

Design and realization of a prototype model of VIP Box LED based on additive printing

Grzegorz Polak¹, Michał Dziergas², Artur Ficek³, Damian Kolny^{4*}, Robert Drobina⁵

¹ *University of Bielsko-Biala, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, grzegorz.polak@op.pl*

² *University of Bielsko-Biala, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, michal.dziergas79@gmail.com*

³ *University of Bielsko-Biala, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, arturficek00@gmail.com*

⁴ *University of Bielsko-Biala, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, dkolny@ubb.edu.pl*

⁵ *University of Bielsko-Biala, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Poland, rdrobina@ubb.edu.pl*

* *Corresponding author, dkolny@ubb.edu.pl*

Abstract: The article describes the course of the process of implementing activities related to the design, modeling and production of a static spatial object, constituting the visual identification of the scientific group VIP - Virtual Industrial Production. The text contains a description of the individual stages and tasks leading to the production of the object in question, using virtual 3D design and 3D printing technology using the FDM method. PLA filament was used to produce the elements constituting the components of the prototype.

Keywords: rapid prototyping, 3D printing; static spatial object; modern production technologies;

Projekt i realizacja prototypu modelu VIP Box'u LED w oparciu o technologię druku addytywnego

Grzegorz Polak¹, Michał Dziergas², Artur Ficek³, Damian Kolny^{4*}, Robert Drobina⁵

¹ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, grzegorz.polak@op.pl*

² *Uniwersytet Bielsko-Bialski, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, michal.dziergas79@gmail.com*

³ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, arturficek00@gmail.com*

⁴ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, dkolny@ubb.edu.pl*

⁵ *Uniwersytet Bielsko-Bialski, ul. Willowa 2, Bielsko-Biala 43-309, Polska, rdrobina@ubb.edu.pl*

* *Corresponding author, dkolny@ubb.edu.pl*

Streszczenie: W artykule opisano przebieg procesu realizacji czynności związanych z projektowaniem, modelowaniem i wykonaniem przestrzennego i statycznego obiektu, stanowiącego identyfikację wizualną koła naukowego VIP – Virtual Industrial Production. W tekście zawarto opis poszczególnych etapów i zadań prowadzących do wykonania przedmiotowego obiektu, przy wykorzystaniu wirtualnego projektowania 3D i technologii druku 3D metodą FDM. Do wykonania elementów stanowiących części składowe prototypu zastosowano filament PLA.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, druk 3D; statyczny obiekt przestrzenny; nowoczesne technologie produkcyjne

1. Wstęp

Współcześnie technologia wytwarzania addytywnego, nazywana również jako druk 3D lub wytwarzanie generatywne [1], jest niezwykle popularnym i nadal innowacyjnym sposobem tworzenia komponentów oraz gotowych już przedmiotów o bardzo wielu zastosowaniach. Intensywny rozwój i popularyzacja technologii jest datowana na lata 2008-2013, w związku z upłynięciem okresu ważności istotnych patentów [2]. W kolejnych latach 2017-2023 odnotowywano ciągły wzrost wartości rynku druku 3D, sięgający wartość blisko 21 mld dolarów w roku 2023 [3]. Duża przystępność zaawansowanych metod druku 3D, niskie koszty realizacji procesu oraz coraz doskonalsze parametry jakościowe i techniczne drukarek 3D powodują, że obecnie wielu odbiorców indywidualnych stosuje je do tworzenia części funkcjonalnych, a w szczególności wyrobów spersonalizowanych [2].

Druk 3D odgrywa istotną rolę w przemyśle jako elastyczna metoda produkcji prototypów (rapid prototyping), krótkich serii wyrobów (rapid manufacturing) oraz narzędzi (rapid tooling). Początkowo technologia ta była stosowana głównie w prototypowaniu, jednak z czasem jej rozwój umożliwił szerokie zastosowania w produkcji, szczególnie w przypadkach, gdy wymagana jest szybka modyfikacja detali bez konieczności zmiany narzędzi, jak ma to miejsce w tradycyjnych technologiach, takich jak wtrysk czy termoformowanie. Dzięki temu technologie przyrostowe stały się konkurencyjne wobec klasycznych metod, szczególnie w projektach wymagających dużej elastyczności i szybkiego wprowadzania zmian [4].

Proces druku 3D rozpoczyna się od przygotowania cyfrowego modelu obiektu w formacie 3D CAD lub poprzez digitalizację za pomocą skanowania 3D. Model ten jest następnie konwertowany do formatu STL, który pozwala na interpretację geometrii przez oprogramowanie sterujące drukarką. Oprogramowanie to przygotowuje parametry druku, takie jak podział modelu na warstwy, ustawienie w przestrzeni roboczej oraz generowanie struktur podporowych. Proces druku odbywa się w pełni automatycznie w środowisku maszynowym, a ingerencja operatora jest wymagana tylko w przypadku awarii lub anomalii procesowych [5].

Współczesne technologie przyrostowe można podzielić na kilka głównych kategorii, w tym techniki tj. SLS (selektywne spiekanie laserowe), MJF (warstwowy nadruk płynnego materiału), SHL (laminacja warstwowa przekrojów), DED (ukierunkowane stapianie dostarczanego materiału) czy JM (znany też jako PolyJet – modelowanie strumieniowe). Wraz z rozwojem tych metod wprowadzane są także nowe materiały tj. PLA (poliaktyd), ABS (akrylonitryl-butadienstyren), PETG (politereftalan etylenu z dodatkiem glikolu), Nylon, TPU (termoplastyczny poliuretan), które poprawiają właściwości drukowanych obiektów, takie jak adhezja między warstwami, szczelność oraz wytrzymałość. Udoskonalanie materiałów i technologii umożliwia poszerzenie zastosowań druku 3D w różnych gałęziach przemysłu, od prototypowania i designu, po produkcję końcowych elementów użytkowych [5, 6, 7].

