommertz, *Room acoustic*, (w:) *Handbook of Engineering Acoustics*, red. G. Müller, M. Möser, Berlin-Heidelberg 2013, s. 242-248.

26. F.A. Everest, *Podręcznik akustyki*, Katowice 2004, s. 278.

wysoko lub zbyt nisko powoduje za dużą lub za małą ilość rozpraszanego dźwięku, która wpływa niewłaściwie na całokształt odbieranej akustyki pomieszczenia sakralnego²⁷.

Warto pamiętać, że pogłos jest naturalnym i zarazem potrzebnym zjawiskiem występującym w pomieszczeniach zamkniętych. Tworzą go fale dźwiękowe wielokrotnie odbijające się od przegród limitujących dane pomieszczenia, jak np. ściany, strop, sufit, podłoga, co dalej może powodować osłabienie lub wzmocnienie się pewnych wybranych zakresów częstotliwości dźwięku. Przed wiekami dzięki świadomemu wykorzystaniu naturalnego pogłosu, głos kapłana oraz dźwięk organów słyszalny był w całym domu modlitwy, nawet o najokazalszych wymiarach. W kościołach wznoszonych po II Soborze Watykańskim z racji na ich prostą architekturę występuje zjawisko pogłosu, lecz często jest znacznie zaburzone, ze względu na występujące wady architektoniczne, co zmusza do korzystania z elektronicznych systemów nagłaśniających itp.

Problemy akustyczne współcześnie wznoszonych kościołów – konkluzje

Współcześnie wznoszone domy modlitwy (głównie od czasów reformy liturgicznej po II Soborze Watykańskim) nastręczają wiele kłopotów akustycznych, ponieważ nie brzmią tak jak powinien brzmieć kościół, stwarzając właściwą „atmosferę” wewnątrz budynku. Akustyka obiektów sakralnych często jest pomijana przez architektów. Coraz mniejsza liczba godzin przedmiotu „Akustyka” lub całkowity brak wzmiankowanego przedmiotu na kierunkach dotyczących budownictwa i architektury, jest już zauważalny w coraz większej ilości problemów akustycznych występujących w domach modlitwy, co wskazuje, że współczesne kształcenie studentów jest niewystarczające²⁸.

Istnieje swoisty rodzaj pewnej mody w posoborowym budownictwie kościelnym, że współczesne budynki sakralne budowane są na planie różnego rodzaju figur owalnych, co zapewnia bardzo dobre warunki wizualne – nawet np. możliwość otoczenia ołtarza przez wiernych (w wyniku reformy liturgicznej z lat 60. XX w. ołtarze w kościołach powinny być wolnostojące), jednakże takie budynki, charakteryzują się bardzo złymi właściwościami akustycznymi. Budowanie kościoła na bazie figur owalnych, powoduje powstanie niespójnej akustyki, która rozprasza dźwięk dookólnie, wpływając na opóźnienia podczas akompaniowania przez organistę w pieśniach i psalmach oraz na niezrozumiałość mowy kapłana.

27. A. Kulowski, D. Wróblewska, *Czynniki akustyki...*, s. 74-75.

28. Z. Engel, K. Kosała, *Globalny wskaźnik oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych*, (w:) *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA*, Gdańsk, Sobieszewo, 6-10.09.2004 r., Gdańsk 2004, s. 309-312.

Treści mówione są podstawą nauczania kościoła, stąd niezrozumiałość słowa mówionego przez księdza powoduje znaczną degradację Pisma Świętego, które nie jest rozumiane, bądź interpretowane niewłaściwie^{29, 30}.

Stosowanie filarów w kościele zawsze służyło rozbiciu dźwięków dochodzących do filaru, lecz nie zapominajmy, że sam owalny filar może nie działać dobrze, jeżeli na jego powierzchni nie znajdzie się duża ilość drobnych zdobień, która rozproszy dźwięki w różnych kierunkach. Filary również mogą limitować dźwięk, co jest często zapominane, ponieważ dźwięk odbity od filaru może wrócić do punktu początkowego, z którego został wygenerowany, co może prowadzić do niewłaściwych zjawisk akustycznych w kościele.

