„Wychowanie w Rodzinie” t. XXXI (2/2024)

nadesłany: 20.07.2024 r. – przyjęty: 14.10.2024 r.

Ernest ZAWADA*

Sztuki plastyczne w dialogu z matematyką. Wzajemne inspiracje edukacyjne

Fine arts in dialogue with mathematics. Mutual educational inspirations

Abstrakt

Cel. Celem niniejszego artykułu jest ukazanie – z perspektywy artysty plastyka i zarazem pedagoga – możliwości integrowania wiedzy matematycznej ze sztukami plastycznymi, a przede wszystkim z architekturą, rzeźbą i malarstwem w odniesieniu do wybranych dzieł. Przedmiotem analizy są wzajemne relacje nauki i sztuki, czyli rzecz o wpływie matematyki na sztuki wizualne.

Metody i materiały. Zastosowano metodę analizy dokumentów, wskazano na przykłady analizy dzieł plastycznych i obiektów architektonicznych w ujęciu historycznym pod kątem matematyzacji ich struktury, kompozycji itd. Mogą one stanowić inspirację do poszukiwania przez nauczycieli własnych rozwiązań w zakresie łączenia sztuki z matematyką

* **e-mail: ezawada@ubb.edu.pl**
Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Humanistyczno-Społeczny, Instytut Pedagogiki, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Polska
Bielsko-Biala University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Institute of Pedagogy, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland
ORCID: 0000-0002-2168-2528

na różnych etapach edukacyjnych. Integracja matematyki z analizą sztuki rozwija także zdolności poznawcze i twórcze uczniów.
Wyniki i wnioski. Zrozumienie, jak pojęcia matematyczne wpływają na tworzenie i odbiór dzieł sztuki, rozwija umiejętności analityczne i problemowe, a także stymuluje kreatywność. Uczniowie uczą się nie tylko stosować zasady matematyczne, ale także rozumieć ich praktyczne znaczenie i wpływ na otaczający ich świat. Połączenie matematyki i sztuki doprowadziło do powstania wielu dzieł o wyjątkowej głębi i pięknie, które nie tylko zachwycają estetyką, ale również pobudzają intelektualną ciekawość. Matematyka i sztuka to dwa obszary działalności ludzkiej, które pozostają ze sobą w harmonii, tworząc nowe możliwości wyrażania artystycznego, ale także podnoszenia kompetencji matematycznych, rozwijania umiejętności obserwacji, analizy, syntezy i krytycznego myślenia. Integracja interdyscyplinarnego podejścia w nauczaniu matematyki może prowadzić do głębokiej transformacji w sposobie, w jaki uczniowie postrzegają ten przedmiot i angażują się w jego naukę.

Słowa kluczowe: edukacja, matematyka, sztuki plastyczne, integracja, geometria, pedagogika.

Abstract
Aim. The aim of this article is to show, from the perspective of an artist and a teacher, the possibility of integrating mathematical knowledge with visual arts, and above all with architecture, sculpture, and painting in relation to selected works.
Methods and materials. The method of document analysis was used, examples of the analysis of works of art and architectural objects from a historical perspective were indicated in terms of the mathematization of their structure, composition, etc. They can be an inspiration for teachers to search for their own solutions in combining art with mathematics at various educational stages.
Results and conclusion. Understanding how mathematical concepts influence the creation and reception of works of art develops analytical and problem-solving skills and stimulates creativity. Students learn not only to apply mathematical principles, but also to understand their practical significance and their impact on the world around them.The combination of mathematics and art has led to the creation of many works of exceptional depth and beauty, which not only delight with their aesthetics, but also stimulate intellectual curiosity. Thus, mathematics and art are two areas of human activity that are in harmony with each other, creating new opportunities for artistic expression, but also for improving mathematical competences, developing the skills of observation, analysis, synthesis, and critical thinking. Integrating an interdisciplinary approach to mathematic education can lead to a profound transformation in the way students perceive and engage with the subject.

Keywords: education, mathematics, fine arts, integration, geometry, pedagogics.

Wprowadzenie

We współczesnym świecie obserwuje się szeroką i ciągle postępującą matematyzację różnych sfer działalności człowieka. Proces ten, ukryty za komputeryzacją i informatyzacją, często nie jest jeszcze dostatecznie uświadomiony i zauważony. Równocześnie – w większym lub mniejszym zakresie – człowiek funkcjonuje w przestrzeni sztuki, która jest wyjątkową formą jego aktywności, zarówno w wymiarze odbiorczym, jak i wykonawczym. Jak pisze Jerzy Vetulani (2011), „[…] badawczy wysiłek neurobiologów, pedagogów i teoretyków sztuki wykazał, że sztuka, jej odbiór i tworzenie, są immanentnymi i swoistymi cechami natury ludzkiej i są czynnikami aktywizującymi całość działania mózgu. Uczenie się odbioru sztuki i produkowania sztuki rozwija naszą uwagę poznawczą, a wraz z nią wszystkie aspekty poznawcze naszego mózgu" (s. 13). Zdaniem Kingi Czerwińskiej (2017), sztuka „[…] ma moc formowania kanonu wartości, uwrażliwia na problemy i buduje postawy społeczne, pobudza zmysły i daje impuls do satysfakcji estetycznej" (s. 103).

Dynamika zmian ekonomicznych, społeczno-kulturalnych i cywilizacyjnych skłania do refleksji zarówno nad znaczeniem edukacji artystycznej w wychowaniu i edukacji dzieci i młodzieży, jak i do poszukiwania powiązań pomiędzy światem liczb, symboli, technicyzacją różnych dziedzin życia a przygotowaniem młodych ludzi do życia we współczesnej rzeczywistości poprzez kontakt ze sztukami plastycznymi, takimi jak: malarstwo, rzeźba, architektura, grafika i in. Umożliwienie integralnego rozwoju wszystkich sfer osobowości dzieci i młodzieży wymaga przyjęcia stanowiska głoszącego, że matematyka jako dziedzina nauki i sztuka

> […] nie tylko nie są sobie przeciwstawne, lecz są podobne i wzajemnie się uzupełniają. Można nawet zaryzykować twierdzenie, że nauka też jest sztuką. Jest sztuką poznawania i budowania gmachu wiedzy ludzkiej. Walory estetyczne budowanych w nauce teorii, a przede wszystkim walory estetyczne pewnych struktur matematycznych dorównują nieraz pięknu najwybitniejszych dzieł sztuki (Misiek, 2010, s. 211).

