

Adaptacja wnętrza sakralnego z zastosowaniem akustycznych modułów ceramicznych

DR KLAUDIA GRYGOROWICZ-KOSAKOWSKA

KATEDRA RYSUNKU, MALARSTWA, RZEŻBY I SZTUK WIZUALNYCH, WYDZIAŁ ARCHITEKTURY, POLITECHNIKA POZNAŃSKA

DR INŻ. ARCH. ANNA SYGULSKA

INSTYTUT ARCHITEKTURY I PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO, WYDZIAŁ ARCHITEKTURY, POLITECHNIKA POZNAŃSKA

1. Akustyczny moduł ceramiczny

Ideą opracowania autorskiej koncepcji akustycznego modułu ceramicznego było zaprojektowanie systemu modułów ceramicznych, które będą kształtować akustykę wnętrza [2]. Myśl przewodnią projektu stanowiło plastyczne kreowanie przestrzeni wraz z kształtowaniem własności akustycznych pomieszczenia. Projektowaniu przestrzeni towarzyszy myślenie dwukierunkowe: wizualne, nastawione na indywidualizację przestrzeni, i funkcjonalne, zapewniające komfort akustyczny pomieszczeń. Dzięki takiemu podejściu można kształtować akustykę wnętrza, począwszy od fazy koncepcyjnej, i dostosować własności akustyczne pomieszczenia do jego funkcji.

Przedstawiony w pracy system akustycznych modułów ceramicznych został zaprojektowany dla wnętrza sakralnego. Wybrany obiekt to dolny kościół Chrystusa Króla w Poznaniu, którego wnętrze wymaga nowego wystroju. Prace nad modułem poprzedziły badania akustyczne kościoła, tak aby określić jego warunki akustyczne.

2. Akustyka dolnego kościoła Chrystusa Króla w Poznaniu

Kościół Chrystusa króla jest obiektem dwupoziomowym. Został on zbudowany w latach 1969–1974, a jego architekt to Alfons Kupka. Kubatura wynosi około 315 m². Wnętrze jest jednoprzestrzenne. Ściana prezbiterium została wykończona cegłą klinierową, pozostałe są gładkie, pokryte tynkiem. Okna znajdują się na jednej z bocznych ścian. Podłoga wyłożona jest płytkami kamiennymi. Większość przestrzeni we wnętrzu została zajęta przez drewniane ławki. Na suficie, pomiędzy masywnymi belkami podciągu, ze sklejki utworzono kasetony. We wnętrzu używany jest elektroniczny instrument.

Aby ocenić własności akustyczne wnętrza, wykorzystano prowadzone wcześniej badania akustyczne [6] z zastosowaniem wszechkierunkowego źródła dźwięku, miernika SVAN 945A i programu DIRAC. Użyto karty dźwiękowej Brüel & Kjær ZE-0948 USB. Generowano sygnał e-sweep i dokonano pomiaru: RT, Ts, C₈₀, C₅₀ oraz STI. Na rysunku 1. pokazano widok na prezbiterium, z ustawionym przed ołtarzem wszechkierunkowym źródłem dźwięku.

Pomierzone parametry akustyczne porównano z wartościami zalecanymi dla kościołów w zależności od ich kubatury. Rysunek 2 przedstawia wykres ilustrujący zalecany czas pogłosu. Kolorem ciemnoszarym zaznaczono zalecany czas pogłosu dla kościołów, w których występuje znaczny udział muzyki organowej,

SŁOWA KLUCZOWE

akustyka kościoła, moduł ceramiczny, wystrój wnętrza, architektura wnętrza

KEYWORDS

church acoustics, ceramic modules, interior design, architecture of the interior

dr Klaudia Grygorowicz-Kosakowska

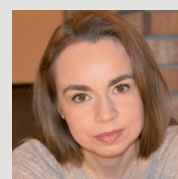


Artysta rzeźbiarz. Absolwentka Wydziału Malarstwa, Grafiki i Rzeźby w Państwowej Wyższej Szkole Sztuk Plastycznych w Poznaniu; dyplom z zakresu rzeźby w Pracowni prof. Józefa Kopczyńskiego. W 2010 r. obroniła doktorat na wydziale