Wybór niewłaściwych i zarazem najprostszych rozwiązań architektoniczno-budowlanych jest problemem wielu współcześnie wybudowanych świątyń. Niepotrzebne montowanie bardzo drogiego sprzętu elektroakustycznego z modelem przestrzeni dźwiękowej kościoła, który jest od podstaw źle zaprojektowany, nie naprawi wcześniejszych wszystkich błędów, jak często się powszechnie sądzi. Dobranie drewna, z których mają być zbudowane ławki kościelne jest bardzo istotną sprawą, ponieważ od rodzaju drewna oraz profilu i perforacji na oparciach i siedziskach można uzyskać ciekawy efekt akustyczny. Często zarzuca się pewien trudny do rozwiązania problem akustyczny występujący nagminnie w kościołach, że dom modlitwy zupełnie inaczej brzmi, jeżeli jest całkowicie wypełniony (ubrania ludzi pochłaniają dźwięk), niż gdy wypełnienie kościoła jest bardzo małe. Właściwe wybranie drewna do budowy ławek oraz ich profil i perforacja powodują, że niezależnie od wypełnienia kościoła ludźmi akustyka nie zmienia się w drastyczny sposób i jest bardzo podobna, niezależnie od ilości osób będących w kościele³¹.

Pamiętajmy, że to nie technologia cyfrowa i współczesne media, które specjalnie celują w dobre imię Kościoła katolickiego, wpływają na kształt współczesnego kościoła, lecz człowiek poinformowany o wadach i zaletach nowoczesnych technologii architektonicznych i budowlanych, powinien wykorzystywać owe dobrodziejstwa z rozwagą i umiarem, nie stając się ich niewolnikiem. Wprowadzanie instrumentów takich jak gitara, perkusja, flet, skrzypce oraz inne, jako instrumenty akompaniujące podczas Mszy Św. nie jest dobrym rozwiązaniem, ponieważ świadczy o głębokiej laicyzacji oraz szerokim upadku kultury sakralnej, która powinna oczywiście się rozwijać, lecz w sposób zgodny z duchem tradycji religijnej, nigdy nie zapominając skąd się wywodzi, a więc nawiązywać do wymiaru historycznego. Na zakończenie należy przypomnieć, iż II Sobór Watykański w uchwalonej na pierwszej sesji *Konstytucji o Liturgii Świę-*

29. B. Szudrowicz, *Normowanie wartości czasu...*, s. 9.

30. T. Kaminski, K. Kosała, *Akustyka wielofunkcyjna wewnątrz...*, s. 116. Zob. K. Gamber, *Zwróćmy się ku Panu! Zagadnienia dotyczące budownictwa kościelnego i modlitwy zwróconej na wschód*, przeł. G. Kucharczyk, Poznań 1998.

31. K. Leo, *Akustyka kościołów: ławki dźwiękochłonne*, <http://www.akustyka-pro.pl/akustyka-kosciolow-lawki-dzwiekochlone/>, (08.05.2017).

tej (*Sacrosanctum Concilium*) stwierdzał, iż „W Kościele łacińskim należy mieć w wielkim poszanowaniu organy piszczałkowe, jako tradycyjny instrument muzyczny, którego brzmienie ceremoniom kościelnym dodaje majestatu, a umysły wiernych podnosi do Boga i spraw niebieskich”³². Zamiast wprowadzać organy elektroniczne i inne instrumenty tradycyjne do kościoła, warto pisać nowe pieśni i psalmy kościelne ku chwale Pana Boga np. z towarzyszeniem chóru, który rozwija, wzmacnia moralność oraz odpowiedzialność poprzez wspólne wykonanie dzieła i rozprzestrzenianie się muzyki „uduchowionej”. Muzyka kultury sakralnej nie powinna być rozpatrywana kontekstem innych dzieł, danej epoki, które powstawały nawet w tym samym czasie, lecz ten świadomy rodzaj uduchowionej muzyki powinien być interpretowany szerzej poprzez odkrycie i „interpretację poziomu poetyki muzycznej, o ujęcie dzieła w jego ontologicznej pełni, o ujrzenie go również w jego organicznym kontekście i we właściwym dla niego polu wartości”³³. Właściwe rozumienie i interpretacja zarówno słów kapłana jak i muzyki liturgicznej wynika z wpływu dobrze zaprojektowanej akustyki budowli świątynnej, która pozwala osiągnąć cele dźwiękowe oraz pozamuzyczne, wyznaczone przez prawidłowy projekt architektoniczny kościoła.