Z drugiej strony, na gruncie naukowym rozważane jest zagadnienie matematyki w sztuce. W tym kontekście matematyka traktowana jest jako swoiste narzędzie do osiągania celów artystycznych. Analizowane są wzajemne inspiracje matematyki i sztuki, przy czym inspiracje matematyczne w sztuce są bardziej widoczne, bezpośrednie i czytelne (Orlikowski, 2018). Stereotypowy pogląd, że nauka i sztuka to przeciwstawne dziedziny aktywności, odchodzi w przeszłość. Przemiany paradygmatyczne zachodzące we współczesnej edukacji, polegają – miedzy innymi – na odchodzeniu od tradycyjnego, przedmiotowego nauczania na rzecz znacznie szerszej idei, którą oznaczono akronimem – STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*), w której myśl do nauk matematycznych, przyrodniczych i technicznych dołącza się również element art. Sztuka traktowana jest w edukacji jako pełnoprawna dziedzina, prowadząca do poznawania świata i rzeczywistego rozwoju dzieci i młodzieży (Minchberg, 2018). Edukacja STEAM, wdrażana do praktyki edukacyjnej od najniższych szczebli edukacji (Bojarska-Sokołowska, 2021), pozwala na integrację wiedzy z różnych dziedzin nauki, a realizowane projekty zakładają samodzielne lub zespołowe poszukiwanie przez dzieci/uczniów konkretnych informacji w wybranym obszarze edukacji z wykorzystaniem różnych źródeł wiedzy oraz poszukiwanie praktycznych sposobów zastosowania wiedzy pozyskanej na drodze badawczej, a nie jedynie przyswojenie podanej przez nauczyciela wiedzy z różnych obszarów (Trojańska, 2018). Wykorzystanie zasobów, środków i narzędzi sztuki w pracy z dziećmi i młodzieżą w powiązaniu z innymi przedmiotami w szkole, w tym z matematyką, może stać się skutecznym sposobem wspierania środowiska edukacji, którego celem powinno być prowadzenie ucznia do kreatywności i rozwijania krytycznego myślenia (Minchberg, 2018) oraz do całościowego doświadczania świata.

Zadaniem autora niniejszego opracowania jest ukazanie – z perspektywy artysty plastyka i zarazem pedagoga – możliwości integrowania wiedzy matematycznej ze sztukami plastycznymi, a przede wszystkim z architekturą, rzeźbą i malarstwem. Przytoczone w dalszej części tekstu przykłady analizy dzieł plastycznych i obiektów architektonicznych w ujęciu historycznym pod kątem matematyzacji ich struktury, kompozycji itd. mogą stanowić inspirację do poszukiwania przez nauczycieli własnych rozwiązań w zakresie łączenia sztuki z matematyką na różnych etapach edukacyjnych.

Geometria, liczby, proporcje w sztukach plastycznych

Sytuacja współistnienia w przestrzeni życia i edukacji tak odmiennych z pozoru dziedzin, a zarazem przedmiotów szkolnych, jak plastyka i matematyka, skłania do postawienia pytania o możliwość i charakter „dialogowania" między nimi. We współczesnym świecie nieustannie mówi się o dialogu i jego konsekwencjach. Niezależnie od tego, na gruncie jakich dziedzin wiedzy występuje, podkreśla się potrzebę jego prowadzenia w sposób interdyscyplinarny. W tak rozumianym dialogu rolę „interlokutora" mogą spełniać różnorodne przekazy kulturowe, takie jak: literatura, muzyka, sztuka, film itp. W odniesieniu do podjętej w artykule problematyki chodzi zatem o podkreślenie – w procesie dialogowania sztuk plastycznych i matematyki – z jednej strony wzajemnych powiązań, „cech wspólnych", z drugiej strony – o zachowanie ich odmienności i specyfiki. W przypadku sztuk plastycznych widzenie i odbiór rzeczywistości estetycznej bywają bardzo często ograniczone do subiektywno-emocjonalnych, w których nie obowiązują żadne reguły, a jedynym kryterium oceny jest wrażenie. Jednakże realia są zgoła odmienne. Tak jak w świecie natury obowiązują logiczne jej zasady, tak też jest w estetyce. Z kolei w przypadku matematyki, w świadomości wielu ludzi często przeważa błędne postrzeganie jej jako zalgorytmizowanej dyscypliny nauki, w której istotę stanowi odtwórczość i schematyzm. Bardzo często jest potocznie rozumiana tylko przez pryzmat doświadczeń szkolnych, czy zastosowań w życiu, jako nauka o liczbach albo o figurach. Przytoczone niżej egzemplifikacje powiązań i „dialogowania" pomiędzy sztukami plastycznymi a matematyką wynikają przede wszystkim z oglądu i analizy oryginalnych dzieł przez autora tekstu, który jest jednocześnie artystą plastykiem. Są one także przedmiotem opisu w literaturze poświęconej całościowo historii sztuki lub analizie wybranych okresów w historii sztuki (por.: Gombrich, 2008; Koch, 2023; Libicki, 2022; Makowiecka, 2008; i in.).

Zarówno w muzyce, jak również w sztukach wizualnych, tj. plastyce i architekturze, obowiązuje zasada rytmu, czyli powtarzalności elementów. Jest ona widoczna już w malowidłach naskalnych, występujących w grotach takich jak Altamira czy Lascaux. Znany jest fryz płynących jeleni, przedstawiający stado tych zwierząt przekraczających rzekę. Jego twórca oprócz szeregowego przedstawienia zwierząt potrafił uchwycić ich stan psychiczny oraz nieznaczne różnice w usytuowaniu zwierząt. Kompozycje pasowe z rytmicznymi formami obrazkowymi stanowią podstawę komunikacji w czasach starożytnych, występują zarówno w polichromiach grobowych Egiptu, jak również reliefach świątyń oraz hieratycznych, demotycznych czy hieroglificznych ideogramach. To najprostszy sposób komunikacji obrazkowej, informujący o ówczesnych realiach, występujący w porządku chronologicznym. Typowymi przykładami układów pasowych są malowidła, ilustrujące ucztę z grobowca Nebamona oraz przedstawienia pasterzy wołów z grobu Horemheba w Dolinie Królów. Podobnego typu obrazowania występują też w mastabie Ptahotepa w Sakkarze, a także w świątyni królowej Hatszepsut w Deir el Bahari i mastabie dostojnika Ti. Podobnie schematyczne, mocno zgeometryzowane kompozycje o układach rzędowych występują jednocześnie w sztuce Mezopotamii, czego przykłady stanowią: *Sztandar z Ur*, datowany na 2600 r. p.n.e., a także *Stella sępów*, pochodząca z 2450 r. p.n.e. oraz reliefy z pałacu króla Asurbanipala w Niniwie i Dariusa Wielkiego w Persepolis. Rytmizacja poprzez powielenia układów figuratywnych występuje ponadto w bizantyjskich izokefaliach, najczęściej mozaikowych, powstałych w Rawennie czy Konstantynopolu. Rytmizacje występują takżew szeregu przedstawień rzeźbiarskich, najczęściej w formie płaskorzeźb lub reliefów, są ściśle połączone i harmonizują z elementami architektonicznymi w postaci fryzów lub metop obrazujących sceny mitologiczne w antycznej Grecji. Wszelkiego rodzaju układy rytmiczne występują jednak przede wszystkim jako elementy konstrukcyjne w budowlach wznoszonych od czasów prehistorycznych do współczesności. Pochodzące z epoki neolitu aleje menhirów, zachowane najbardziej okazale w miejscowości Carnac w Bretanii we Francji, to wbite w ziemię i usytuowane szeregowo głazy kamienne, występujące w równych odstępach od siebie i posiadające kilkumetrową wysokość na długości około jednego kilometra. Megalityczne rytmizacje pojawiają się również jako kromlechy w formach okręgów kamiennych. Najbardziej znany tego typu układ znajduje się w miejscowości Stonehenge w dzisiejszej południowej Anglii. Również przypisywana kulturze łużyckiej osada w Biskupinie stanowi przykład zabudowy tego typu, ponieważ składała się ze 105 budynków, połączonych ze sobą, mających powierzchnię około 70–80 m^2. Architektura starożytnego Egiptu wykształciła formę podpory belkowania stropu w postaci kolumny okalającej wieńcem rytmicznie uszeregowanym wewnętrzną część świątyni. Kolumna ma znaczenie przede wszystkim konstrukcyjne, ale też estetyczno-dekoracyjne. Owa ozdobność nawiązuje do roślin typowych na danym terenie: palm, papirusów czy lotosu. Szczytowym rozwiązaniem inżynieryjno-artystycznym są kolumny greckie, które następnie występują w różnorakich wariantach stylistycznych, zarówno w Bizancjum, romanizmie, gotyku, renesansie, baroku, klasycyzmie, jak i w czasach współczesnych (jako żeliwne odlewy, stosowane najczęściej w otwartych przestrzeniach budowli dworców kolejowych).

