



## **Specyfikacja techniczna**

# **“Wykorzystanie druku 3D w tworzeniu zabawek dla dzieci niewidomych**

Dokument powstał w ramach projektu „Wykorzystanie druku 3D w tworzeniu zabawek dla dzieci niewidomych” realizowanym w ramach konkursu na innowacje społeczne organizowanym przez Regionalny Ośrodek Polityki Społecznej w Krakowie w ramach projektu INKUBATOR DOSTĘPNOŚCI. Działanie 4.1 Innowacje Społeczne Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020.

Kraków, lipiec 2022

## Wstęp – inspiracje do stworzenia innowacji

Celem innowacji było stworzenie modelu innowacyjnych zabawek edukacyjnych dla dzieci i młodzieży z dysfunkcją wzroku w formie puzzli 3D, które będą możliwe do samodzielnego druku na drukarce 3D.

Układanki umożliwią odbiorcom ćwiczenie percepcji dotykowej, wyobraźni przestrzennej, poszerzą zakres wiedzy o świecie, a także pomogą w nauce alfabetu Braille'a i trenowaniu umiejętności związanych z nauką czytania i pisanie (zwłaszcza dzielenie wyrazu na litery). Na polskim rynku dostępne są produkty dla osób niewidomych, w tym różne zabawki i pomoce dydaktyczne, jednak jest ich stosunkowo niewiele. Część zabawek mimo deklaratywnego przeznaczenia dla tej grupy nie odpowiada w pełni ich potrzebom. Brakuje produktów atrakcyjnych dla dzieci, wspierających równocześnie różne obszary ich rozwoju.

Inspiracją do stworzenia zabawek było rozwiązanie hinduskich specjalistów, którzy stworzyli puzzle w oparciu o druk 3D w wersji anglojęzycznej (Fittle Project). Nasze puzzle stanowią modyfikację wspomnianego projektu, dostosowaną do polskich warunków. W trakcie prac projektowych zdecydowaliśmy się również wprowadzić nieco inne rozwiązania niż hinduscy projektanci, zwłaszcza w zakresie łączeń poszczególnych elementów i punktów alfabetu Braille'a.

Niniejsza innowacja obejmowała przygotowanie 4 różnych układanek, uwzględniających wnioski ze spotkań z przedstawicielami grupy docelowej (osoby z dysfunkcją wzroku oraz nauczyciele dzieci niewidomych) oraz ekspertów zajmujących się normami, jakie spełniać muszą zabawki dla dzieci, aby były zgodne z europejskimi normami. Wybrane zostały również różne filamenty, z których na etapie testowania wydrukowane zostały puzzle. Gotowe układanki zostały udostępnione do zabawy dzieciom niewidomym – uczniom Zespołu Szkół i Placówek pn. "Centrum dla Niewidomych i Słabowidzących" w Krakowie, zlokalizowanego przy ul. Tynieckiej 6 w Krakowie. Podstawowym celem spotkań było sprawdzenie, czy stworzone w ramach projektu puzzle są produktem odpowiednim dla dzieci i młodzieży. Szukaliśmy przede wszystkim odpowiedzi na pytanie, czy

zabawa puzzlami będzie dla odbiorców atrakcyjna, ponieważ dobra zabawa wydaje się być najlepszą drogą do edukacji. Zależało nam również na ustaleniu, czy puzzle mają odpowiednie parametry, takie jak wielkość, kolor, kształt oraz czy zaprojektowaliśmy odpowiednie sposoby ich łączenia. Uczestnicy testów mieli okazję układać puzzle wykonane z różnych filamentów, czyli materiałów, z których powstaje druk 3D. Dzięki czemu mogli porównać ich fakturę i opisać swoje wrażenia dotykowe. Puzzle zostały również poddane badaniom, przeprowadzonym we współpracy ze pracownikami AGH. Celem tych analiz było sprawdzenie, czy zabawka jest użyteczna, bezpieczna i adekwatna do potrzeb dzieci niewidomych w określonym wieku oraz czy druk 3D może mieć zastosowanie w tworzeniu zabawek dla tej grupy odbiorców.

## Wnioski ze spotkań z grupą badawczą i pogłębionej analizy tematu w oparciu o literaturę przedmiotu

W trakcie realizacji działań przygotowawczych projektu „Wykorzystanie druku 3D w tworzeniu zabawek dla dzieci niewidomych” zorganizowano spotkania z przedstawicielami grupy docelowej, czyli osobami z dysfunkcją wzroku oraz pedagogami zajmującymi się ich edukacją.