Architektury Politechniki Poznańskiej. Od 2001 r. pracownik Katedry, Rysunku, Malarstwa, Rzeźby i Sztuk Wizualnych Wydziału Architektury Politechniki Poznańskiej. Zajmuje się rzeźbą, medalierstwem i ceramiką funkcjonującą w kontekście architektury.

email: klaudia.grygorowicz-kosakowska@put.poznan.pl

dr inż. arch. Anna Sygulska



Adiunkt na Wydziale Architektury Politechniki Poznańskiej. Jej praca naukowa dotyczy akustyki architektonicznej, a obszar badań obejmuje w szczególności problematykę akustyki sal koncertowych, teatrów operowych i kościołów.

Prowadzi badania obiektów istniejących za pomocą aparatury akustycznej, jak również wykonuje symulacje własności akustycznych pomieszczeń za pomocą specjalistycznego oprogramowania.

email: anna.sygulska@put.poznan.pl

STRESZCZENIE

Zaprezentowano autorski pomysł ceramicznego systemu modułowego. Projekt wykonano dla konkretnego wnętrza sakralnego w celu poprawy własności akustycznych i wizualnych. W ramach systemu zaprojektowano dwanaście modułów o własnościach akustycznych odpowiednio odbijających, rozpraszających i pochłaniających dźwięk. Modułowy system ceramiczny stanowi spójną koncepcję plastyczną, zapewniającą możliwość płynnego przejścia w obrębie systemu pomiędzy kształtkami o różnych własnościach akustycznych. Charakter projektowanego systemu ceramicznego został dostosowany do sakralnego wnętrza, przyjmując za motyw płomień. W pracy przedstawiono proces projektowania systemu, począwszy od badań akustycznych, przez linearny projekt, uszczegółowienie koncepcji, wykonanie modeli, aż po całościowy projekt wnętrza.

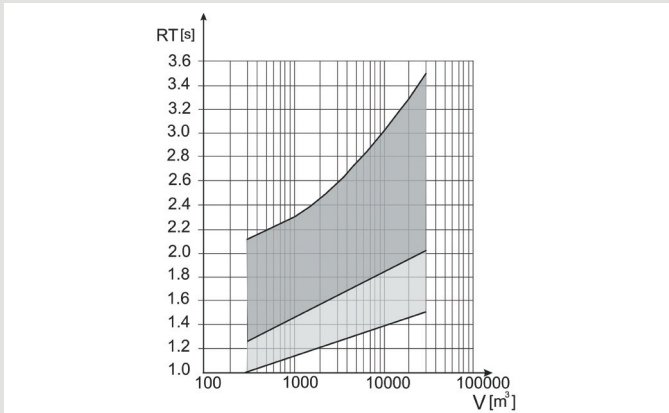
SUMMARY

Adaptation of a sacred interior with acoustic ceramic modules

The paper presents the authors' own idea of a module ceramic system. The design was prepared for a specific sacred interior in order to improve acoustic and visual properties. The system includes twelve modules with sound reflective, diffusive and absorptive acoustic properties, respectively. A module ceramic system is a consistent artistic concept which ensures a fluent transition within the system between its modules with different acoustic properties. The character of the designed acoustic system was adjusted to the sacred interior with a flame as its motive. The paper presents the designed system, from acoustic investigations, to the linear design, details of the concept, and preparations of modules to the complete design of the interior.



Rys. 1. Widok na strefę prezbiterium, w trakcie badań akustycznych.



Rys. 2. Zalecany czas pogłosu dla kościołów, opracowane na podstawie [1].

natomiast kolorem jasnoszarym – dla takich, gdzie najistotniejszy jest przekaz słowny.

Czas pogłosu został zdefiniowany jako pierwszy spośród parametrów akustycznych. Zjawisko to opisał Wallace Clemente Sabine jako element ogłoszonej przez niego ok. roku 1900 statystycznej teorii pola akustycznego w pomieszczeniu [4]. Czas pogłosu RT (*ang. Reverberation Time*) jest to czas, po którym poziom natężenia dźwięku zmaleje o 60 dB po wyłączeniu ciągłego źródła dźwięku. Określa się go na podstawie krzywej zaniku dźwięku. Pomiarów dokonuje się w pasmach oktawowych. W praktyce pomiar następuje w zakresie od 5 dB do 35 dB poniżej poziomu początkowego i jest mnożony razy dwa (określany jako T30).