Najstarszym z greckich obiektów stanowiących przykład matematyzacji w sztuce może być porządek kolumny doryckiej. Odpowiada on proporcjom postaci mężczyzny, ponieważ ma krępą i masywną formę. Jej zamiennikiem bywa czasem rzeźbiona postać Atlasa, podtrzymującego strop. Podstawę kolumny stanowią trzy stopnie świątyni o nazwie stereobat. Ona zaś opiera się o najwyżej usytuowany z nich czyli stylobat. Trzon składa się z modułów, precyzyjnie dopasowanych do siebie. Należy zaznaczyć, że wszystkie one były pierwotnie wykonywane ręcznie. Wysokość modułu jest równa długości promienia okręgu kolumny u podstawy. Trzon jest kanelurowany czyli żłobkowany, co daje dodatkowy efekt rytmizacji, a jednocześnie różnicuje strukturę powierzchni tej podpory, przypominając fałdy tuniki lub chitonu. Ma ona ponadto zwężenie optyczne, powodujące jej wysmuklenie, występujące w jednej trzeciej jej wysokości. W porządku doryckim stosowano najczęściej od 8 do 12 modułów. Zwieńczenie stanowi głowica – inaczej kapitel – składająca się z kwadratowej płytki o nazwie abakus i okrągłej, kamiennej „poduszki” – inaczej echinus. Kolumna dorycka wspiera belkowanie, składające się z architrawu gładkiego oraz fryzu, zdobionego tryglifami i metopami.

Z kolei porządek joński obecny w architekturze greckiej odpowiada proporcjom postaci kobiety. Jest bardziej smukły i wyrafinowany. Kolumna ta bywała również zastępowana postacią tzw. kariatydy, występującej jako rzeźba w oplatającym jej ciało chitonie. Portyk boczny z kariatydami znajduje się w świątyni Erechtejon na Akropolu. Sama kolumna posiada bazę, czyli stopę, składającą się z trzech pierścieni. Zwieńczenie kanelurowanego trzonu stanowi kapitel z wolutami – inaczej ślimacznicami – które jako typowo jońskie motywy swym kształtem odnoszą się do symboliki kobiecości i rodzicielstwa. W architekturze greckiej woluty usytuowane są symetrycznie, przypominając także zwój, natomiast w antycznym Rzymie stosowano głowicę przekątniową, gdzie woluty występują w czterech narożach kapitelu. Porządek joński posiada od 12 do 14 modułów. Głowica kolumny podpiera belkowanie, składające się z uskokowego architrawu i jednolitego, rzeźbionego fryzu. Najbardziej smukłą grecką podporę stanowi kolumna koryncka, mająca najbardziej zdobny kapitel, składający się ze stylizowanych liści akantu i małych wolut. Ma ona od 14 do 16 modułów.

W architekturze starożytnego Rzymu porządki greckie są wykorzystywane bardziej jako ozdoby, a nie elementy konstrukcyjne. Wyróżniamy zatem:

– porządek rzymsko-dorycki,
– rzymsko-joński,
– rzymsko-koryncki,
– kompozytowy, czyli łączony.

Rzymianie stosowali również porządek toskański – często jako rytmizujące formy ozdobne w postaci półkolumn lub pilastrów, występujących pomiędzy arkadami, w poszczególnych kondygnacjach budowli, zazwyczaj czterech, dających tzw. spiętrzenie porządków. Układy kolumnowe w świątyniach greckich oplatały pojedynczym lub podwójnym wieńcem kolumn wnętrza tych budowli. Są to tzw. peripterosy, dipterosy lub monopterosy. Wyjątek stanowi archaiczny układ świątyni – *templum in antis* – będący prototypem portyku, ponieważ słupy kolumnowe występują w niej jako para pomiędzy antami, czyli ścianami bocznymi. Świątynie greckie wznoszono najczęściej na podłużnych układach, mających w podstawie prostokąt. Otaczające je kolumny zestawiano w proporcjach – parzyste, występujące w fasadzie i z tyłu, do nieparzystych, znajdujących się po jej bokach. Przykładowo, w świątyni Partenon występuje proporcja ośmiu kolumn w stosunku do siedemnastu, co – podwojone – daje w sumie liczbę pięćdziesiąt. W budowlach rzymskich podstawę wszelkich konstrukcji stanowił łuk pełny, będący formą półokręgu, składającego się w rzeczywistości z dopasowanych do siebie ciosów klińcowych, z których główny stanowił tzw. zwornik, albo klucz, występujący na jego zwieńczeniu. Kamienny układ tego typu potrzebował solidnych podpór będących filarami. Łuki stosowano w różnego rodzaju budowlach, przede wszystkim użyteczności publicznej, takich jak: akwedukty, teatry, amfiteatry, cyrki, odeony i bazyliki. Oparte o geometryczną konstrukcję łuki wykorzystywano w różnych typach sklepień. Najczęściej realizowane to kolebkowe lub krzyżowe. Są one wykorzystywane później z nieznacznymi modyfikacjami w architekturze bizantyjskiej i romańskiej jako sklepienia kolebkowe na pasach czy też grurtach albo sklepienia kolebkowe z lunetami. Jednocześnie, przekrycie kopułowe w różnych stylach posiada swe zróżnicowania i modyfikacje. W Rzymie stosowano ponadto sklepienie żaglaste oraz tzw. klasztorne. W architekturze bizantyjskiej jest to kopuła wsparta na pendentywach, czyli trójkątach sferycznych, usytuowanych z czterech stron czaszy kopuły właściwej, a w islamie kopuła o charakterystycznych, cebulastych kształtach. Cechą typową architektury bizantyjskiej są układy centralne, oparte o podstawy: krzyża greckiego, kwadratu i koła, często przenikające się wzajemnie.