Jednym z kluczowych osiągnięć w druku 3D jest technologia DMLS (Direct Metal Laser Sintering), która umożliwia wytwarzanie skomplikowanych geometrycznie elementów metalowych, takich jak gniazda formujące z kanałami konformalnymi. Te kanały, dopasowane do kształtu formy, pozwalają na bardziej równomierne chłodzenie, co zwiększa efektywność procesów takich jak wtryskiwanie, jednocześnie skracając czas produkcji i poprawiając jakość wyprasek [4].

Druk 3D, będący jednym z filarów rewolucji przemysłowej Przemysł 4.0, znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach, od medycyny, przez przemysł lotniczy, aż po zastosowania konsumenckie. Choć tradycyjne technologie produkcji, takie jak CNC czy wtrysk, wciąż dominują w produkcji masowej i wysokiej precyzji, druk 3D zyskuje przewagę tam, gdzie liczy się szybkość, elastyczność oraz możliwość wytwarzania złożonych kształtów, które byłyby trudne lub niemożliwe do uzyskania tradycyjnymi metodami [6].

Celem pracy jest opis przebiegu realizacji wykonania prototypu statycznego obiektu przestrzennego będącego logotypem koła naukowego VIP, które dodatkowo jest odpowiednio podświetlone. Obiekt został wytworzony za pomocą technologii Fused Deposition Modeling (FDM) z materiału PLA. W artykule opisano proces wykonania poszczególnych elementów wchodzących w skład obiektu oraz zasadę działania układu sterującego oświetleniem LED. Projekt powstał w ramach prac koła naukowego VIP – Virtual Industrial Production, działającego na Uniwersytecie Bielsko-Bialskim.

2. Druk 3D metodą FDM/FFM

Metoda Fused Deposition Modeling (FDM), znana także pod nazwą Fused Filament Fabrication (FFF), stanowi jedną z kluczowych technologii druku 3D, która zrewolucjonizowała proces wytwarzania prototypów oraz elementów użytkowych. Jej początki datuje się na przełom lat 80. i 90. XX wieku, kiedy Scott Crump, współzałożyciel firmy

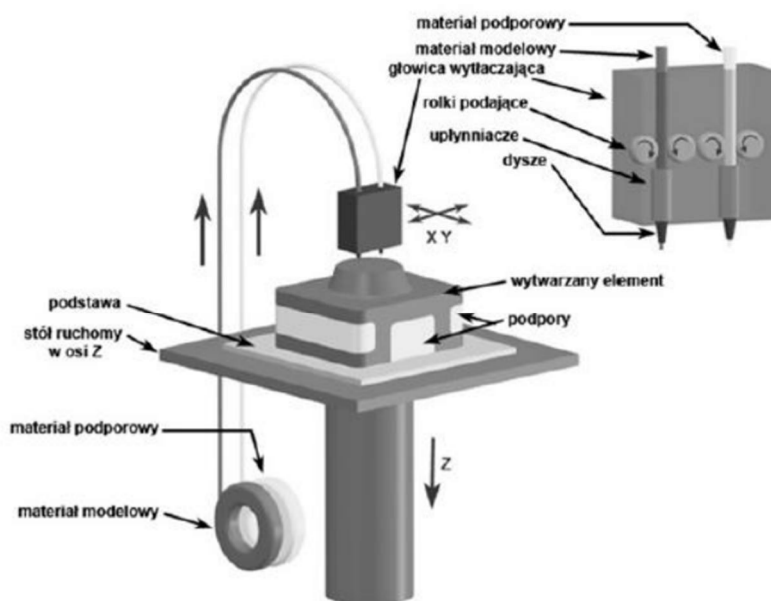
Stratasys Inc., opatentował innowacyjne podejście polegające na warstwowym osadzaniu uplastycznionego materiału termoplastycznego. Początkowy rozwój tej technologii był ograniczony ze względu na wysokie koszty urządzeń oraz ścisłą ochronę patentową. Dopiero wygaśnięcie kluczowych patentów w 2009 roku pozwoliło na dynamiczną popularyzację metod FDM/FFF, zarówno w środowiskach komercyjnych, jak i hobbystycznych. Szczególnie znaczący wpływ na rozwój tej metody wywarł projekt RepRap, inicjatywa Adriana Bowyer'a, której celem było stworzenie samoreplikujących się drukarek 3D, zdolnych do produkcji własnych komponentów. Obecnie technologia FDM/FFF jest jednym z fundamentów przemysłowego i konsumenckiego druku 3D [8].

Technologia FDM/FFF opiera się na warstwowym osadzaniu uplastycznionego materiału termoplastycznego, który jest podawany w formie cienkiego materiału w postaci filamentu do podgrzewanej głowicy drukującej. W głowicy filament jest uplastyczniany i wypychany przez dyszę o precyzyjnie określonej średnicy, najczęściej mieszczącej się w przedziale od 0,2 do 1 mm. Uformowany strumień materiału jest precyzyjnie deponowany na powierzchnię roboczą, zgodnie z trajektorią wyznaczoną przez cyfrowy model obiektu, uprzednio przetworzony w oprogramowaniu generującym kod sterujący (tzw. G-code). Proces ten jest powtarzany warstwa po warstwie, aż do uzyskania gotowego przedmiotu. Kluczowym elementem technologii jest wysoka precyzja kontrolowania ruchu głowicy oraz prędkość podawania materiału, co umożliwia osiągnięcie wysokiej jakości drukowanych struktur [8, 9].

Produkcja filamentu, który stanowi podstawowy materiał wykorzystywany w metodach FDM/FFF, również wymaga zaawansowanych procesów technologicznych. Granulat polimerowy jest podgrzewany, homogenizowany i formowany w ciekłą żyłkę, przy czym precyzyjna kontrola średnicy filamentu jest kluczowa dla zachowania jakości druku. Tolerancja wymiarowa rzędu $\pm 0,05$ mm pozwala na minimalizowanie problemów związanych z nieprawidłowym podawaniem materiału do głowicy drukującej [9].