Celem spotkań było określenie, jakie cechy powinny spełniać zabawki, aby były użyteczne dla dzieci z dysfunkcją wzroku. Uczestnikom spotkań przedstawione zostały różne wydruki przygotowane w technice druku 3D, w tym również puzzle, które stały się inspiracją do realizacji niniejszej innowacji.

Grupa odbiorców innowacji jest bardzo zróżnicowana. Należą do niej zarówno osoby w pełni niewidome, jak i słabowidzące. Różnią się one między sobą między innymi takimi cechami jak: ostrość widzenia, pole widzenia, wrażliwość na światło i kontrast, widzeniem barw oraz percepcją ruchu i kształtu. Od tego, jaki indywidualny zestaw możliwości i ograniczeń prezentuje dana osoba zależy to, jakiego wsparcia potrzebuje. W naszej pracy skupiliśmy się na osobach w pełni niewidomych.

Przygotowywanie grafik dla osób niewidomych wymaga pogłębionej analizy i odpowiedniego dopracowania wielu szczegółów – takich jak wybór rzutu przedmiotu, kształtu, wielkości, faktury etc. Przekształcenie „zwykłych” obrazów na pomoce dla dziecka niewidomego nie może obejmować jedynie przerobienia go w obraz wypukły. „Tylko osoba ociemniała w wieku szkolnym lub później może pamiętać wzrokowy obraz przedmiotów i używane „za czasów widzenia” konwencje graficzne. Dla takiej osoby dotykowe przetworzenie grafiki dla widzących może mieć wartość.”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [Zasady redagowania tyflografiki – Elżbieta Więckowska FSK](#)

Adaptacja treści grafiki może obejmować:

- zmianę konwencji – sposobu przedstawienia,
- zmianie skali, wielkości,
- zmianie poziomu generalizacji, czyli rezygnacji z mniej istotnych treści i pozostawienia jedynie tych najistotniejszych,
- podziale treści na kilka prezentacji tego samego obiektu w tej samej lub w innej niż oryginał konwencji,
- zmianie linii, znaków i kolorów rysunku,
- zastąpienie opisem słownym, jeśli rysunek jest zbyt skomplikowany, by go adaptować, a uproszczenie nie jest możliwe bez utraty istotnych informacji.

## Wnioski z rozmów z nauczycielami

Rozmowy z nauczycielami pracującymi z osobami z dysfunkcją wzroku potwierdziły nasze obserwacje o braku odpowiedniej liczby zabawek dla dzieci, które w pełni odpowiadałyby ich potrzebom. Większość pedagogów samodzielnie przygotowuje różnorodne pomoce dydaktyczne, jednak ich możliwości w tym zakresie są mocno ograniczone.

Nauczyciele zwracali również uwagę na aspekt atrakcyjności dostępnych pomocy. Dzieci z niepełnosprawnością mają takie same zainteresowania i potrzeby, co ich pełnosprawni rówieśnicy, a to niestety w wielu przypadkach jest zupełnie niedostępne. Potwierdza to nasze hipotezy o potrzebie szukania rozwiązań dla tej grupy osób z niepełnosprawnością.

## Wnioski z rozmów z rodzicami

Podobne wnioski płyną od rodziców. Brakuje im pomocy i zabawek dostępnych dla dzieci od pierwszych dni ich życia, które w pełni odpowiadałyby potrzebom wynikającym m. in. z konieczności dotykowego poznawania świata. Ciekawym przykładem są tu kształty zwierząt, które analizowaliśmy w ramach prac przygotowawczych. Okazuje się, że wśród zabawek dla dzieci trudno znaleźć takie, które w wierny sposób odwzorowywałyby kształty i cechy charakterystyczne

prawdziwych zwierząt. Zabawki być może atrakcyjne dla dzieci widzących, z karykaturalnie wyolbrzymionymi cechami bądź pominiętymi czy zmienionymi elementami charakterystycznymi dla danego zwierzęcia, często utrudniają dzieciom niewidomym poznawanie świata.

Wiele osób, niestety również wśród tych zajmujących się przygotowywaniem pomocy dydaktycznych dla dzieci, przekonanych jest, że stworzenie dobrej grafiki dla osób niewidomych wymaga jedynie zapewnienia możliwości dotykowego odróżnienia linii czy faktury od tła. W rzeczywistości „nie każda grafika dotykowa, wypukła będzie grafiką odpowiednią dla niewidomego – przekazującą mu, we właściwy sposób, informacje o zilustrowanym przedmiocie lub pojęciu. Dlatego terminem tyflografika wyróżniamy grafikę użyteczną dla osoby niewidomej lub/i słabowidzącej, wykonaną w dostępnej mu konwencji i zredagowaną w sposób umożliwiający i ułatwiający odczytanie dotykiem lub/i słabym wzrokiem, a przede wszystkim w sposób umożliwiający zrozumienie informacji przekazywanej grafiką”<sup>2</sup>.