Czas pogłosu pomieszczenia można obliczyć ze wzoru Sabine'a (1):

$$RT = \frac{0,161V}{S\alpha_{sr} + A_0} \quad (1)$$

gdzie: RT – czas pogłosu [s]

V – objętość pomieszczenia [m³]

S – pole powierzchni wewnętrznej pomieszczenia [m²]

α_{sr} – średni współczynnik pochłaniania dźwięku (2)

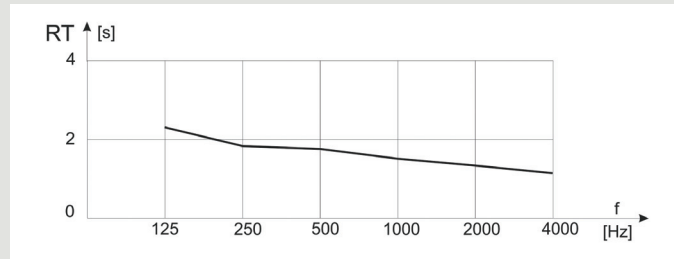
A_0 – chłonność akustyczna obiektów znajdujących się w pomieszczeniu

$$\alpha_{sr} = \frac{\sum_i \alpha_i S_i}{\sum_i S_i} \quad (2)$$

Średni czas pogłosu w tym kościele wynosi RT = 1,6 s, a zalecany dla kościołów o tej kubaturze zawiera się w przedziale od 1,0 s do 2,1 s. Zmierzony czas pogłosu w funkcji częstotliwości pokazano na rysunku 3.

Jest widoczne, że zalecany czas pogłosu mieści się w wartościach pożądanych. Na odpowiednią wartość danego parametru w tym wnętrzu wpływ ma mała kubatura, która jest typowa dla kaplic.

Kolejny ze zbadanych parametrów – czas środkowy T_s (*ang. Center Time*) – jest współrzędną na osi czasu środka ciężkości



Rys. 3. Wykres czasu pogłosu RT w funkcji częstotliwości.

echogramu (3). Wykorzystuje się go do oceny przejrzystości brzmienia muzyki. Oblicza się go ze wzoru [4]:

$$T_s = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} t p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad [s] \quad (3)$$

Zmierzona średnia wartość parametru $T_s = 135$ ms, podczas gdy zalecana wartość tego parametru wynosi od 60 ms do 100 ms. W przypadku, gdy wewnątrz wykorzystywane jest na potrzeby muzyki organowej, dopuszcza się, aby wartość wynosiła do 180 ms.

Kolejny parametr – C_{80} (*ang. Clarity*) – stosuje się do określenia jakości brzmienia muzyki. Chodzi o zdolność do rozróżniania szczegółów odbieranego utworu muzycznego. Określa on w mierze logarytmicznej stosunek energii dźwięku docierającego do punktu pomiarowego w czasie pierwszych 80 ms do energii dźwięku docierającego po 80 ms. Definicja poniżej:

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{80ms} p^2(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} p^2(t) dt} \quad [dB] \quad (4)$$

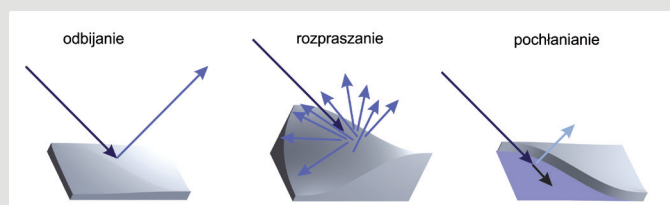
Parametr C_{80} zgodnie z zaleceniami w literaturze uśredniono dla 0,5; 1; 2 kHz [8]. C_{80} dla pierwszych rzędów wynosi od -0,7 do 0,3 dB, natomiast dla ostatnich od -1,7 do -1,6 dB. Zgodnie z zaleceniami dla kościołów parametr ten dla pierwszych rzędów powinien wynosić od 3 do 8 dB [8].