32. Sobór Watykański II, *Konstytucja o Liturgii Świętej (Sacrosanctum Concilium)*, Wrocław 1997, s. 93.

33. Cyt. za: M. Tomaszewski, *Interpretacja integralna dzieła muzycznego. Rekonesans*, Kraków 2000, s. 65.

Bibliografia:

- Amerio R., *Iotaunum. Analiza zmian w Kościele katolickim w XX wieku*, b.m.w. 2009.
- Ballou G., *Handbook for sound engineers*, Fourth edition, Oxford 2008.
- Bouyer L., *Architektura i liturgia*, przekł. Włodyga P., OSB, Kraków 2009
- Bux N., *Jak chodzić na Mszę i nie stracić wiary*, tłum. Masny M., Kraków 2011.
- Davies M., *Nowa Msza papieża Pawła*, przeł. Maszczyk T., Warszawa 2014.
- Drobner M., *Akustyka muzyczna*, Kraków 1973.
- Engel Z., Kosala K., *Acoustic properties of the selected churches in Poland*, „Mechanics” 2005, Vol. 24, No. 3.
- Engel Z., Kosala K., *Globalny wskaźnik oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych*, (w:) *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA*, Gdańsk, Sobieszewo, 6–10.09.2004 r., Gdańsk 2004.
- Everest F.A., *Podręcznik akustyki*, Katowice 2004.
- Gamber K., *Zwróćmy się ku Panu! Zagadnienia dotyczące budownictwa kościelnego i modlitwy zwróconej na wschód*, przeł. Kucharczyk, Poznań 1998.
- Gühr M., *Ofiara Mszy Świętej. Wykład dogmatyczny, liturgiczny i ascetyczny dla duchowieństwa i świeckich*, tom I, II i III, Warszawa 2012.
- Gyurkovich J., *Architektura sakralna – współczesne tendencje w kościele zachodnim*, „Przestrzeń i forma” 2009, nr 12.
- Hildebrand D. von, *Liturgia a osobowość*, tłum. Grabowska M., Kraków 2014.
- Kamiński T., Kosala K., *Akustyka wielofunkcyjna wewnątrz sakralnych*, „Czasopismo Techniczne” 2011, nr 2-A/1.
- Kendall G.S., Ardila M., *The artistic play of spatial organization: Spatial attributes, scene analysis and auditory spatial schemata*, (w:) *ComputerMusic Modeling and retrieval. Sense of sounds*, red. Kronland-Martinet R., Ystad S., Jansen K., 4th International symposium, CMMR 2007, Berlin 2008.
- Kramarz R., *Czas pogłosu...przed i po adaptacji akustycznej*, „Austyka” 2014, nr 2.
- Kubiak-Pakulska A., *Historyczny wzorzec kościoła rzymskokatolickiego a projektowanie współczesnych świątyń*, niepublikowana rozprawa doktorska, Poznań 2014.
- Kulowski A., *Akustyka sal*, Gdańsk 2007.
- Kulowski A., Wróblewska D., *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Gdańsk 2007.
- Kuttruff H., Mommertz E., *Room acoustic*, (w:) *Handbook of Engineering Acoustics*, red. Müller G., Möser M., Berlin-Heidelberg 2013.
- Kwasniewski P., *Kryzys i odrodzenie. Tradycyjna liturgia łacińska a odnowa Kościoła*, przeł. Kaznowski P., Kraków 2016.
- Leo K., *Akustyka kościołów: ławki dźwiękochłonne*, <http://www.akustyka-pro.pl/akustyka-kosciolow-lawki-dzwiekochlonne/> (08.05.2017).

de Mattei R., *Sobór Watykański II. Historia dotąd nieopowiedziana*, tłum. Orzeszko S., IBP, Ząbki 2012.