Podczas prac przygotowawczych sporo czasu poświęciliśmy więc na znalezienie odpowiedzi na pytanie, jakie cechy muszą mieć nasze puzzle, aby były użyteczne dla dzieci z dysfunkcją wzroku.

## Kształt i wielkość

Aby dzieci w wieku wczesnoszkolnym były w stanie dotykiem rozpoznać wszystkie elementy konieczne jest zadbanie o ich odpowiednią wielkość. Nie mogą być zbyt duże, bo nie będą mieściły się w małych rączkach i niemożliwe będzie rozpoznanie, co to za elementy. Zbyt małe puzzle uniemożliwiają natomiast umieszczenie na puzzlach elementów charakterystycznych dla danego obiektu i rozpoznanie ich przez dzieci.

Ważnym zadaniem jest również wybór odpowiednich kształtów. Aby nasze puzzle stanowiły pewną całość zdecydowaliśmy się na stworzenie 4 układanek spójnych tematycznie. Wybraliśmy temat przewodni lubiany i znany przez wszystkie dzieci, czyli zwierzęta.

---

<sup>2</sup> [Zasady redagowania tyflografiki – Elżbieta Więckowska FSK](#)

W opracowaniu ostatecznych kształtów puzzli uczestniczyły nauczycielki ze Specjalnego Ośrodka Szkolno-Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących w Krakowie. Odpowiednie opracowanie kształtów okazało się trudniejsze niż początkowo myśleliśmy - to co dla nas, osób widzących, wydawało się wystarczające, niekoniecznie było czytelne dla osób niewidomych. Ostatecznie zrezygnowaliśmy ze zwierząt, które mają bardziej skomplikowane kształty lub zbyt długie nazwy. Wybraliśmy: kota, mysz, jeża i rybę. Trudności w odpowiednim opracowaniu kształtów pomocy dla dzieci niewidomych dobrze opisuje następujący cytat: „Najistotniejszą trudnością w czytaniu grafiki, jaką stwarza uszkodzenie wzroku, jest brak oczywistego związku między obrazem graficznym, a prezentowanym przez grafikę przedmiotem. Obrazy powstające na siatkówce osoby widzącej w czasie obserwowania przedmiotu i w czasie obserwowania jego fotografii lub obrazu są fizjologicznie jednakowe i istotnie podobne. Natomiast wrażenia odbierane przez niewidomego końcami palców przy czytaniu grafiki są zupełnie inne, niż wrażenia odbierane przy oglądaniu prawdziwego przedmiotu dotykiem obejmującym palców, dłoni, ramion. Dla niewidomego rysunek nie jest podobny do przedmiotu, rysunek opowiada niewidomemu o przedmiocie. Dlatego nie wszystkie stosowane przez widzących konwencje rysunkowe są dostępne dla uczniów niewidomych.”<sup>3</sup>

Zgodnie z uzyskanymi informacjami, kształt przedmiotu powinien wiernie odpowiadać rzeczywistości. Istotny jest dobrze rozpoznawalny dotykowo obrys. Cechy charakterystyczne dla danego przedmiotu powinny być wyraźnie podkreślone i niezbyt liczne (zaciemniać obraz). Detale powinny być oddalone co najmniej na szerokość palca, co znacząco wpływa na to, jakie kształty powinniśmy wybrać na nasze puzzle. Proste przedmioty powinno się przedstawiać w najbardziej charakterystycznym ujęciu, najlepiej w rzucie prostokątnym. Wykorzystywanie rzutu ukośnego – aksonometrycznego oraz obrazu perspektywicznego nie jest zasadne w przygotowywaniu grafik dla osób niewidomych.

---

<sup>3</sup> [Instrukcja tworzenia i adaptowania ilustracji i materiałów tyflograficznych dla uczniów niewidomych, 2011](#)



## Faktura

Dla osób z dysfunkcją wzroku faktura dotykanego przedmiotu ma duże znaczenie. Dotykowe poznawanie świata wymaga rozpoznawania nawet niewielkich różnic w fakturze - każda taka różnica może nieść za sobą istotną informację. Druk 3D ma w tym zakresie pewne ograniczenia, trudno osiągnąć bowiem jednolitą, gładką powierzchnię. Różnice w fakturze można jednak wykorzystać na korzyść puzzli, różnicując poszczególne elementy. W wyborze faktury istotne jest przemyslenie, czy określony układ linii czy punktów nie sugeruje niesienia określonej informacji.