Następny parametr, wskaźnik przejrzystości C_{50} , definiowany jest analogicznie do C_{80} i stosuje się go do oceny zrozumiałości mowy. Z pomiarów oblicza się ważoną wartość współczynnika C_{50} . Pasma oktawowe 0,5; 1; 2; 4 kHz mnoży się przez współczynnik wagowy wynoszący odpowiednio 0,15; 0,25; 0,35; 0,25 dla każdego pasma i uzyskane w ten sposób wyniki sumuje się. Zaleca się, aby tak obliczony parametr $C_{50} > -2$. W badanym wnętrzu średnia wartość $C_{50} = -3,7$ dB, natomiast zakres zmienności wynosi od -2,7 do -5,5 dB.

Parametr do oceny zrozumiałości mowy to STI (*ang. Speech Transmission Index*). Jego wartość wynosi od 0 do 1, gdzie 0 oznacza zupełny brak zrozumiałości mowy, natomiast 1 idealną zrozumiałość mowy. W badanym wnętrzu dla głosu kobiecego średnia wartość STI = 0,52, natomiast dla głosu męskiego jest ona zbliżona, gdyż STI = 0,51. Są to wartości oceniane jako akceptowalne.

3. Kształtowanie akustyki wnętrza

Można kształtować akustykę wnętrza poprzez dobór materiałów odpowiednio odbijających, rozpraszających i pochłaniających (rys. 4.). Ze względu na czasowo-przestrzenną strukturę pierwszych odbić materiał odbijający stosowany jest za źródłem dźwięku, aby uzyskać jego wzmocnienie. Tymczasem materiał pochłaniający – naprzeciwko źródła, aby przeciwdziałać potencjalnemu zjawisku echa



Rys. 4. Ilustracja fali dźwiękowej, która ulega odpowiednio odbiciu, rozpraszaniu i pochłanianiu.

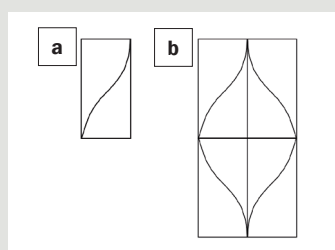
[4]. Natomiast struktury rozrzeźbione są stosowane, aby rozprzyszczyć dźwięk i zapewnić jego równomierną propagację. Ponadto ważna jest nie tylko struktura powierzchni, ale rodzaj materiału. Wspomniany wcześniej współczynnik pochłaniania dźwięku α zawiera się w granicach od 0 do 1. Gdy $\alpha = 0$, to padająca na powierzchnię fala zostaje w całości pochłonięta. Dla danego materiału współczynnik pochłaniania zależy od częstotliwości dźwięku. Wartości współczynnika podaje się typowo dla pasm oktawowych wynoszących 125; 250; 500; 1000; 2000; i 4000 Hz [1].

Zamysłem projektu było stworzenie modułów ceramicznych tworzących system spójny pod względem plastycznym, w ramach którego pojawiają się wyroby mające odpowiednio odbijać, rozpraszać i pochłaniać dźwięk.

4. Projekt modułu ceramicznego we wnętrzu sakralnym

4.1. Miniaturowe modele

Pierwszy etap prac stanowiło wykonanie linearnych rysunków proponowanych wzorów ceramicznego modułu. Po dokładnym zwymiarowaniu projektowanej przestrzeni prezbiterium z wielu szkicowych propozycji wybrano formę płomienia. Linearny rysunek jednego wyrobu poprzez dopełnienie lustrzanym odbiciem po powieleniu i odwróceniu tworzy płomień. Tak więc, rysunek płomienia budują cztery moduły. Na rysunku 5. widoczna jest koncepcja rysunkowa projektowanego modułu ceramicznego.

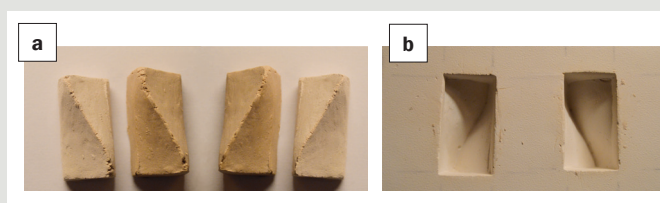


Rys. 5. Koncepcja rysunkowa modułu ceramicznego budującego kształt płomienia, 5a - moduł ceramiczny, 5b - wzór powstały z powielenia modułu.