Drukarka 3D wykorzystująca technologię FDM składa się z trzech głównych komponentów tj.: stołu roboczego (platformy budulcowej), głowicy drukującej oraz systemu podającego filament. Stół roboczy, zazwyczaj ruchomy w osi Z, umożliwia tworzenie kolejnych warstw wydruku. Filament, nawinięty na szpulę, jest transportowany do głowicy drukarki za pomocą mechanizmu z napędzanymi rolkami. Głowica, przemieszczająca się w osiach X i Y, podgrzewa filament do temperatury mięknięcia, po czym materiał jest wytłaczany przez dyszę i precyzyjnie deponowany na powierzchni stołu w formie ścieżek tworzących obrys oraz wypełnienie modelu.

Proces odbywa się warstwowo: po ukończeniu każdej warstwy stół roboczy przesuwa się w dół, umożliwiając budowę kolejnych. Materiał podporowy, stosowany w miejscach wymagających dodatkowego podparcia, jest usuwany po zakończeniu druku – mechanicznie, ze względu na jego większą kruchość, lub chemicznie, z wykorzystaniem specjalistycznych roztworów i myjek ultradźwiękowych. Proces ten zapewnia stabilność wydruku oraz precyzję finalnego modelu [10]. Schemat drukarki w technologii FDM przedstawiono na rysunku poniżej (rys.1)



Rysunek 1. Schemat działania drukarki 3D w technologii FDM [10]

Ekstrudery, które odpowiadają za transport filamentu do głowicy, stanowią jeden z kluczowych podzespołów drukarek FDM/FFF. Uniwersalność technologii FDM/FFF wynika w dużej mierze z szerokiej gamy materiałów, które mogą być wykorzystywane w procesie druku. Do najpopularniejszych tworzyw należą PLA, ABS, PETG i TPU czy Nylon. Dodatkowo, w technologii FDM/FFF powszechnie stosowane są materiały podporowe, które umożliwiają drukowanie złożonych geometrii. Materiały te mogą być usuwane mechanicznie (jeśli wykonane są z tego samego tworzywa co obiekt docelowy) lub chemicznie, w przypadku użycia filamentów rozpuszczalnych [10].

Technologia FDM/FFF znajduje szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, takich jak motoryzacja, lotnictwo, medycyna oraz edukacja. Przykłady aplikacji obejmują prototypowanie części samochodowych, produkcję narzędzi dostosowanych do indywidualnych potrzeb użytkownika, a także tworzenie modeli anatomicznych wspierających planowanie skomplikowanych zabiegów chirurgicznych. W edukacji drukarki FDM/FFF są wykorzystywane jako narzędzia dydaktyczne wspierające naukę przedmiotów technicznych i inżynierskich [8, 11].

Postępujący rozwój technologii obejmuje zarówno usprawnienia w konstrukcji urządzeń, jak i wprowadzanie nowych rodzajów filamentów o specyficznych właściwościach mechanicznych i chemicznych. Zastosowanie wielomateriałowych głowic drukujących umożliwia jednocześnie tworzenie struktur o różnych parametrach technicznych, co poszerza możliwości projektowe. Istotnym trendem jest również optymalizacja oprogramowania sterującego, które pozwala na zwiększenie dokładności oraz redukcję strat materiałowych [5].

Chociaż technologia FDM/FFF posiada wiele zalet, takich jak relatywnie niski koszt eksploatacji, elastyczność zastosowań i szeroka dostępność materiałów, to nadal pozostaje pewne ograniczenia. Warstwowa budowa obiektów skutkuje mniejszą wytrzymałością mechaniczną w osi Z, a konieczność stosowania podpór i postprocesingu może wydłużać czas produkcji. Pomimo tych wyzwań, rozwój technologii i rosnąca dostępność sprzętu sprawiają, że metoda ta pozostaje jednym z najbardziej uniwersalnych narzędzi w nowoczesnej inżynierii [9, 11].

3. Założenia do projektu

Koncepcja projektu obejmować będzie wykonanie prototypu obiektu 3D mogącego posłużyć na potrzeby prowadzenia działalności marketingowych przez uczelnię (rys. 1). Na podstawie analizy obiektów reklamowych stosowanych przez inne firmy, opracowano projekt i prototypy konstrukcji promocyjnych dedykowanych dla firm, uczelni i jednostek jej podległych. W tym konkretnym przypadku rozwiązania zostały dopasowane do potrzeb Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego oraz działającego w jego strukturach koła naukowego VIP. Celem projektu było stworzenie unikalnych, podświetlanych obiektów 3D, które skutecznie przyciągałyby uwagę i wyróżniały instytucje.

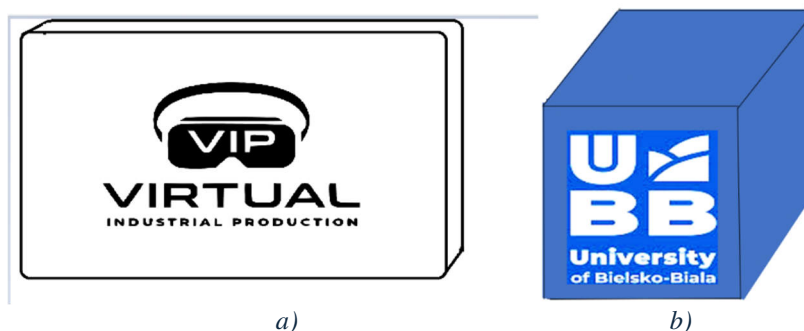
Dla Koła Naukowego VIP zaprojektowano konstrukcję w formie prostopadłościanu, którego przednia ściana została wyposażona w otwory odwzorowujące kluczowe elementy logotypu. Jeden z otworów przeznaczono na reprezentację okularów 3D, które ze względu na niejednolite ubarwienie zostały wykonane z przezroczystego filamentu w celu późniejszego nadania koloru poprzez podświetlenie. Zrealizowano je za pomocą paska LED sterowanego mikrokontrolerem Arduino Nano. Oświetlenie zaprogramowano tak aby uzyskać efekt dynamicznie zmieniających się barw co efektownie odwzorowuje pełną kolorystykę logotypu oraz sprawia wrażenie jakby obiekt pozostawał w ciągłym ruchu. Drugi otwór dostosowano do osadzenia napisu będącego częścią logotypu, wydrukowanego w jednolitym kolorze, co zapewnia spójność wizualną i estetykę.