## Kolor

Dla dzieci całkowicie niewidomych kolor puzzli nie ma znaczenia, jednak sytuacja jest zupełnie inna, jeśli bierzemy pod uwagę dzieci z innymi rodzajami trudności – słabowidzącymi. Z ich punktu widzenia kolor puzzli jest bardzo istotny. Najlepszym wyborem będą tu kolory kontrastowe, na przeciwległych biegunach nasycenia kolorów. Ułożenie czarnych puzzli na białym tle tworzy najlepsze warunki do wzrokowego zróżnicowania obrazu od tła. Przydatnymi kolorami są również zestawienia: żółty/czarny, biały/niebieski i czerwony. Zróżnicowanie kolorystyczne można uzyskać w technologii druku 3D, wyróżniając poszczególne elementy puzzli. Jednak ze względu na mnogość potrzeb i możliwości dzieci słabowidzących i ograniczony zasięg innowacji tematyka ta nie została poddana głębszej analizie. Tworząc puzzle skupiliśmy się na dzieciach z całkowitą dysfunkcją wzroku.

## Charakterystyka punktów alfabetu Braille’a

Kolejnym ważnym elementem jest odpowiednie dopracowanie punktów alfabetu Braille’a. Istotą pisma punktowego jest sześciopunkt brajlowski, składający się z sześciu punktów umieszczonych w dwóch pionowych kolumnach, po trzy w każdym. Sześciopunkt jest bazą, na podstawie której powstają litery (poprzez odejmowanie poszczególnych punktów) oraz cyfry (poprzez dodanie do liter znaku cyfry). Jak czytamy w Zasadach Polskiego Związku Niewidomych dotyczących



napisów Brajlu na opakowaniach leków<sup>4</sup> „Istotą prawidłowej czytelności pisma punktowego jest zastosowanie odpowiednich parametrów”. Minimalne dopuszczalne parametry czcionki brajlowskiej na rynku polskim ustalone zostały na bazie polskiej czcionki brajlowskiej Poland Braille Fonts TTF, napisanej na platformę Corel’a.

Zgodnie z tym:

- wysokość punktu powinna wynosić: 0,5 mm,
- średnica podstawy punktu: 1,3 mm,
- poziome odstępy pomiędzy punktami w znaku: 2,3 mm,
- pionowe odstępy pomiędzy punktami w znaku: 2,3 mm,
- odstępy pomiędzy znakami brajlowskimi: 5,6 mm.

Druk 3D niesie w tym zakresie pewne ograniczenia, ponieważ niemożliwe jest stworzenie tak małego półokrągłego elementu. W ramach testów wypróbujemy więc różnych rozwiązań tworzenia punktów: za pomocą druku i montowania kołków. Z uwagi na technologię wykonania puzzli zdecydowaliśmy się na minimalne powiększenie znaków. Kluczowe jest to, aby jedna litera mieściła się pod opuszką palca, wówczas będzie możliwa do rozpoznania przez dziecko z dysfunkcją wzroku. Rysunek powinien umożliwiać prawidłowe zorientowanie za pomocą znaków umownych. Tworząc pomoce dla osób niewidomych zazwyczaj umieszcza się w prawym, górnym rogu arkusza mały, czarny, wypukły trójkąt. W przypadku puzzli zdecydowaliśmy się na zastosowanie wklęsłej linii pod znakami alfabetu Braille’a.

## Trwałość

Konsultacje z pedagogami przyniosły nam jeszcze jeden istotny wniosek. Puzzle, które stanowią inspirację naszej innowacji, nie zostały wyposażone w trwałe połączenia. W trakcie składania poszczególnych elementów te już złożone rozpadały się. W efekcie układający tracił motywację do pracy i przyjemność z zabawy. W puzzlach postanowiliśmy więc zastosować zupełnie inne rodzaje łączenia, tak aby poszczególne elementy trwale łączyły się ze sobą.