Następnie linearny rysunek został uprzestrzenniony ze względu na własności akustyczne, które kształtka ma pełnić. Tak więc, formowano odpowiedni moduł płaski mający odbijać dźwięk, rozrzeźbiony o właściwościach rozpraszających i ażurowy, który ma dźwięk pochłaniać. Kształtki odbijające i rozpraszające projektowane są z myślą o utworzeniu kompozycji na ścianie prezbiterium. Tymczasem ze względu na czasowo-przestrzenną strukturę pierwszych odbić moduł pochłaniający projektowany jest z myślą o tylnej ścianie. Dla zobrazowania możliwości kombinacji przestrzennych struktur wykonano małe gliniane modele w skali 1:10. Następnie dla powstałych 12 modułów wykonano gipsowe formy negatywowe (rys. 6.), a z każdej z nich pozyskano po 25 kształtek, które zostały wypalone.

4.2 Projekt prezbiterium

Pierwszy etap prac nad wnętrzem dolnego kościoła obejmował zaprojektowanie prezbiterium, dla którego wymiary modułu to 16,5 ×

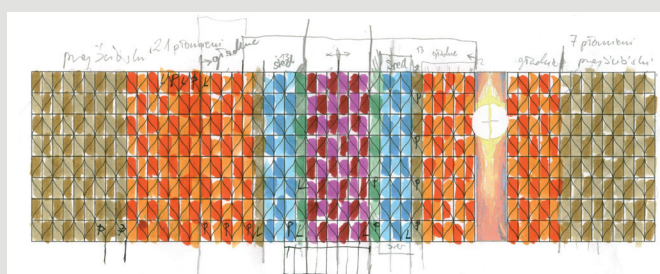


Rys. 6. a) model modułu ceramicznego, na dwóch zewnętrznych modelach widoczny jest skurcz materiału, gdy wyrób jest wysuszony b) forma negatywowa wykonana z gipsu ceramicznego.

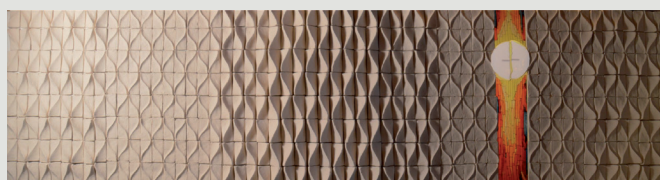
33 cm. Aby możliwa była praca z tak wieloma rodzajami kształtek, każda z nich otrzymała swój kolor i symbol (tabela I). Następnie ułożono kompozycję, poczynając od modułów najbardziej rozpraszających w centrum układu. Dodatkowo zaprojektowano witraż, wyodrębniając w ten sposób strefę tabernakulum. Szkic ukazujący rozkład modułów pokazano na rysunku 7.

Tab. 1. Zestawienie używanych modułów.

nazwa kafała wg STL	opis modułu	kolor	symbol
30 LEWY	ODBIJAJĄCY - PŁASKI	żółty	30 L
30 PRAWY	ODBIJAJĄCY - PŁASKI	niebieski	30 P
95 LEWY	ROZPRASZAJĄCY - NISKI	niebieski	95 L
95 PRAWY	ROZPRASZAJĄCY - NISKI	niebieski	95 P
95 NA 30 LEWY	ROZPRASZAJĄCY - NISKI,	brązowy	95/30 L
95 NA 30 PRAWY	ROZPRASZAJĄCY - NISKI,	brązowy	95/30 P
170 LEWY	ROZPRASZAJĄCY - WYSOKI	niebieski	170 L
170 PRAWY	ROZPRASZAJĄCY - WYSOKI	niebieski	170 P
170 NA 95 LEWY	ROZPRASZAJĄCY - WYSOKI, PRZEJŚCIÓWKA	niebieski	170/95 L
170 NA 95 PRAWY	ROZPRASZAJĄCY - WYSOKI, PRZEJŚCIÓWKA	niebieski	170/95 P



Rys. 7. Szkic obrazujący rozkład modułów.



Rys. 8. Model prezbiterium.