Cała konstrukcja została zaprojektowana zgodnie z funkcjonującymi logotypami (rys. 2) jako modułowa i zamykana – tylna ściana prostopadłościanu pełni funkcję zdejmowanej pokrywy. Rozwiązanie to umożliwi łatwy dostęp do wnętrza obiektu, co ułatwia konserwację i wymianę elementów elektronicznych oraz pozwala na wygodną modyfikację projektu w przyszłości.



Rysunek 2. Logotypy realizowanych prototypów; a) koła naukowego VIP, b) uczelni Uniwersytet Bielsko-Bialski

Obiektem 3D do wykonania jest kostka 3D UBB, rysunek koncepcyjny przedstawiono na rys. 3. Na początku założono, że logo i napis znajdujący się pod spodem będzie znajdował się tylko na jednej ścianie sześcianu. Podjęto później decyzję, że logo oraz napis będzie znajdował się na czterech ścianach sześcianu, w ten sposób widoczny będzie wizerunek uczelni z każdej strony.

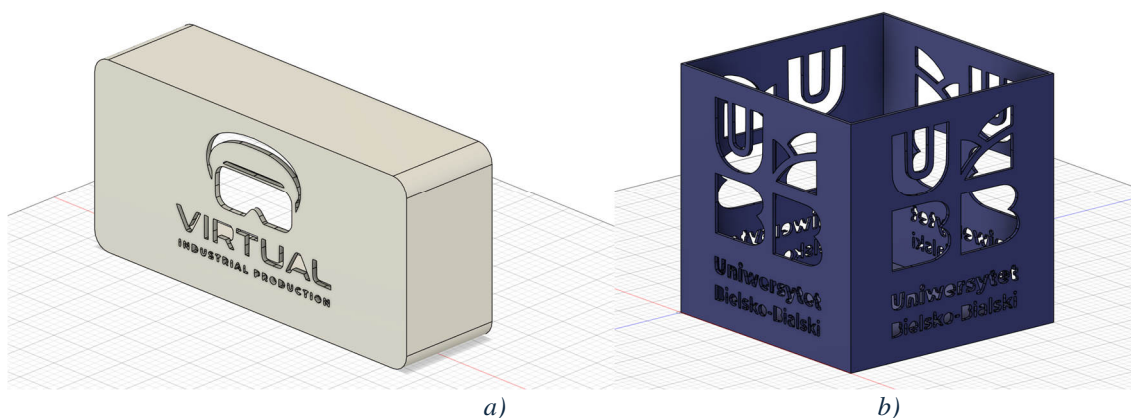


Rysunek 3. Rysunki koncepcyjne realizowanych prototypów; a) koła naukowego VIP (VIP Box), b) uczelni Uniwersytet Bielsko-Bialski (UBB Box) [opracowanie własne]

Wszystkie modele (rys. 3-6) zaprojektowano w programie Fusion 360. Fusion 360 to wszechstronne narzędzie do projektowania 3D, które pomaga inżynierom, projektantom i majsterkowiczom tworzyć i rozwijać różnego rodzaju projekty. Można w nim tworzyć szczegółowe modele 3D, testować je, sprawdzać, jak będą działać, a potem przygotować je do produkcji – na przykład przez druk 3D czy obróbkę CNC.

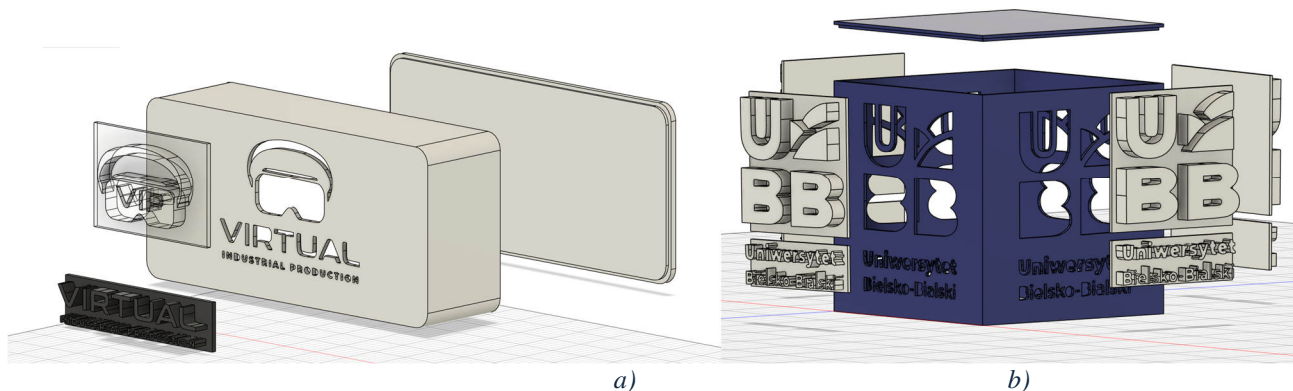
4. Modelowanie

Prototypy zaprojektowano w programie Autodesk Fusion 360 – zaawansowanym narzędziu CAD (Computer-Aided Design), które umożliwia tworzenie, modyfikowanie i wizualizowanie trójwymiarowych modeli. Fusion 360 jest szeroko wykorzystywane w projektowaniu dzięki prostocie obsługi oraz bogatemu zestawowi funkcji. Program pozwala na tworzenie obiektów z podstawowych kształtów geometrycznych, takich jak prostokąt, trójkąt, okrąg, wielokąt itp. które następnie można dowolnie modyfikować poprzez skalowanie, obracanie, wycinanie czy łączenie. Aby odwzorować otwory w kształcie logotypów, wykorzystano grafiki wektorowe – pliki graficzne zapisane w formacie skalowalnym, które zachowują ostrość i precyzję niezależnie od zmiany rozmiaru. W Fusion 360 zastosowano funkcję "Ekstruzyjna wycinka" (Cut Extrusion), która pozwala na przekształcenie dwuwymiarowej grafiki wektorowej w trójwymiarowy otwór w bryle. Przykłady pierwszych zamodelowanych obiektów przedstawiono z użyciem wspomnianych funkcji przedstawiono na Rys. 4