Architektura wczesnochrześcijańska, czerpiąca wzorce stylistyczne z budowli antycznych, szczególnie chętnie przysposobiła sobie bazylikę, która wcześniej pełniła funkcję hali targowej, a nawet sądowej. Dla chrześcijaństwa po roku 313 n.e. była i jest świątynią, gdzie mogły się odbywać nabożeństwa dla dużej liczby wiernych. Swój charakter użytkowo-funkcjonalny opiera o proporcje wynikające z liczb, które z kolei w konkretnych jej elementach posiadają jednocześnie wymowę symboliczną. Bazylika ma najczęściej trzy nawy. Główna jest wyższa i szersza od bocznych, co stanowi nawiązanie do Trójcy Świętej. Ma także trzy wejścia, w tym zakresie również zachowane są podobne proporcje. Główne – dominujące, a boczne – mniejsze. Zakończona jest półokrągłą apstydą, gdzie pierwotnie znajdował się tron biskupa lub tabernakulum. W niej również są umieszczone trzy półokrągło zwieńczone otwory okienne. Wewnątrz budowli, pomiędzy nawami, są rozmieszczone filary lub kolumny, podtrzymujące całość konstrukcji. Występują po sześć pomiędzy nawami, co daje sumę dwunastu, odpowiadającą liczbie apostołów. Zadaniem kolumn, tak jak filarów, jest podtrzymywanie gmachu kościoła. Układ bazylikowy z czasem ulega dalszym modyfikacjom poprzez dodanie transeptu czyli nawy poprzecznej, dającej nowy plan świątyni opartej o proporcje krzyża łacińskiego. W architekturze romańskiej zostaje on wzbogacony w fasadzie o dwie wieże, flankujące po bokach fasadę, dzięki czemu układ krzyża zespala się niejako w bryłę, przypominającą postać kobiety i wyrażając tym samym ideę Matki Kościoła. Romanizm w konstrukcjach budowli sakralnych wprowadza także tzw. system wiązany, w którym kwadratowi nawy głównej odpowiadają cztery mniejsze kwadraty naw bocznych. Wiązanie dotyczy również połączonych filarów i sklepień krzyżowych. W architekturze gotyckiej układy bazylikowe zostają zachowane. Wprowadza się jednak typ świątyni halowych, które również mają trzy nawy, jednak tej samej wysokości i szerokości. Transept zostaje przesunięty w środkową część świątyni, dzięki czemu wydłuża się prezbiterium, które z kolei wzbogaca się o ambit, czyli obejście, połączone z tzw. wieńcem kaplic, z których największa i najbardziej znacząca jest centralna kaplica mariacka, poświęcona Matce Boskiej.

Platoński zamysł określania rzeczywistości idealnej, mającej swe niedoskonałe odzwierciedlenie w tej realnej, przewiduje istnienie bytów słabszych, czyli takich, które doskonaląc się wewnętrznie stale wznoszą się ku górze, osiągając w konsekwencji swój najwyższy pułap, w odniesieniu do kategorii prawdy, dobra i piękna. Wizualnym odzwierciedleniem schematycznym owego przekonania jest forma trójkąta równobocznego. Jej analizą zajmował się między innymi starożytny myśliciel Pitagoras. Uznana była za doskonałą, ponieważ ma wszystkie boki równe, zamykające się w jedną całość.

Każdy z nich można podzielić na trzy równe odcinki, a następnie połączyć je wewnątrz figury liniami równoległymi. Z owego podziału powstanie układ dziewięciu wewnętrznych, mniejszych o jedną trzecią w skali dziewięciu trójkątów równobocznych, których suma wierzchołków da liczbę dziesięć, co z kolei daje możliwość dokonywania wszelkich operacji arytmetycznych, a owe podziały można mnożyć w nieskończoność. W mniemaniu starożytnych figura ta odzwierciedla logiką porządku wszechświata postrzeganego jako mikro- i makrokosmos. Kompozycja tego typu

> […] ma charakter zamknięty, a figurą wyznaczającą jej ramy jest trójkąt, przy czym może być ramowo ograniczona forma tej figury lub tylko się zawierać w trójkącie. Ten sposób organizacji przestrzeni był popularny w czasach antycznych, szczególnie w okresie hellenistycznym, kiedy wiele dzieł rzeźbiarskich, jak „Grupa Laokona" czy „Byk Farnezyjski" było skomponowanych na zasadzie trójkąta. W okresie renesansu z upodobaniem stosował go Leonardo da Vinci (typowym przykładem takiej kompozycji są „Mona Lisa", „Święta Anna Samotrzeć") oraz Rafael Santi, opierający na tym schemacie swoje niezliczone Madonny. Wspomniany motyw kompozycyjny był również dość popularny w okresie baroku. Trójkąt równoboczny, którego linie stanowią jedność trzech takich samych wielkości, stał się symbolem trójjedynego Boga. Ponieważ w trójkącie tym każdy bok jest elementem pośredniczącym i jednoczącym dla dwóch pozostałych, owa troistość ukazuje się, jako jedność. Uwydatnia się to jeszcze bardziej, jeśli trójkąt opisuje koło (Forstner, 1990, s. 59).

Z koncepcją poszukiwania ideału w formach geometrycznych wiąże się również symbolika okręgu, będącego graficznym wyobrażeniem nieskończoności. Jak pisze Dorothea Forstner (1990),

> […] już w czasach starożytnych uważano, iż koło jako powracająca do siebie samej linia, której wszystkie punkty są równo oddalone od centrum, jest nie tylko najprostszą, ale także najdoskonalszą figurą. W kole nie ma niczego „przed" ani „poza", niczego, ani większego ani mniejszego. Łączy ono największy spokój z najbardziej napiętą siłą i dlatego jest obrazowym pełni i doskonałości. Ponieważ nie ma ani początku, ani końca, jest obrazem wieczności. Z koła można uzyskać wszystkie inne figury geometryczne (s. 65).

Figura ta od czasów prehistorycznych była jednocześnie symbolem kobiecego piękna, kojarzonego z przekazywaniem życia i rodzicielstwem. Stąd w neolicie oraz epoce brązu występuje szereg znaków odzwierciedlających kształt gwiazdy wpisanej w okrąg, form spiralnych lub rozetowych. Symbolika ta zostaje następnie przejęta przez chrześcijaństwo, stanowiąc odniesienie do postaci Matki Boskiej (np. w wielu fasadach katedr gotyckich w postaci witraży przypominających kwiat róży). W estetyce koło stanowi jeden z istotnych układów kompozycyjnych. Ernest Zawada (2006) pisze:

> Kompozycja w kole polega na takim skomponowaniu poszczególnych elementów, by tworzyły figurę zbliżoną do koła. Kompozycja taka może być dosłownie obwiedziona kołem bądź przedstawiać element, który ma formę koła albo owalu. Bardzo często może przyjmować charakter ornamentalny, tworząc rozetę, której istotą jest układ centralny i symetria. Przykładami tego typu kompozycji są motywy kwiatowe, solarne lub gwiazdy. Kompozycja w kole była popularna w czasach renesansu, określa się ją nawet specjalnym terminem „Tondo". Stosowano ją nie tylko w malarstwie, ale też i architekturze (s. 58).