Na podstawie szkicu z wypalonych miniaturowych modułów utworzono model prezbiterium w skali 1:10. Dodatkowo wykonano projekt witraża i tabernakulum, aby przedstawić całościową kompozycję prezbiterium (rys. 8.).

4.3. Funkcja akustyczna modułu ceramicznego

Kolejnym etapem pracy było stworzenie dwunastu glinianych modeli poszczególnych modułów, które wykonane zostały w skali 1:1, tak aby dostosować proporcje uprzestrzennienia wyrobu co do jego wielkości. Dzięki swojej uproszczonej formie zaprojektowany moduł daje możliwości wielu kombinacji przestrzennych.

Aby wykonać wirtualne modele kształtek w programie Rhino, po dokładnym zwymiarowaniu i wykonaniu rysunków technicznych, dane zostały wprowadzone do komputera. Program Rhino umożliwia stworzenie modelu kopyta, które jest niezbędne do wykonania negatywowej formy sztuczkowej, do wycięcia na frezarce 3D. Po wybraniu materiału ceramicznego, z jakiego będzie wykonywana kompozycja, trzeba sporządzić próby i obliczyć skurcz materiału [7]. Na podstawie obliczeń skurczu, który towarzyszy procesowi wysychania i wypału w programie Rhino, koryguje się wymiary kopyta, z którego powstanie forma negatywowa.

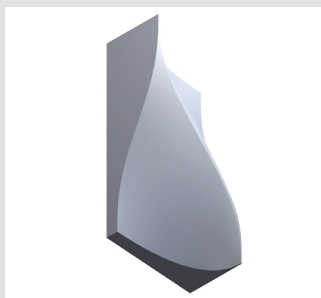
Na podstawie stworzonych modeli wykonano wizualizacje kształtek. Moduł odbijający (rys. 9.) jest prawie płaski, różnica wysokości w obrębie struktury wynosi 3 cm. Pod względem akustycznym właściwością płaskiego wyrobu jest odbijanie dźwięku. Natomiast ze względu na czasowo-przestrzenną strukturę pierwszych odbić materiał odbijający stosuje się za źródłem dźwięku, aby uzyskać jego wzmocnienie.



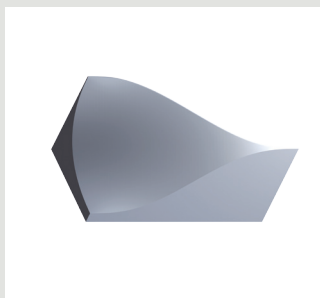
Rys. 9. Moduł odbijający.

Kolejne dwa moduły zostały rozrzeźbione. Pod względem akustycznym struktury te są stosowane, aby rozproszyć dźwięk i zapewnić jego równomierną propagację. W zależności od stopnia uprzestrzennienia różny jest wpływ modułu na akustykę. Im głębsza jest struktura, tym większy zakres częstotliwości ulega rozproszeniu. Struktura o głębokości kilku centymetrów rozpraszać będzie częstotliwości wysokie, natomiast struktury

rzędu kilkunastu centymetrów dają rozproszenie w szerszym zakresie częstotliwości. W obrębie struktur rozpraszających zaprojektowano dwa główne moduły – rozpraszający niski (rys. 10.) i rozpraszający wysoki (rys. 11.). Ponadto, ze względu na spójność kompozycji zaprojektowano dwa moduły łączące system tzw. „przejściówki”, w których jeden z boków jest niższy, a przeciwny – wyższy. Dzięki temu można łączyć moduły o różnych wysokościach.



Rys. 10. Moduł rozpraszający niski.



Rys. 11. Moduł rozpraszający wysoki.

Moduł pochłaniający (rys. 12.) został zaprojektowany z myślą o ścianie przeciwległej w stosunku do prezbiterium. Materiał pochłaniający stosowany jest naprzeciwko źródła, aby przeciwdziałać potencjalnemu zjawisku echa. Pochłaniające oddziaływanie modułu

polega na tym, że zaprojektowano system ażurowy, za którym znajduje się materiał pochłaniający dźwięk. Materiałem, który można umieścić w tym systemie, jest na przykład filc. W tabeli II podano wartości współczynnika α dla różnych materiałów. Widać, że filc jest tworzywem pochłaniającym dźwięk, szczególnie w zakresie średnich i wysokich częstotliwości.