Milcarek P., *Historia Mszy. Przewodnik po dziejach liturgii rzymskiej*, „Christianitas” 2009, nr specjalny 41/42.

Milcarek P., Laskowski J. P., Kiernicki B., *Według Boga czy według świata?*, Dębogóra 2011.

Nichols A., *Patrząc na liturgię. Krytyczna ocena jej współczesnej formy*, przeł. Glanz T., Poznań 2005.

Ratzinger J., *Duch liturgii*, przeł. Pieciul E., Poznań 2002.

Rosiński A., *Akustyka pomieszczeń sakralnych a zrozumiałość przekazu słownego*, (w:) *Muzyka sakralna w europejskim przekazie kulturowym. Historia-kryteria-współczesność*, red. Bramorski J., Gdańsk 2012.

Rosiński A., *Akustyka wewnątrz sakralnych a wrażenie przestrzenności pomieszczenia*, „Przegląd Religioznawczy” 2013, nr 4 (250).

Sobór Watykański II, *Konstytucja o Liturgii Świętej (Sacrosanctum Concilium)*, Wrocław 1997.

Sowińska B., *Kształtowanie tożsamości krajobrazów sakralnych*, „Sacrum w krajobrazie. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego” 2012, nr 17.

Sygulska A., *Acoustic Investigations of the Contemporary Churches in Poznań*, „Vibrations in Physical Systems” 2014, Vol. 26.

Sygulska A., *Problemy akustyczne współczesnego budownictwa sakralnego na przykładzie Wotrubakirche i Donaucity-kirche*, „Liturgia Sacra” 2015, Tom 21, nr 2.

Szudrowicz B., *Normowanie wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach – założenia do normy PN*, „Materiały Budowlane” 2009, nr 8.

Tomaszewski M., *Interpretacja integralna dzieła muzycznego. Rekonesans*, Kraków 2000.

Twarowski M., *Metoda projektowania kościoła*, Warszawa 1985.

Wiltgen R.M., *Ren wpada do Tybru. Historia Soboru Watykańskiego II*, Dębogóra 2010.

Zieliński Ch., *Sztuka sakralna. Co należy wiedzieć o budowie, urządzeniu, wyposażeniu, ozdobie i konserwacji Domu Bożego. Podręcznik opracowany na podstawie przepisów kościelnych*, Poznań-Warszawa-Lublin 1960.

Spis rysunków:

Rys. 1. Schematyczne rozmieszczenie glinianych waz rezonansowych we wnętrzu kaplicy Pleterje koło Ljubliany. Rok budowy około 1403, źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 31.

Rys. 2. Schematyczny widok rezonansowej glinianej wazy, zastosowanej we wnętrzu kaplicy Pleterje koło Ljubliany, źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 31.

Rys. 3. Rezonator Helmholtza zastosowany w szwedzkim kościele Bjerhesjo. Pokrywa rezonatora wykonana została z dysku dębowego ze specjalnym otworem, pełniącego rolę szyjki rezonatora, źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 32.

Rys. 4. Rezonator Helmholtza zastosowany w szwedzkim kościele Marii Panny w Swendborg. Rezonator wypełniono popiołem w celu poprawienia jego własności akustycznych, źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 32.

Rys. 5. Różnego rodzaju i wielkości rezonatory Helmholtza stosowane we wczesnośredniowiecznym budownictwie cerkiewnym na Rusi. 1- Kijów, sobór Uspienski, 2- Obrucz, cerkiew Wasilija, 3- Grodno, cerkiew Niżniniaja, 4- cerkiew w Trubczewsku, 5, 6- Nowgorod, cerkiew Spasa-Nieriedicy, 7- Kijów, sobór Sofijski, źródło: Rycina własna opracowana na podstawie: A. Kulowski, *Akustyka sal*, Gdańsk 2007, s. 32.