Kompozycje odśrodkowe, zachowujące kształt okręgu, są domeną wszelkiego rodzaju form rękodzielniczych. Aktualnie jedną z najbardziej charakterystycznych jest koronka koniakowska, której tradycja wytwarzania ma już ponad sto lat. Umiejętność jej wykonywania była – według przekazów – pierwotnie prezentowana na zajęciach szkolnych dziewczętom w trakcie tzw. robotek ręcznych. W monarchii austro-węgierskiej, której częścią był Śląsk Cieszyński, tradycje i obowiązki dworskie przenoszono na niwę edukacyjną. Koronka koniakowska posiada kształt okręgu i składa się z drobnych, wykonywanych oddzielnie elementów. Są to zazwyczaj interpretacje wziętych z natury motywów kwiatowych, stąd ich regionalna, gwarowa nazwa „róziczki". Wszystkie są „heklowane" szydełkiem. Każdy element jest osobno „liczony", co oznacza, że realizacja jednego motywu wymaga od splatającego nici odpowiedniej liczby ruchów szydełkiem. Z kolei wszystkie różnorodne, gotowe elementy, również liczone, muszą pasować do siebie, gdyż tylko dzięki temu jest możliwy ich stały uporządkowany przyrost. Istnieje też możliwość, aby większe realizacje koronczarskie były wykonywane nie przez jedną osobę, ale kilka. Stąd inicjatywa stworzenia w Koniakowie rekordowej, największej koronki na świecie. Ma ona kilka metrów średnicy i stanowi autentyczne dzieło sztuki rękodzielniczej i zdobniczej.

Ornament, czyli zdobina, oparty o formę koła stanowi jeden z najbardziej typowych, powtarzalnych układów kompozycyjnych, mających charakter dekoracyjny. Najczęściej tworzą go motywy roślinno-organiczne, figuralno-zoomorficzne oraz geometryczno-abstrakcyjne. Występują one najczęściej w sztuce islamu i Dalekiego Wschodu i wyrażają sobą ideę porządku wszechświata. W indyjskiej mandali zyskuje to szczególny wyraz, jako że wykorzystywane są w niej drobiny piasku. Proces jej tworzenia opiera się o harmoniczny rozwój, by w konsekwencji ulec zniszczeniu. Organiczność motywów mandali symbolizuje świat natury, którą należy logicznie okiełznać, uprawiając jako ogród, albo budując jako „urbis" i „orbis" jednocześnie, wpisaną w ramy geometrii wykreślnej, przenikających się wzajemnie okręgów i kwadratów. Podobną zasadę porządkowania rzeczywistości natury i łączenie jej z elementami architektury pałacowej można zobaczyć w sztuce europejskiego baroku. Przykładem są projektowane na osi symetrii założenia ogrodowe Wersalu, Poczdamu czy Wilanowa.

Graficzne ujęcie kolejnej figury geometrycznej, tj. kwadratu, jest przedstawione w znanym szkicu Leonarda da Vinci *Homo kwadratus*, prezentującym postać człowieka wpisanego w koło i kwadrat. Człowiek, humanista, wpisany jest w logikę wszechświata. Jednak kwadrat jako czysta figura estetyczna do początku XX wieku nie występował. To Kazimierz Malewicz – Polak z pochodzenia, działający w Rosji carskiej, a następnie radzieckiej – jako pierwszy stworzył autonomiczne dzieło, przedstawiające „odczucie bezprzedmiotowości" czyli *Czarny kwadrat na białym tle*. Dało to początek rozwojowi jego koncepcji suprematyzmu, czyli dominacji intelektu ludzkiego w sztuce, wyrażającego się jako czysta i „chłodna" abstrakcja geometryczna, transponowana następnie na wiele sposobów w różnych konwencjach stylistycznych: neoplastycyzmu, konstruktywizmu, art déco i minimalizmu, zarówno w sztukach wizualnych, jak i wzorniczo-projektowych, czego konsekwencją jest propagowanie tej idei (za sprawą Bauhausu) aż do czasów współczesnych.

Przykładem geometryzacji w sztuce jest także tzw. zasada złotej proporcji. Złoty podział, zwany też inaczej „złotym cięciem" odcinka i płaszczyzny, to zasada kompozycyjna wywodząca się ze starożytnej Grecji. Jest ona odzwierciedleniem poszukiwań idealnych proporcji i doskonałej harmonii. Zasada ta polega na takim podziale odcinka na dwie części, żeby stosunek części mniejszej do większej był równy stosunkowi części większej do całości odcinka. Wyraża ją liczba ok. 0,618, i na jej podstawie można ułożyć ciąg liczb o stosunkach zbliżonych do złotego podziału w następującym szeregu: 3–5–8–13–21. Złoty podział stanowi akcent kompozycji, któremu podporządkowane są wszystkie inne jej elementy. Złoty podział wzbudził wielkie zainteresowanie w epoce renesansu. Określano go wówczas mianem *wrót harmonii* czy *boskiej proporcji*. Termin ten powstał od tytułu dzieła Luca Pacciolego *De divinaproportione*. Artyści renesansowi wykorzystywali złoty podział w kanonie postaci ludzkiej, kompozycji czy w kształtach płócien. Ponowne zainteresowanie złotym podziałem nastąpiło w XIX wieku, kiedy zauważano, że jest on uniwersalną proporcją tworów przyrody oraz doskonałych dzieł ludzkich. W XX wieku problematyką tą zajmował się m.in. Le Corbusier, a w Polsce Władysław Strzemiński (Zawada, 2006).

Przykładem matematyzacji w postrzeganiu zmysłowym elementów natury, które nie mają typowo geometrycznej struktury, takich jak np. bezkręgowce, chmury, fale morskie, liście paproci, muszle, brokuły itp. są fraktale – obiekty, których fragmenty wyglądają w zbliżeniu jak całość. Można je dowolnie powiększać poprzez powtarzanie modułów, a także określonych operacji matematycznych. Są to obiekty nieskończenie samopodobne, które poprzez multiplikację mogą przybierać różnorakie formy. Jako nietypowe zbiory tworzą nowy rodzaj tzw. geometrii fraktalnej. Można je uzyskiwać poprzez powtarzanie tej samej operacji. Fraktale dzięki samopodobieństwu pomagają w projektowaniu modeli struktur geometrycznych (Olek, 2018).

W projektowaniu reklam współcześnie często wykorzystywane sągrafika wektorowa i rastrowa. Obrazy wektorowe polegają na geometrycznym opisaniu punktów i krzywych, występujących w układzie współrzędnych. Pliki wektorowe wykorzystuje się jako schematy i logotypy. Są one stosowane podczas tworzenia stron internetowych. W grafice rastrowej obrazy muszą być zapisywane jako bitmapy, na których poszczególne piksele posiadają szereg przypisanych sobie parametrów. Grafikę rastrową wykorzystuje się w celu tworzenia fotorealistycznych obrazów w typach: concept art, digital art oraz digital painting.