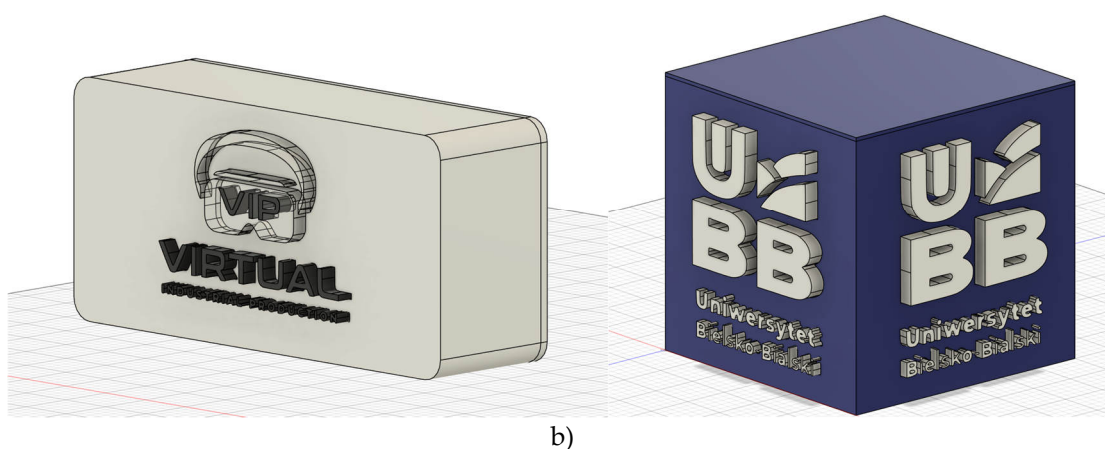
Rysunek 4. Pierwsze zamodelowane części prototypów, skorupy; a) VIP Box'u, b) UBB Box'u [opracowanie własne]

Przy projektowaniu uwzględniono dokładne dopasowanie wymiarów elementów takich jak logotypy czy pokrywy, aby zapewnić stabilność konstrukcji i eliminację luzów. Elementy zamykające, jak tylna pokrywa prostopadłościanu czy górna pokrywa sześciangu, zostały zaprojektowane tak, by wsuwanie ich wymagało lekkiego oporu, co dodatkowo wzmacnia całość. Na rys. 5 przedstawiono zestawienie wszystkich elementów złożeniowych prototypów.



Rysunek 5. Zestawienie elementów złożeniowych modelowanych obiektów, skorupy; a) VIP Box'u, b) UBB Box'u [opracowanie własne]

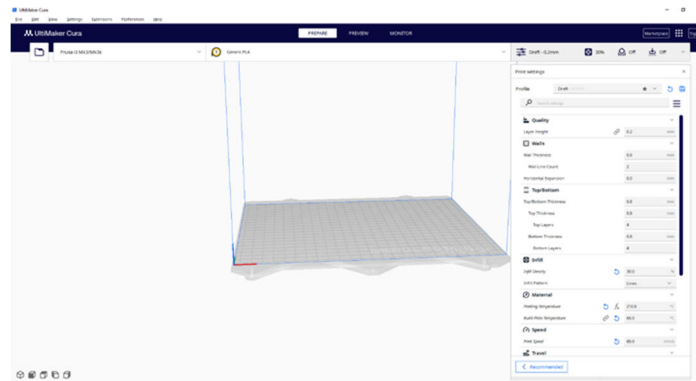
Stworzone modele były regularnie wizualizowane w programie, a ich proporcje – takie jak wielkość otworów względem całej konstrukcji – były korygowane na bieżąco, aby zapewnić estetyczny i funkcjonalny efekt końcowy. Przykładową wizualizację w programie Fusion 360 zaprezentowano na rys. 6.



Rysunek 6. Wizualizacja obiektów po zmontowaniu elementów, skorupy; a) VIP Box'u, b) UBB Box'u [opracowanie własne]

5. Przygotowanie modeli do druku

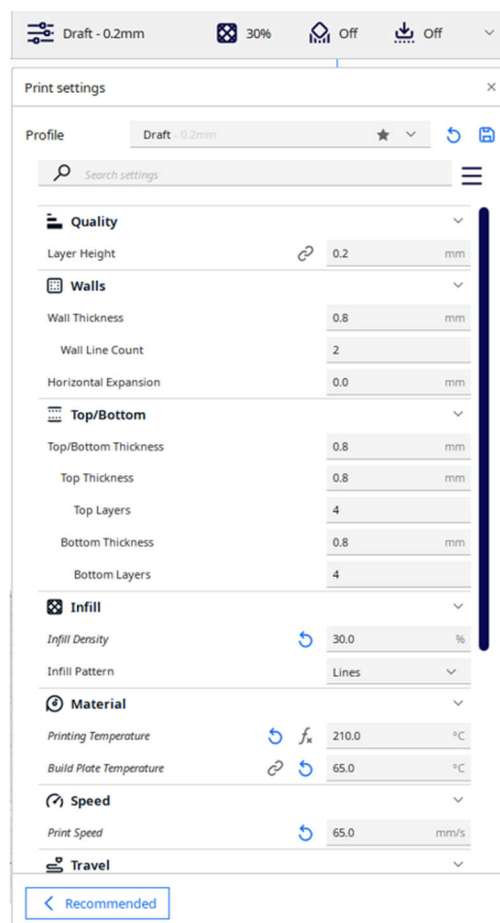
Gotowe modele zostały przygotowane do druku 3D za pomocą oprogramowania Ultimaker Cura, jednego z najczęściej wykorzystywanych slicerów. Program ten umożliwia konwersję modeli 3D na instrukcje sterujące (G-code), które są interpretowane przez oprogramowanie drukarki 3D. Do generowania tych instrukcji zastosowano zalecane ustawienia dostarczane przez producentów drukarki i oprogramowania, co pozwoliło na optymalizację parametrów procesu, takich jak prędkość druku, temperatura ekstrudera oraz stopień wypełnienia modelu. Okno programu przedstawiono na rys. 7.