---

<sup>4</sup> [Stanowisko Polskiego Związku Niewidomych w sprawie napisów w brajlu na opakowaniach leków](#)

## Informacja słowna

Naturalnym językiem osoby niewidomej jest słowo pisane lub mówione. Podczas nauki lub zabawy konieczne jest więc uzupełnienie grafiki o informację ustną, która pozwoli na przekazanie dziecku dodatkowych informacji dotyczących zabawki i pozwoli zbudować kontekst, ułatwiający prawidłowe złożenie układanki. Zdecydowaliśmy się umieścić dodatkową instrukcję i opowieść o puzzlach, zapisaną alfabetem Braille'a dla dziecka i łańskim dla opiekuna.

## Cel zabawy

Ostatnim elementem, na który zwróciły uwagę nasze konsultantki był cel tworzenia puzzli. Z perspektywy nauczyciela są one dobrym narzędziem do nauki szeregu kompetencji i umiejętności. Z jednej strony pozwolą na ćwiczenie rozpoznawania liter w alfabecie Braille'a, a także ich syntezę w celu uzyskania całego wyrazu. Z drugiej strony, puzzle będą narzędziem do nauki dotykowego poznawania otoczenia i poszerzenia wiedzy o otaczającym dziecko świecie. Niezwykle istotne jest, aby twórcy pamiętali, że „maleńkie, w porównaniu z rozmiarami prezentacji wypukłej, „pole widzenia palców” sprawia, że niewidomy nie tyle ogląda prezentację, co czyta ją, a obraz całości buduje w wyobraźni. Wymaga to wyobraźni przestrzennej i wyćwiczenia pamięci.”<sup>5</sup> Sposób budowania wiedzy o świecie wśród dzieci z dysfunkcją wzroku jest procesem odmiennym od tego, który pozwala na rozpoznawanie rzeczywistości przez dzieci widome. Proste przełożenie obrazów dla osób widzących na wypukłe grafiki można uznać za brak szacunku i zrozumienia dla potrzeb dziecka z dysfunkcją wzroku.

Należy również przeanalizować sposób zabawy dziecka daną zabawką tak, aby w możliwie największym stopniu zminimalizować ryzyko zabawy nieprawidłowej – jeśli dziecko ułoży układankę, ale w złej kolejności z jednej strony osiągnie sukces (bo układanka jest kompletna), ale z drugiej nie uzyska przewidywanego efektu (nie odczyta napisu, nie ułoży prawidłowego kształtu). Straci motywację do dalszej pracy.

---

<sup>5</sup> [Instrukcja tworzenia i adaptowania ilustracji i materiałów tyflograficznych dla uczniów niewidomych, 2011](#)

Zdecydowaliśmy się więc na takie zaprojektowanie puzzli, aby poszczególnych elementów danej układanki nie dało się połączyć w inny niż prawidłowy sposób. Puzzle mają pomóc dziecku w nauce języka grafiki, który jak każdy język wymaga ćwiczeń. Podstawowym warunkiem użyteczności pomocy dydaktycznych dla dzieci niewidomych jest ich prawidłowa edukacja graficzna, ale i podstawą edukacji graficznej jest dostęp do dobrze zrobionych grafik.

## **Wnioski z konsultacji z ekspertami - certyfikacja produktów oraz producenci filamentów**

Podczas realizacji działań przygotowawczych projektu „Wykorzystanie druku 3D w tworzeniu zabawek dla dzieci niewidomych” odbyły się konsultacje ze specjalistami zajmującymi się certyfikacją produktów przeznaczonych do zabawy oraz producentami filamentów.

Celem konsultacji było określenie, jakie normy prawne muszą zostać uwzględnione w procesie tworzenia zabawek w oparciu o druk 3D oraz wybór kilku filamentów, spełniających te wymogi. W dalszym etapie realizacji innowacji filamenty zostaną użyte do druku zaprojektowanych puzzli, a następnie przedstawione osobom testującym do zabawy. Zakładamy, że działania te pozwolą nam na wybór odpowiedniego materiału do przygotowania zabawek dla dzieci.

### **Przepisy prawne dotyczące zasad produkcji i wprowadzania zabawek na rynek UE**

Zasady produkcji i wprowadzania na rynek zabawek w Unii Europejskiej regulują określone przepisy prawne. Celem ujednolicenia tych zasad jest wytwarzanie bezpiecznych produktów wysokiej jakości i wprowadzenie przejrzystego i jasnego sposobu potwierdzania zgodności danego produktu z zapisami wspomnianych zapisów prawnych. Przepisy te obejmują ponad 40% wyrobów produkowanych w Unii Europejskiej, w tym zabawki. Zgodnie z definicją, za zabawkę uważa się każdy wyrób zaprojektowany i przeznaczony do zabawy przez dzieci do lat 14. Z obowiązku realizacji przepisów dyrektywy wyłączone są jedynie nieliczne, w tym wyroby kolekcjonerskie, pojazdy dla dzieci wyposażone w silnik elektryczny lub spalinowy, wyroby przeznaczone do użytku na publicznych placach zabaw, puzzle składające

się z liczby elementów większej niż 500, ozdoby choinkowe.