Rys. 12. Moduł pochłaniający.

Tab. 2. Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku.

Lp.	Materiał	Współczynnik pochłaniania dźwięku α częstotliwość [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
1.	Tynk c-w	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
2.	Panele drew.	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10
3.	Cegła klinkierowa	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
4.	Płyty marmurowe	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
5.	Filc na ścianie	0,09	0,29	0,61	0,75	0,85	0,89

4.4. Prototyp modułu ceramicznego

Na podstawie modeli wykonanych w programie Rhino na frezarce 3D wycięto dwanaście kopyt z płyty MDF (rys. 13. i rys. 14.). Każda forma kopyta została indywidualnie doszlifowana, aby dokładnie odwzorować projekt. Następnie z gipsu ceramicznego wykonano sztuczkowe formy negatywowe, które służą powieleniu ceramicznej kompozycji przestrzennej [3]. Bardzo ważny jest odpowiedni dobór materiału, z jakiego będzie powielona struktura. Z uwagi na znaczną wysokość modułów rozpraszających (najwyższy ma 15 cm) masa ceramiczna powinna być stabilna, czyli po skurczu i wydobyciu z formy negatywowej nie może ulegać zniekształceniu. Wybrana została lejna masa kamionkowa wysokotopliwa, którą uważa się za najbardziej stabilny z materiałów ceramicznych. Skurcz, jaki towarzyszy masie kamionkowej podczas schnięcia i wypału, to około 10% [7]. Wypał wykonano w temperaturze 1240 °C.

Po wykonaniu kilku prób ustalono grubość odlewanych kształtek na 4 do 5 mm, tak aby najwyższe formy nie ulegały deformacji podczas wysychania i wypału.



Rys. 13. Dwanaście kopyt wykonanych z płyty MDF. Widoczna na zdjęciu miarka i kubek obrazują skalę modeli.



Rys. 14. Dwa kopyta wykonane dla modułu „przejściowego”, który łączy wyrób płaski z niskim rozpraszającym.

4.5. Wizualizacja wnętrza

W projektowaniu wnętrza ważna jest całościowa koncepcja i jedność stylu. Na projektowanej ścianie prezbiterium znajduje się witraż, dla którego wyjściowym motywem był płomień. Natomiast inspiracją dla powstania witraża jest opis w Księdze Wyjścia (Wj 3,2) krzewu gorejącego, który płonie, ale się nie spala. Intensywna kolorystyka ma stanowić akcent na monochromatycznej ścianie. Pod wpływem oświetlenia rozróżbiona struktura modułów ceramicznych uzyskuje grę światła i cienia. Witraż, przeciwnie, jest podświetlony i oddziałuje kolorem. Po zaprojektowaniu ściany prezbiterium opracowano tylną ścianę wejściową, na której przyjęto ażurowe moduły z materiałem pochłaniającym w pustych przestrzeniach. Takie rozwiązanie powoduje pochłanianie dźwięku i przeciwdziała niekorzystnym odbiciom do strefy przedniej wnętrza. W czterech oknach, które znajdują się na bocznej ścianie bliżej strefy tabernakulum, zaprojektowano witraże. Ich ideą jest również płomień, który wychodzi ze strefy eucharystycznej w prezbiterium, dlatego jeśli spojrzeć od jego strony w pierwszym z okien witraż jest intensywnie czerwony, natomiast w każdym kolejnym barwy słabną, przyjmując coraz więcej odcieni koloru pomarańczowego i żółtego. W ostatnim, czwartym, oknie przeważają kolory żółte. Takie założenie symbolizuje rozchodzący się na całą kaplicę ogień, który wychodzi ze strefy tabernakulum. Prace nad wnętrzem dopełniono uporządkowaniem kolorystyki. Przyjęto, że tonacja wnętrza będzie utrzymana w ciepłych barwach białej bejcy, tak więc zaplanowano pokrycie nią zarówno ławek, jak i elementów ze sklejkki, która tworzy kasetony na suficie. Podłogę zestawiono bez zmian, z tym że zakłada się, iż może być ona również zmieniona, aby w bardziej spójny sposób wpisać się we wnętrze. W wyobrażeniu końcowego efektu uzyskanego we wnętrzu pomocne są wizualizacje (rys. 15. i rys. 16.).