Rysunek 7. Okno programu Ultimaker Cura z tabelą parametrów [opracowanie własne]

Przed przystąpieniem do druku wykonano kompleksowe przygotowanie drukarki, obejmujące kilka kluczowych etapów. Pierwszym krokiem była kalibracja platformy roboczej, polegająca na ustawieniu odpowiedniej odległości pomiędzy dyszą ekstrudera a powierzchnią stołu, co jest kluczowe dla uzyskania dobrej przyczepności pierwszej warstwy. Następnie przeprowadzono czyszczenie platformy roboczej, w tym usunięcie pozostałości materiału i zanieczyszczeń przy użyciu alkoholu izopropylowego.

W dalszej kolejności sprawdzono stan dyszy ekstrudera – w przypadku zanieczyszczeń zastosowano metody ich usuwania, takie jak czyszczenie mechaniczne przy użyciu igły lub metoda „cold pull”. Ta ostatnia polega na podgrzaniu dyszy do temperatury odpowiedniej dla używanego filamentu, wprowadzeniu materiału do ekstrudera, a następnie jego szybkim usunięciu po ostygnięciu, co pozwala na eliminację resztek materiału wewnątrz dyszy. Kolejnym krokiem było załadowanie nowego filamentu, z uwzględnieniem jego stanu i parametrów technicznych. Na koniec w oprogramowaniu slicera skonfigurowano szczegółowe parametry druku, takie jak temperatura, prędkość ekstrudera i wypełnienie modelu. Peżykładowe ustawienia druku przedstawiono na rys. 8.



Rysunek 8. Ustawienia wydruku w slicerze Cura [opracowanie własne]

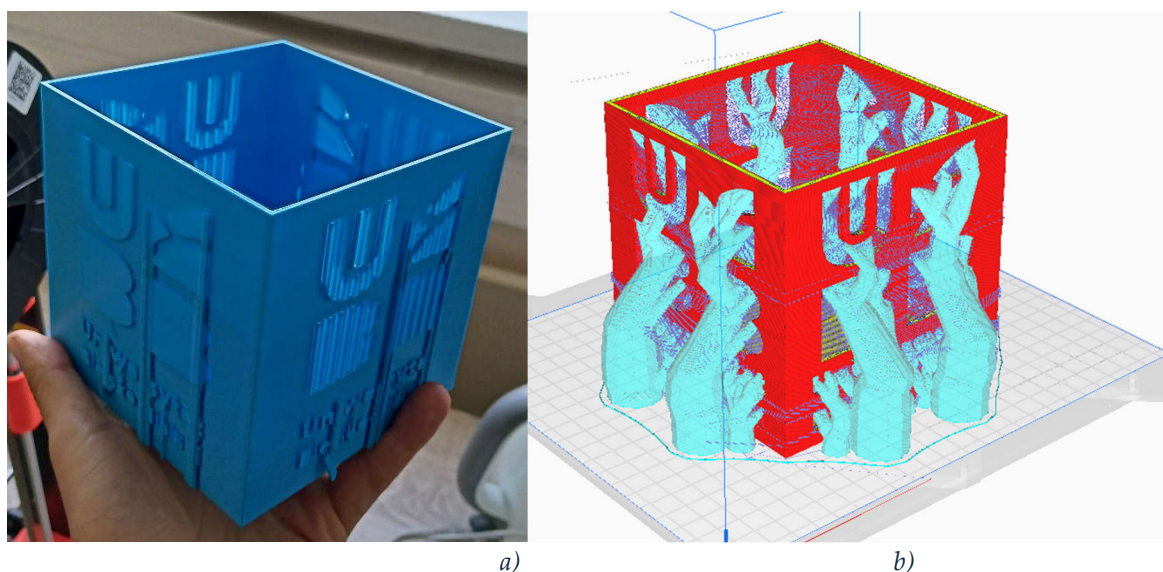
6. Wydruk i problematyka

Proces drukowania VIP Box'u przebiegł pomyślnie, głównie dzięki zastosowaniu pozycji poziomej wszystkich elementów modelu. Taki układ umożliwił uniknięcie komplikacji związanych z generowaniem struktur podporowych. Na rys. 9 przedstawiono proces drukowania elementu VIP Box'u.



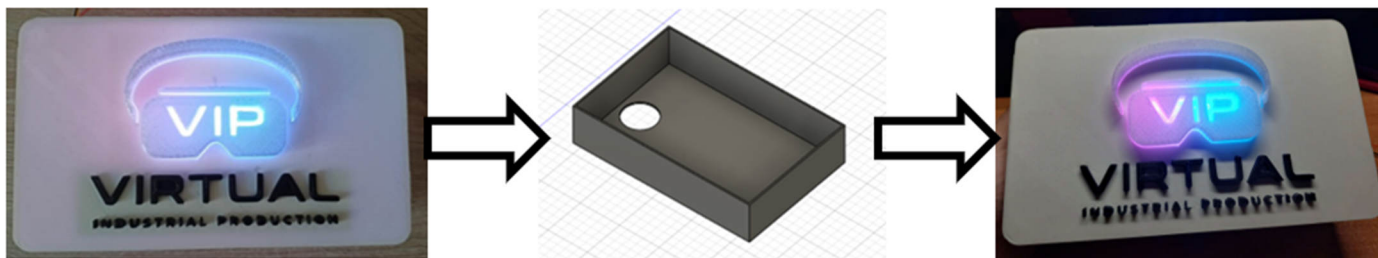
Rysunek 9. Drukowanie fragmentu VIP Box'u [opracowanie własne]

W przypadku UBB Box'u, z uwagi na obecność otworów przeznaczonych na logotypy, konieczne było użycie funkcji struktur podporowych (z ang. support) w oprogramowaniu Ultimaker Cura. Supporty, będące tymczasowymi elementami wspierającymi, umożliwiły poprawne odwzorowanie fragmentów modelu zawieszonych w powietrzu. Początkowo zastosowano klasyczny typ wypełnienia podporowego, jednak proces jego usuwania okazał się czasochłonny i wiązał się z ryzykiem uszkodzenia wydruku. Finalnie zdecydowano się na wykorzystanie podpór typu „drzewka” (z ang. Tree supports), które były znacznie łatwiejsze do usunięcia, a jednocześnie zminimalizowały ryzyko uszkodzeń modelu. Na rys. 10 przedstawiono oba rodzaje użytych supportów.