Przykładem powiązań pomiędzy sztuką a matematyką mogą być także wywodzące się z syntez znaków obrazkowych konstrukcje liternicze. W chwili obecnej dzielą się one na typowo geometryczne i niegeometryczne. System znaków dalekowschodnich ma charakter bardziej swobodnych układów powtarzalnych, wywodzących się z zapisów pikturalnych, tworzonych pierwotnie odręcznie jako ślady tuszu i pędzla pozostawionego na papierze. Pisma alfabetyczne, zarówno łacińskie, jak również cyrylica, wywodzące się ze znaków fenickich, opierają się przede wszystkim o konstrukcje geometryczne. Alfabet łaciński tzw. majuskuł (czyli duże litery) powstał w oparciu o najprostsze układy geometryczne, takie jak: pion, poziom, skos, okrąg, łuk i elipsa. Miarą zasadniczą w ich tworzeniu jest moduł kwadratu i siatki kratek, pozwalających określać proporcje oraz powiększać lub pomniejszać je w skali. Majuskuła rzymska, tzw. kapitała, ma szczególnie wyrafinowany wyraz estetyczny, ponieważ jest pismem dwuelementowym z „szeryfami", czyli ozdobnikami wieńczącymi zazwyczaj ich zakończenia, powstającymi konstrukcyjnie w oparciu o formę koła. Proporcje wszystkich wpisują się w kształt kwadratu, jednak poszczególne z nich zajmują połowę jego szerokości, trzy czwarte lub całość, przy czym ich wysokość pozostaje taka sama. Niektóre z nich powstają w wyniku łączenia układów horyzontalno-wertykalnych oraz diagonalnych, np. A, E, F, H, K, L, M, N, V, Z. Litery: B, C, D, G, O, P, R czy S są przykładem zastosowania układów pionowych i skośnych, a przede wszystkim kolistych i eliptycznych. Warto nadmienić, że finezja tego pisma opiera się o zasady harmonii, proporcji, symetrii i asymetrii. Każda litera posiada swoją wewnętrzną dynamikę, a ich „światła" wewnętrzne i zewnętrzne pozwalają na lepszy ich odbiór i odczyt.

Połączenie matematyki i sztuki doprowadziło do powstania wielu dzieł o wyjątkowej głębi i pięknie, które nie tylko zachwycają estetyką, ale również pobudzają intelektualną ciekawość. W taki oto sposób matematyka i sztuka to dwa obszary działalności ludzkiej, które pozostają ze sobą w harmonii, tworząc nie tylko nowe możliwości wyrażania artystycznego, ale także podnoszenia kompetencji matematycznych, rozwijania umiejętności obserwacji, analizy, syntezy i krytycznego myślenia.

Wzajemne relacje sztuk plastycznych i matematyki jako inspiracja w procesie edukacyjnym

Przytoczone wcześniej przykłady analizy dzieł sztuki i obiektów architektonicznych wskazują na to, jak matematyka i sztuka są ze sobą powiązane. W dziełach sztuki można znaleźć cyfry, punkty, linie, kąty, figury płaskie i przestrzenne, symetrię, perspektywę itd., które są przedmiotem uczenia się w kształceniu zintegrowanym oraz w starszych klasach szkoły podstawowej, jak i w szkołach ponadpodstawowych. Uczniowie uświadamiają sobie, że istota matematyki nie zawiera się wyłącznie w oderwanych od życia pojęciach, liczbach i obliczeniach. Dostrzegają związki *matematyki*, jakiej uczą się na lekcjach, z rzeczywistością społeczną i kulturową. To może wpływać pozytywnie na ich motywację do uczenia się omawianego przedmiotu, który nader często wywołuje u uczących się obawy i lęki ze względu na poziom abstrakcji i trudności. Z prowadzonych nad postawami uczniów wobec matematyki badań (Dąbrowski, 2013; Devine, Dowker, Fawcett, Szücs, 2012; Erdogan, Kesici, 2010) wynika, że wielu z nich sądzi, że nigdy nie zdołają zrozumieć matematyki, co najwyżej są w stanie nauczyć się jej w taki sposób, aby wywołać złudzenie, że ją rozumieją. Spory odsetek młodzieży szkolnej uważa, że matematyka jest tylko zbiorem algorytmów lub niepotrzebnym przedmiotem szkolnym, zawierającym zbyt skomplikowane treści, które powinny znać jedynie osoby pracujące jako np. księgowi. Wielu uczniów wykazuje lęk przed matematyką, co powoduje ich nasiloną niechęć do tego przedmiotu. Co więcej, Urszula Oszwa i Magdalena Bakun (2016) podkreślają, że niechęć do matematyki w niektórych środowiskach jest często transmitowana pokoleniowo i stwarza barierę przed prawdziwym zrozumieniem tej dziedziny wiedzy.

Klucza do zmiany postaw uczniów wobec matematyki jako przedmiotu nauczania można upatrywać we właściwie rozumianej integracji jej treści z innymi przedmiotami i dziedzinami wiedzy, w tym sztukami plastycznymi, która nie ma charakteru pozornego, a polega na prowadzeniu analiz interdyscyplinarnych w obu dziedzinach, tak aby uczniom ukazać możliwie jak najszerzej bogactwo perspektyw interpretacyjnych i wyjaśniających, i w rezultacie integrować ich wiedzę. Jak zauważają Dorota Klus-Stańska i Marzenna Nowicka (2005), „[…] wiedza zintegrowana stanowi dynamiczny system […]. Daje jednostce poczucie kontroli poznawczej nad własnym myśleniem i działaniem […]. Wiedza zintegrowana konstruuje i rekonstruuje sposoby myślenia jednostki, zamiast jedynie uzupełniać pamięciowe zasoby informacji" (s. 205).

Nauczyciele oczekują inspiracji w zakresie powiązań matematyki i sztuk plastycznych. Na rynku wydawniczym pojawiają się publikacje popularyzujące konkretne rozwiązania metodyczne w tym obszarze, takie jak książka *Szkice o geometrii i sztuce: Sztuka konstrukcji geometrycznych* (Majewski, 2013), w której autor – Mirosław Majewski – przygotowuje czytelnika do zrozumienia przykładów sztuki islamu, czy gotyku, i tworzenia własnych dzieł sztuki o geometrycznym rodowodzie. Omawia na jej kartach także rozmaite konstrukcje geometryczne, użyteczne zarówno na lekcjach geometrii w szkole, jak i w pracy artystycznej. Z kolei Maja Kramer (2018) w pozycji *Matematyka jest wszędzie: Rodzinne przygody z matematyką* pokazuje rodzicom, ale i nauczycielom, jak aktywnie odkrywać przyjazną matematykę w codziennym życiu.

Dla przykładu, jednym z głównych zadań edukacji wczesnoszkolnej – zgodnie z aktualnie obowiązująca podstawą programową – jest zapewnienie dzieciom dostępu do wartościowych, w kontekście rozwoju ucznia, źródeł informacji oraz wspieranie poznawania kultury narodowej, odbioru sztuki i rozwijanie potrzeby jej współtworzenia w zakresie adekwatnym do etapu rozwojowego dziecka oraz zaspokojenie potrzeby poznawania sztuki. Edukacja wczesnoszkolna, realizowana z założenia jako kształcenie zintegrowane, stwarza ogromne możliwości w zakresie „dialogowania" matematyki z treściami w zakresie edukacji plastycznej. Treść i zakres ujętych w podstawie programowej osiągnięć matematycznych w odniesieniu do rozumienia stosunków przestrzennych i cech wielkościowych, rozumienia liczb i ich własności, posługiwania się liczbami, a zwłaszcza w zakresie rozumienia pojęć geometrycznych i stosowania matematyki w sytuacjach życiowych oraz w innych obszarach edukacji, w pełni koresponduje z celami edukacji plastycznej w zakresie percepcji wizualnej, obserwacji i doświadczeń, ekspresji twórczej i recepcji sztuk plastycznych. Nazywaniu dziedzin sztuk plastycznych, rozpoznawaniu i nazywaniu podstawowych gatunków dzieł malarskich i graficznych może towarzyszyć aktywność matematyczna, której istota zawiera się w wymienionych wcześniej działaniach na liczbach i pojęciach matematycznych. Poznawanie przez dzieci wybranych dzieł sztuki może wiązać się z określaniem kształtów, wielkości i proporcji, położenia obiektów i elementów, wykrywaniem różnic i podobieństw w wyglądzie tego samego przedmiotu w zależności od położenia i zmiany stanowiska osoby patrzącej na obiekt itd. Kontaktowi dziecka z różnymi dziedzinami sztuki może towarzyszyć:

- inicjowanie jego działań polegających na rozpoznawaniu w naturalnym otoczeniu figur geometrycznych, dostrzeganiu symetrii w sztukach użytkowych, określaniu i prezentowaniu wzajemnego położenia przedmiotów na płaszczyźnie i w przestrzeni,
- porównywanie przedmiotów pod względem wyróżnionej cechy wielkościowej,
- posługiwanie się pojęciami: pion, poziom, skos,
- wykonywanie obliczeń matematycznych.

Duże możliwości w zakresie integrowania edukacji matematycznej i plastycznej daje także wykorzystanie komputera i innych urządzeń cyfrowych do programowania wizualnego przez uczniów w klasach I–III szkoły podstawowej. Dzięki zintegrowanemu podejściu do edukacji małe dzieci naturalnie angażują się we wczesną eksplorację otoczenia poprzez praktyczne, multisensoryczne i kreatywne doświadczenia, rozwijają swoją ciekawość, dociekliwość, krytyczne myślenie i umiejętność rozwiązywania problemów (White, 2004).

Na początku edukacji dzieci, już w przedszkolu, a szczególnie w edukacji wczesnoszkolnej, kluczowe jest stworzenie fundamentów do ich dalszego rozwoju. Na tym etapie nauki ważne jest, aby dzieci miały dostęp do wartościowych źródeł informacji, które wspierają poznawanie przez nie kultury narodowej. Dzięki temu uczniowie zaczynają kształtować swoją tożsamość, co jest niezbędne do ich późniejszego funkcjonowania w społeczeństwie. Jednym z fundamentalnych celów edukacji wczesnoszkolnej jest rozwijanie w dzieciach potrzeby odbioru sztuki oraz jej współtworzenia. Praktyczne działania artystyczne umożliwiają dzieciom wyrażanie siebie oraz zrozumienie otaczającego świata. Istotne jest, aby formy ekspresji artystycznej były dostosowane do etapu rozwojowego uczniów, co zwiększa ich zaangażowanie i motywację do nauki. Edukacja wczesnoszkolna stwarza również możliwość integracji treści matematycznych z artystycznymi. Umiejętności związane z rozumieniem kształtów geometrycznych i stosunków przestrzennych można rozwijać poprzez działania plastyczne, co sprzyja kreatywności i wzbogaca doświadczenia dzieci. Zastosowanie matematyki w kontekście sztuki pozwala na naukę przez zabawę, co jest niezwykle ważne na tym etapie edukacji.

Zgodnie z założeniami podstawy programowej w kształceniu artystycznym uczniów starszych klas szkół podstawowych wszelkie wiadomości dotyczące teorii sztuki oraz jej historii stanowią jedynie uzupełnienie i bazę poznawczą do podejmowanych działań artystycznych, ale nie tylko. W przypadku integrowania plastyki z matematyką uczniowie w trakcie poznawania dziedzin sztuk plastycznych (malarstwo, rzeźba, grafika, architektura itd.), tworzenia różnorodnych układów kompozycyjnych na płaszczyźnie i w przestrzeni, ustalania właściwych proporcji poszczególnych elementów kompozycyjnych, tworzenia układów i aranżacji przestrzennych z różnych elementów itd. mają okazję do poznawania i lepszego rozumienia pojęć i działań matematycznych, co pozwala im na doskonalenie myślenia abstrakcyjnego, a w konsekwencji na naukę przeprowadzania rozumowań i poprawnego wnioskowania w sytuacjach nowych, nietypowych. W tym kontekście analiza wytworów artystycznych może się łączyć z działaniami matematycznymi, polegającymi nie tylko na wykonywaniu obliczeń. Przykładem interdyscyplinarnego nauczania matematyki jest obserwacja geometrii w architekturze, która łączy wiedzę matematyczną z otaczającym światem. Uczniowie mają okazję rozpoznawać i nazywać różnorodne figury geometryczne, takie jak punkt, prosta, półprosta i odcinek, co stanowi fundament dla dalszego rozumienia geometrii. Dzięki analizie elementów architektonicznych, dzieci uczą się identyfikować proste, odcinki prostopadłe i równoległe, co umożliwia im dostrzeganie tych kształtów w praktyce, na przykład na budynkach czy mostach. Podczas zajęć uczniowie mają również szansę wskazywać w kącie ramiona oraz wierzchołek, co pozwala na głębsze zrozumienie pojęcia kątów. Wprowadzanie pojęć: kątów prostych, ostrego i rozwartego, a także ich porównywanie rozwija umiejętności analityczne dzieci i pozwala im dostrzegać różnice między kątami w różnych kontekstach architektonicznych. Dodatkowo, uczniowie uczą się o kątach wierzchołkowych i przyległych, co wzbogaca ich zrozumienie relacji między figurami.

Obserwacja architektury stwarza także możliwość rozpoznawania graniastosłupów prostych, ostrosłupów, walców, stożków i kół, co jest szczególnie inspirujące w kontekście znanych budowli. Uczniowie mogą zobaczyć, jak te figury geometryczne są wykorzystywane w praktyce, co nadaje ich nauce wymiar realny i namacalny. Takie interdyscyplinarne podejście do nauczania matematyki rozwija w dzieciach nie tylko umiejętności matematyczne, ale także kreatywność i zdolność dostrzegania powiązań między różnymi dziedzinami wiedzy. Przez połączenie matematyki z architekturą, dzieci stają się aktywnymi badaczami otaczającego je świata, co wzmacnia ich zainteresowanie nauką oraz umiejętności krytycznego myślenia. Analizując kształty budynków i innych obiektów artystycznych uczniowie rozumieją wpływ matematyki na projekty architektoniczne w ujęciu historycznym i współczesnym. Dodatkowo poznają konteksty kulturowy i społeczny analizowanych dzieł. Z kolei matematyka może stać się istotnym narzędziem w artystycznym procesie wyrażającym się w tworzeniu prac plastycznych, kompozycji, fraktali i omawiania związanych z nimi elementów geometrycznych. Integracja matematyki ze sztukami plastycznymi przynosi liczne korzyści w rozwoju uczniów. Dzięki takim działaniom dzieci mają możliwość rozwijania swojej kreatywności oraz wyobraźni przestrzennej. Praktyczne podejście sprzyja także doskonaleniu zdolności manualnych, co jest niezwykle ważne na etapie wczesnoszkolnym. Ponadto, takie połączenie wspiera logiczne myślenie, umożliwiając uczniom lepsze zrozumienie relacji między różnymi pojęciami. Wreszcie, angażowanie się w aktywności artystyczne sprzyja poprawie pamięci i koncentracji, co ma pozytywny wpływ na ich ogólny rozwój poznawczy.