5. Podsumowanie

W związku ze zwiększającym się oczekiwaniem, aby projektowane wnętrza posiadały dobrze zrealizowaną funkcję akustyczną – co wyraża się między innymi w nowej normie PN-B-02151-4 *Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach* [5] – postanowiono zaprojektować moduł ceramiczny, który nie tylko ukształtuje charakter wizualny wnętrza, ale będzie również materiałem akustycznym. Akustyczny ceramiczny system modułowy jest własnym pomysłem autorek. Wyrób zawiera podstawowy wzór, który przybiera trzy różne formy. Dla modułu o własnościach akustycznych odbijających dźwięk pozostaje on w formie linearnej. Z kolei aby rozprasząć dźwięk, kształtkę uprzestrzenia się do wysokości od kilku do kilkunastu centymetrów. Zaproponowano dwa moduły mocno rozróżbione, o zróżnicowanej wysokości, aby uzyskać większą liczbę kombinacji struktur, które mają za zadanie rozprasząć dźwięk. Różnica wysokości między najbardziej płaskim a najbardziej przestrzennym modułem wynosi 12 centymetrów. Natomiast wyrób pochłaniający dźwięk jest ażurowy, a puste miejsca w ceramice zajmuje materiał absorpcyjny dla dźwięku. Dla wizualnej spójności całej kompozycji



Rys. 15. Wizualizacja wnętrza – widok na prezbiterium z końca kaplicy.



Rys. 16. Wizualizacja wnętrza – widok prezbiterium.

powstały dwa moduły, tak zwane „przejściówki”, które płynnie niwelują różnice wysokości między kształtkami.

W ramach podjętego zadania wykonano projekt całościowej renowacji wnętrza, opracowując zarówno modułowy system ceramiczny, jak również witraże i kolorystykę istniejących we wnętrzu elementów drewnianych. Istotne było dostosowanie projektu do sakralnego charakteru przestrzeni. Dlatego płomień stał się motywem przewodnim dla modułowego systemu ceramicznego. Skala i wielkość modułów zostały dostosowane do wymiarów prezbiterium. Głównym zamysłem projektu było połączenie akustycznego oddziaływania modułu ceramicznego z jego funkcją architektoniczną poprzez kształtowanie estetyki wnętrza.

Projekt wykonano ze środków przyznanych w ramach działalności statutowej na Wydziale Architektury Politechniki Poznańskiej 10/02/DSPB/0028 i 10/02/DSPB/0031. Planowane jest wydanie specjalnych numerów „Zeszytów Naukowych PP” ze sprawozdaniami z badań prowadzonych na Wydziale Architektury, w których znajdują się obszerne fragmenty tekstu prezentujące kolejne etapy prac (lata 2015–2017).

Autorki dziękują dr. inż. Jackowi Jelonkowi za pomoc w wykonaniu modeli w programie Rhino, firmie Noviz za stworzenie wizualizacji i mgr. Jarosławowi Hulbujowi za wykonanie modeli kopyt.

LITERATURA

- [1] Everest F. A., Pohlmann K. C., *Master handbook of acoustics*, Fifth edition, Mc Graw Hill, USA, 2009.
- [2] Grygorowicz-Kosakowska K., Sygulska A., *Projekt akustycznego kafła ceramicznego w architekturze wnętrz*, „Integracja Sztuki i Techniki w Architekturze i Urbanistyce” – Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 2015.
- [3] Husarski R., *Techniki plastyczne w architekturze*, Politechnika Krakowska, 1974.
- [4] Kulowski A., *Akustyka sal, zalecenia projektowe dla architektów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2011.
- [5] PN-B-02151-4:2015, *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2015.
- [6] Sygulska A., *Contemporary two-storey churches – acoustic investigations*, „Journal of Architecture and Urbanism”, Volume 39, Issue 2, Taylor&Francis, 2015.
- [7] Warshaw J., *Praktyczny poradnik ceramika*, Wydawnictwo Arkady, 2000.
- [8] Wróblewska D.; Kulowski A., *Czynniki akustyki w architektonicznym projektowaniu kościołów*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2007.