Rysunek 10. Rodzaje suportów wykorzystanych przy drukowaniu UBB Box'u, skorupy; a) Zwykłe supporty, b) Supporty drzewkowe – wizualizacja w slicerze [opracowanie własne]

W trakcie testów drukowania zauważono, że biały filament użyty do wykonania VIP Box'u nie zapewniał odpowiedniej izolacji światła emitowanego przez pasek LED, co skutkowało nieestetycznymi prześwitami na powierzchni obiektu. Aby rozwiązać ten problem, zaprojektowano dodatkową osłonę w formie „sarkofagu” wykonaną z czarnego filamentu. Osłona ta skutecznie blokowała niepożądane prześwity, kierując światło wyłącznie w stronę logotypu i znacząco poprawiając estetykę konstrukcji. Na rys. 11 przedstawiono proces eliminacji prześwitu poprzez zastosowanie zamodelowanego sarkofagu.



Rysunek 11. Eliminacja prześwitu w VIP Box'ie przy użyciu zamodelowanego sarkofagu [opracowanie własne]

Kolejny problem dotyczył elementów logotypu wydrukowanych z przezroczystego filamentu. Chociaż materiał ten nadawał obiektowi atrakcyjny wizualnie wygląd, okazało się, że nie przepuszczał wystarczającej ilości światła z paska LED. Testowano różne konfiguracje, w tym redukcję wypełnienia modelu w slicerze, jednak próba ta obniżyła ogólną jakość wydruku. Finalnie, zastosowanie „sarkofagu” rozwiązało również ten problem, koncentrując światło na logotypie i poprawiając jego wizualny odbiór. Na rys. 12 przedstawiono element w różnych konfiguracjach wypełnienia.



Rysunek 12. Przezroczyste obiekty przy zastosowaniu różnych wartości wypełnienia. Obiekt na górze 30%, a na dole 20%. [opracowanie własne]

Dodatkowo, podczas testów stwierdzono niewielkie problemy z dopasowaniem elementów logotypu do otworów w konstrukcji (zbyt luźne lub ciasne pasowanie). Kwestie te były na bieżąco korygowane poprzez wprowadzenie drobnych modyfikacji wymiarów w modelach 3D za pomocą oprogramowania Fusion 360.

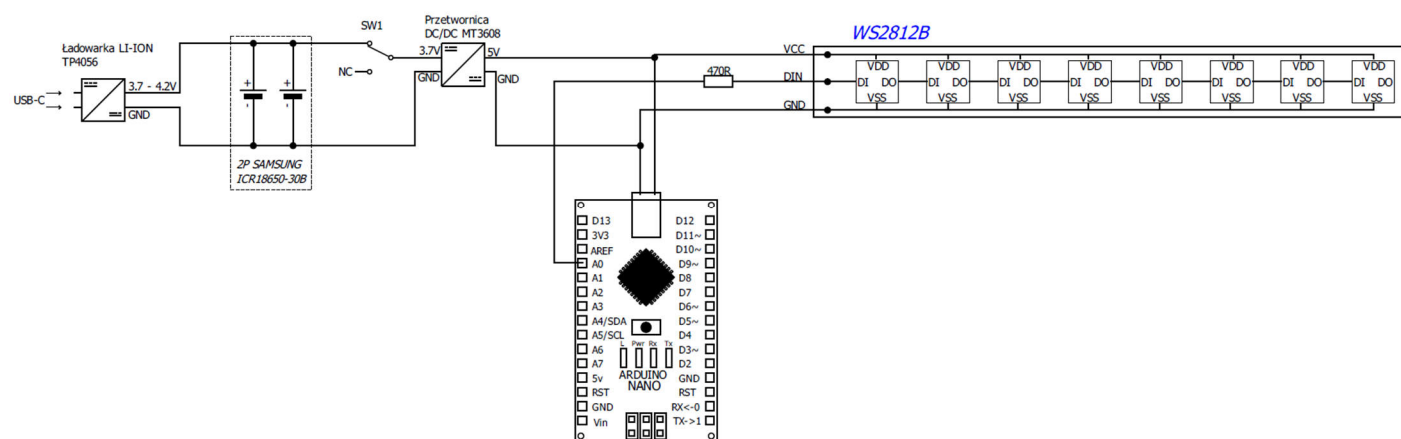
7. Schematy układów elektrycznych zrealizowanych prototypów

Układy elektryczne stanowią kluczowy element funkcjonalności projektu, zapewniając efektywne oświetlenie box'ów. Kluczowym aspektem w tym kontekście było odpowiednie magazynowanie energii w akumulatorach umieszczonych w środku, dlatego zastosowano dwa akumulatory połączone ze sobą równolegle.

Dużym udogodnieniem jest możliwość ładowania akumulatorów przez uniwersalny port USB-C. To praktyczne rozwiązanie pozwala użytkownikom korzystać z jednego typu kabla, eliminując potrzebę używania różnych złączy i przewodów, co wpisuje się w trend standaryzacji zasilania. Ułatwia to ładowanie urządzenia z dowolnego kompatybilnego źródła energii, maksymalizując wygodę użytkownika i efektywność energetyczną projektu.

Dzięki zastosowaniu adresowalnej listwy składającej się z ośmiu diod LED, VIP box prezentuje się bardzo efektywnie reprezentując kolory logo.