Podstawowym aktem prawnym regulującym zasady produkcji zabawek dla dzieci w krajach Unii Europejskiej jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/48/WE z dnia 18 czerwca 2009 r. w sprawie bezpieczeństwa zabawek. Na podstawie Dyrektywy każdy kraj europejski ustanawia własne prawo regulujące ten temat. W Polsce zapisy Dyrektywy ujęte są w Ustawie z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku, wraz z późniejszymi zmianami oraz Rozporządzeniu Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 20 października 2016 r. w sprawie wymagań dla zabawek, wraz z późniejszymi zmianami. Wskazane akty prawne stanowią podstawy prawne oznaczenia znakiem CE i są obligatoryjne dla producenta zainteresowanego wprowadzeniem danego produktu do obrotu. Jako producenta rozumie się tu każdą osobę fizyczną lub prawną, która wytwarza produkt lub która zleca zaprojektowanie lub wytworzenie produktu i oferuje ten produkt pod własną nazwą lub znakiem towarowym.

Dodatkowymi dokumentami koniecznymi do uwzględnienia w procesie produkcji zabawek są normy. Obowiązek spełnienia wymagań normatywnych w Polsce określony jest za pośrednictwem ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji. Art. 5, pkt 3 wspomnianej ustawy określa, że: „stosowanie polskich norm jest dobrowolne”, niemniej jednak producent rezygnujący z ich zastosowania musi dysponować własnymi dowodami, które zapewnią, że wyrób jest bezpieczny i spełnia „wymagania zasadnicze” zawarte w dyrektywach i przepisach europejskich.

## Normy puzzli stworzonych w ramach inicjatywy

W przypadku puzzli stworzonych w ramach inicjatywy konieczne jest zastosowanie norm wykazanych w poniższej tabeli.

Numer polskiej normy (pn):	Numer europejskiej normy (en):	Tytuł polskiej normy:
PN-EN 71-1+A1:2018-08	EN 71-1:2014+A1:2018	Bezpieczeństwo zabawek. Część 1: Właściwości mechaniczne i fizyczne.
PN-EN 71-2+A1:2014-06 Uwaga! Tą normę można stosować tylko do dnia 2022- 05-15. Po tej dacie należy zastosować normę: PN-EN 71-2:2021-05	EN 71-2:2011+A1:2014 EN 71-2:2020	Bezpieczeństwo zabawek. Część 2: Palność.
PN-EN 71-3:2019-07 PN-EN 71-3+A1:2021-09	EN 71-3:2019 EN 71-3:2019+A1:2021	Bezpieczeństwo zabawek. Część 3: Migracja określonych pierwiastków.
PN-EN 71-12:2017-03	EN 71-12:2016	Bezpieczeństwo zabawek. Część 12: Nnitrozoaminy i substancje N-nitrozowe.

Powyższe normy przewidują obowiązkowe do wykonania badania. Na podstawie tych dokumentów określić możemy:

- wymagania konstrukcyjne (EN 71-1, EN 71-2, EN 71-3, EN 71-12),
- wymagania w zakresie instrukcji obsługi (EN 71-1),
- wymagania w zakresie oznaczeń umieszczonych na produktach (EN 71-1).

Wymagania w zakresie norm EN 71-1 oraz EN 71-2 należy zweryfikować na gotowej zabawce. Ocenę przeprowadza się na podstawie wyników badań. Zabawka poddawana jest różnorodnym procesom, takim jak: ściskanie, skręcanie, zrzucanie, przewracanie, pomiar wielkości. Podczas tych badań analizowane jest zachowanie zabawki pod wpływem różnych czynników fizycznych. Ich celem jest ocena bezpieczeństwa produktu oraz określenie ograniczeń w zakresie użytkowania (np. wiek użytkownika, jego umiejętności czy konieczność asysty osoby dorosłej podczas zabawy).

Norma EN 71-2 (Bezpieczeństwo zabawek. Część 2: palność) określa rodzaje palnych materiałów, których stosowanie w jakichkolwiek zabawkach jest zabronione oraz wymagania dotyczące palności niektórych zabawek, jeżeli są one poddawane działaniu małego źródła zapłonu.