Zakończenie

Integracja sztuk plastycznych z matematyką buduje pole do wzajemnych licznych inspiracji, które mają ogromne znaczenie w edukacji. Współpraca tych dwóch dziedzin pozwala uczniom dostrzegać nie tylko teoretyczne aspekty matematyki, ale także jej praktyczne zastosowanie w rzeczywistości artystycznej. Wzajemne przenikanie się treści matematycznych i artystycznych tworzy nową jakość nauczania, w której uczniowie rozwijają nie tylko umiejętności analityczne, ale także kreatywność, wyobraźnię przestrzenną i zdolności manualne.

Matematyka – często traktowana jako dziedzina abstrakcyjna i teoretyczna – nabiera nowego wymiaru, gdy zostaje zintegrowana z innymi dziedzinami, takimi jak sztuki plastyczne. To połączenie nie tylko umożliwia uczniom zobaczenie matematyki w kontekście kulturowym i społecznym, ale także ułatwia im zrozumienie jej praktycznych zastosowań w życiu codziennym. Sztuki plastyczne oferują bogate źródło przykładów, które ilustrują zastosowanie matematycznych pojęć, takich jak proporcje, symetria, geometria czy perspektywa. Analiza dzieł sztuki, które wykorzystują te zasady, pozwala uczniom dostrzegać matematyczne struktury i wzorce w kontekście artystycznym. Przykładem może być wykorzystanie zasady złotego podziału w renesansowym malarstwie lub badanie symetrii w architekturze gotyckiej. Takie podejście nie tylko ułatwia zrozumienie matematyki, ale także rozwija umiejętności estetyczne uczniów, kształtując ich zdolność do oceny i interpretacji piękna oraz wartości artystycznych.

Z perspektywy pedagogicznej, integracja sztuk plastycznych z matematyką może również przyczynić się do holistycznego rozwoju uczniów. Zamiast traktować matematykę jako oddzielny, izolowany przedmiot, można ją zintegrować z nauczaniem sztuki, co sprzyja tworzeniu bardziej złożonych i zintegrowanych struktur wiedzy. Taki interdyscyplinarny model nauczania wspiera rozwój umiejętności krytycznego myślenia, analizy i syntezy informacji, co jest kluczowe w współczesnym świecie. Sztuki plastyczne mają fundamentalne znaczenie dla pełnego rozwoju intelektualnego uczniów. Zaniedbanie tego aspektu w edukacji oznacza ograniczenie ich możliwości rozwijania kreatywności, zdolności analitycznych oraz umiejętności estetycznych. Dlatego też wdrażanie interdyscyplinarnych podejść w nauczaniu matematyki, które uwzględniają sztuki plastyczne, staje się kluczowym elementem nowoczesnej edukacji. Umożliwia to uczniom nie tylko lepsze zrozumienie i aplikację matematyki, ale także rozwija ich umiejętności artystyczne i kulturowe, przygotowując ich do funkcjonowania w złożonym, zintegrowanym świecie.

Bibliografia

Bojarska-Sokołowska, A. (2021). Wykorzystanie STEAM-owego projektu w kształtowaniu wybranych pojęć geometrycznych u przedszkolaków. *Problemy Wczesnej Edukacji*, *1(52)*, 98–112. DOI: 10.26881/pwe.2021.52.07.

Czerwińska, K. (2017). Sztuka jako narzędzie budowania relacji między człowiekiem a naturą. *Studia Etnologiczne i Antropologiczne*, *17*, 103–114.

Dąbrowski, M. (2013). *(Za) trudne, bo trzeba myśleć?: O efektach nauczania matematyki na I etapie kształcenia*. Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.

Devine, A., Dowker, A., Fawcett, K., Szücs, D. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety [Różnice płci w matematyce, lęk i jego związek z wynikami w matematyce przy kontrolowaniu lęku przed testem]. *Behavioral and Brain Functions*, *8(33)*, 1–9. DOI:10.1186/1744-9081-8-33.

Erdogan, A., Kesici, S. (2010). Mathematics Anxiety According to Middle School Students': Achievement Motivation and Social Comparison [Lęk przed matematyką według uczniów gimnazjum: Motywacja osiągnięć i porównanie społeczne]. *Education*, *131*, 54–63.

Forstner, D. OSB. (1990). *Świat symboliki chrześcijańskiej: Leksykon*. Warszawa: Instytut Wydawniczy Pax.

Gombrich, E. H. (2008). *O sztuce*. Poznań: Dom Wydawniczy Rebis.

Klus-Stańska, D., Nowicka, M. (2005). *Sensy i bezsensy edukacji wczesnoszkolnej*, Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.

Koch, W. (2023). *Style w architekturze: Arcydzieła budownictwa europejskiego od antyku po czasy współczesne*. Warszawa – Ożarów Mazowiecki: Wydawnictwo Świat Książki.

Kramer, M. (2018). *Matematyka jest wszędzie: Rodzinne przygody z matematyką*. Warszawa: Wydawnictwo eFundacja.

Libicki, M. (2022). *Kościół i sztuka chrześcijańska pierwszych wieków*. Poznań: Zysk i S-ka.

Majewski, M. (2013). *Szkice o geometrii i sztuce: Sztuka konstrukcji geometrycznych*. Toruń: Wydawnictwo Aksjomat.

Makowiecka, E. (2007). *Sztuka grecka*. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

Minchberg, M. (2018). Edukacja przez sztukę: Artysta w szkole. *Edukacyjna Analiza Transakcyjna*, *7*, 221–232. DOI: 10.16926/eat.2018.07.13.

Misiek, J. (2010). Sztuka i nauka. *Estetyka i Krytyka*, *17–18*, 203–211.

Olek, J. (2018). Matesztuka. *Kultura Współczesna. Teoria. Interpretacje. Praktyka*, *3(102)*, 160–175. DOI: 10.26112/kw.2018.102.13.

Orlikowski, C. (2008). Matematyka i sztuka. *Studia Elbląskie*, *9*, 165–176.

Ornes, S. (2018). Sztuka z liczb. *Świat Nauki*, 9, 59–63.

Oszwa, U., Bakun, M. (2016). Czego się Jaś nie nauczy, tego Jan nie będzie umiał? Życiowa zaradność matematyczna polskich dorosłych w świetle badań PIAAC. W: V. Tanaś, W. Welskop (red.). *Edukacja w zglobalizowanym świecie* (ss. 639–654). Łódź: Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Biznesu i Nauk o Zdrowiu.

Trojańska, K. (2018). STEAM-owe lekcje. *Meritum*, *4(51)*, 8–14.

Vetulani, J. (2011). *Mózg: Fascynacje, problemy, tajemnice*. Kraków: Wydawnictwo Homini.

White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? [Czym jest edukacja STEM i dlaczego jest ważna?]. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, *1(14)*, 1–8. Pobrane z: http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf.

Zawada, E. (2006). *Nauka rysunku: Ucz się od polskich mistrzów*. Bielsko-Biała: Wydawnictwo Park.