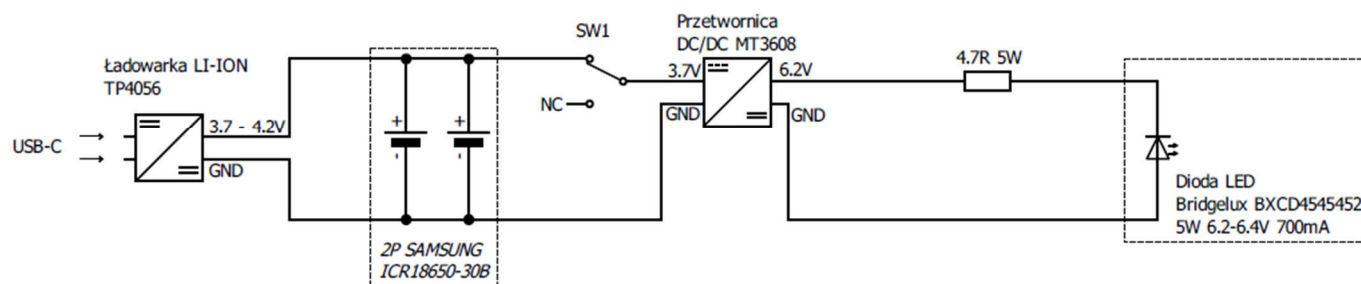
Na rysunkach 13 i 14 zaprezentowano szczegółowe schematy elektryczne obu projektów.



Rysunek 13. Schemat elektryczny VIP Box'a [opracowanie własne]

Zgodnie z powyższym schematem (rys. 13) w ramach projektu wykorzystano:

1. Moduł ładowarki Li-Pol TP4056 z portem USB typu C.
2. Akumulatory 18650, ogniwa litowo-jonowe firmy SAMSUNG ICR18650-30B o cylindrycznym kształcie i standardowych wymiarach 18 mm średnicy oraz 65 mm długości, napięciu 3.7V, oraz pojemności 2950 mAh.
3. Przełącznik dźwigniowy MTS-103.
4. Przetwornica DC/DC MT3608.
5. Listwa LED RGB adresowalna WS2812B.
6. Arduino Nano.
7. Rezystor 470Ω 0,25W.



Rysunek 14. Schemat elektryczny UBB Box'a [opracowanie własne]

Zgodnie z powyższym schematem (rys. 14) w ramach projektu wykorzystano:

1. Moduł ładowarki Li-Pol TP4056 z portem USB typu C.
2. Akumulatory 18650, ogniwa litowo-jonowe firmy SAMSUNG ICR18650-30B o cylindrycznym kształcie i standardowych wymiarach 18 mm średnicy oraz 65 mm długości, napięciu 3.7V, oraz pojemności 2950 mAh.
3. Przełącznik dźwigniowy MTS-103.
4. Przetwornica DC/DC MT3608.
5. Dioda LED Bridgelux BXCD454542 5W 6.2-6.4V 700mA.
6. Rezystor 4.7Ω 5W.

W przypadku UBB box'a zastosowano pojedynczą diodę LED dzięki czemu logo UBB nie tylko prezentuje się efektownie ale też pobór energii z akumulatorów został zredukowany do minimum.

8. Podsumowanie

Realizacja projektów VIP oraz UBB Box przebiegła zgodnie z założeniami, spełniając zarówno wymagania estetyczne, jak i funkcjonalne. Wykorzystanie technologii FDM oraz materiału PLA pozwoliło na stworzenie solidnego i atrakcyjnego wizualnie obiektu. Cały proces obejmował kluczowe etapy, takie jak projektowanie, drukowanie 3D, a następnie montaż elementów oraz instalację układu elektrycznego. Podczas realizacji niezbędne były umiejętności w modelowaniu związane z optymalizacją parametrów druku, rozwiązywaniem napotkanych trudności oraz kontrolą jakości wydruków. Prototypy pełnią funkcję promocyjną, prezentując logotypy koła naukowego Virtual Industrial Production oraz Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego w efektywny sposób. Projekt zakłada także możliwość przyszłej rozbudowy o interaktywne elementy, np. czujniki czy przyciski uruchamiające podświetlenie, co dodatkowo zwiększyłoby jego atrakcyjność i funkcjonalność. Inicjatywa ta ukazuje potencjał druku 3D w tworzeniu estetycznych, a zarazem praktycznych narzędzi promocyjnych, wspierając działania wizerunkowe koła naukowego oraz uczelni i podkreślając nowoczesne podejście do marketingu.

Bibliografia

1. Powroźnik M. Zastosowanie oraz perspektywy rozwoju druku 3D. *Archiwum Wiedzy Inżynierskiej* 2021, t6, nr 2, s. 28-30.
2. Dodziuk H. Perspektywy rozwoju druku 3D. *Napędy i sterowanie* 2020, nr 1, s. 38-44.
3. 3D Printing Market Size, Dostępne online: <https://www.precedenceresearch.com/3d-printing-market> (dostęp: 10.10.2024).
4. Heneczkowski M., Oleksy M.; Wojturska J. *Technologia przetwórstwa tworzyw sztucznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2014.
5. Budzik G., Woźniak J., Przesłowski Ł. *Druk 3D jako element przemysłu przyszłości. Analiza rynku i tendencje rozwoju*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2022.

6. Sztorch B, et al. Wpływ modyfikatorów krzemooorganicznych na własności dyspersyjne bieli tytanowej oraz właściwości kompozytów PLA z jej udziałem stosowanych w przyrostowej technice FDM. 2021.
7. Stryczek R., Wyrobek K. Projektowanie operacji druku 3D metodą FFF, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku Białej (2022).
8. Wyrobek K., Kliś J. Druk 3D–nowy wymiar wytwarzania wielomateriałowego. Technologie wytwarzania, analizy procesów i symulacje obliczeniowe. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej, 2021.
9. Szmidt A., Rębosz-Kudrek, A. Sposoby doskonalenia druku 3D w technologii FDM/FFF. *Mechanik*, 2017, 3: 258-261.
10. Bobrowski, K. Metody analizy wytrzymałości konstrukcji wykonanych za pomocą technologii przyrostowej FDM i ich zastosowanie do warunków pracy przekładek okien podwodnych. 2022.
11. Caban, J., Szala, M., Kęsik, J., Czuba, Ł. Wykorzystanie druku 3D w zastosowaniach automotive. *Autobusy: technika, eksploatacja* 2017, systemy transportowe, 18.