Kolejne normy EN 71-3 oraz 71-12 odnoszą się do składu chemicznego zabawki, w tym zawartości określonych pierwiastków i dopuszczalny poziom ich migracji z zabawek lub ich części.

Wymagania w zakresie norm EN 71-3 oraz EN 71-12 można zweryfikować na gotowej zabawce lub w surowcach (półproduktach), z których zabawka się składa. Osoba używająca jedynie półproduktów z certyfikatem zobowiązana jest do potwierdzenia ich właściwości i przechowywania uzyskanych od producenta dokumentów. Niestety, jak wskazały nasze liczne rozmowy z producentami filamentów, na polskim rynku nie ma produktu, który posiadałby deklarację zgodności z tą dyrektywą, a co za tym idzie, w pełni nadawałby się do produkcji zabawek bez konieczności przeprowadzania odpowiednich badań chemicznych. Konieczne jest przeprowadzenie badań chemicznych, które pozwoliłyby na ocenę zgodności.

Każda zabawka wprowadzona do sprzedaży powinna zostać poddana procesowi oceny zgodności z wymogami dyrektyw, na podstawie którego producent wystawia dokument potwierdzający tę zgodność – Deklarację zgodności UE.

Za producenta rozumie się tu każdą osobę fizyczną lub prawną, która wytwarza produkt lub która zleca zaprojektowanie lub wytworzenie produktu i oferuje ten produkt pod własną nazwą lub znakiem towarowym – od rękodzielnika tworzącego w domowym zaciszu ręcznie szyte maskotki po wielką firmę produkcyjną

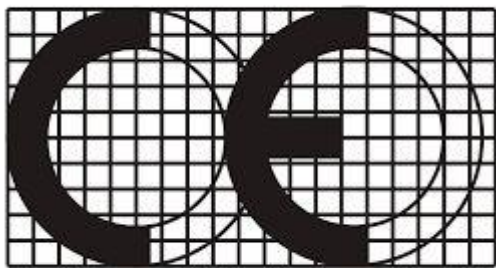


wytwarzającą w masowych ilościach klocki.

Do obowiązków producenta należy:

- zapewnienie spełnienia przez zabawkę zasadniczych wymagań bezpieczeństwa,
- sporządzenie dokumentacji technicznej zabawki i przechowywanie jej celem okazania organowi wyspecjalizowanemu przez okres 10 lat od wprowadzenia zabawki do obrotu,
- zapewnienia stosowania właściwych procedur mających na celu zapewnienie zgodności produkcji seryjnej z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa,
- przeprowadzenia właściwych procedur zgodności,
- sporządzenia deklaracji zgodności WE i przechowywania jej przez okres 10 lat.

Produkt posiadający Deklarację zgodności CE może zostać oznakowany specjalnym znakiem CE, przedstawiony na rys. 1



*Rys. 1 Specjalny znak CE*

## **Normy a filamenty dostępne na polskim rynku**

W celu znalezienia odpowiedniego filamentu odbyliśmy rozmowy z czołowymi polskimi producentami filamentów. Niestety, żaden z nich nie przeprowadzał nigdy analizy zgodności swoich produktów z dyrektywami, a niektórzy w ogóle nie wiedzieli, o co pytamy.

Wskazuje to na znaczne ograniczenia zastosowania druku 3D w produkcji zabawek przeznaczonych na sprzedaż. Wymaga bowiem od producenta przeprowadzenia badań fizyko-chemicznych, które pozwoliłyby na określenie, czy dany surowiec nadaje się do kontaktu z dziećmi. Badania są kosztowne, jednak ich przeprowadzenie wydaje się jedynym słusznym rozwiązaniem, jeśli planuje się wykonywanie pomocy na użytek inny niż domowy.

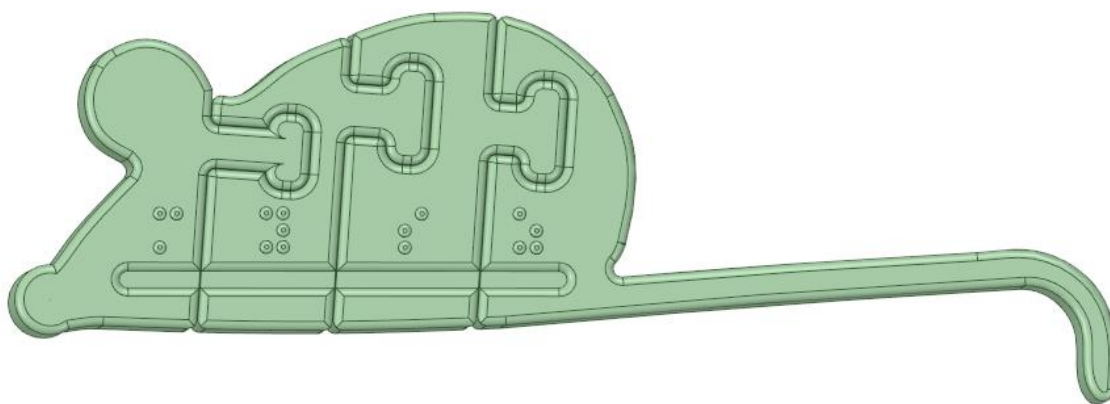
Druk 3D jest techniką, która ma wiele zalet, zwłaszcza na etapie prototypowania. Pozwala na stosunkowo szybkie i tanie opracowywanie kolejnych wersji tego samego produktu, wprowadzanie dowolnych zmian w projekcie i analizowanie osiągniętych efektów. Pozwala na przygotowywanie produktów spersonalizowanych, bez konieczności uruchamiania linii produkcyjnej. Wątpliwość budzi jednak jakość używanych materiałów. Bez odpowiednich badań nie sposób określić, czy wybrane surowce są w pełni bezpieczne dla dzieci, a co za tym idzie niemożliwe jest w pełni legalne wprowadzenie ich do sprzedaży.

## Specyfikacja techniczna zaprojektowanych puzzli

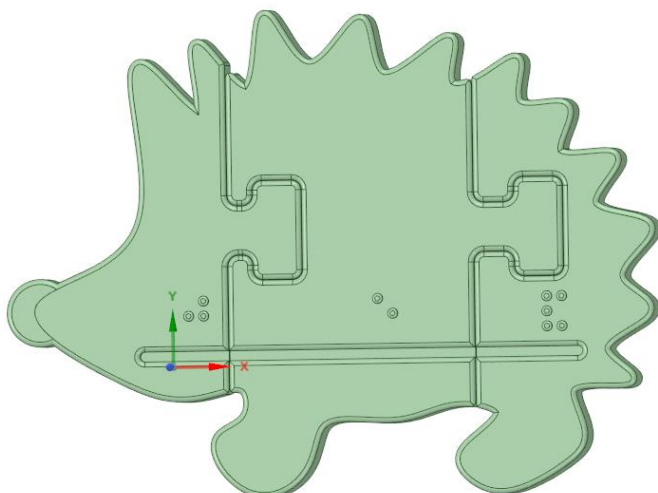
W wyniku konsultacji, wnioski, z których opisano powyżej, przygotowano 4 projekty puzzli: rybę, mysz, kota i jeża. Projekty zostały przygotowane w rozszerzeniu stl. Modele zaprojektowane są w taki sposób, żeby były bezpieczne dla dzieci, nie posiadają żadnych ostrych krawędzi.

Istotne parametry:

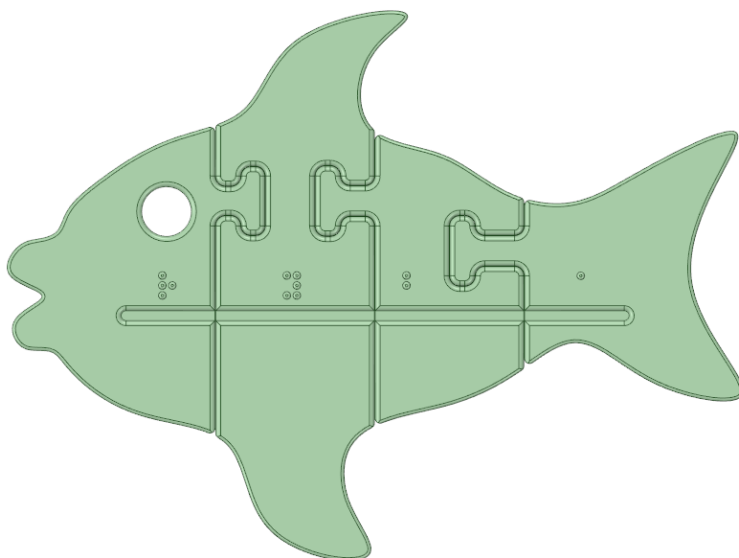
- ścianka grubości 2-3 mm (5-7 obrysów), TOP/BOTTOM=3mm,
- wypełnienie typu cubic z odległością między liniami 3mm, cienkie elementy (ogon myszy i kota) – wypełnienie 100%.



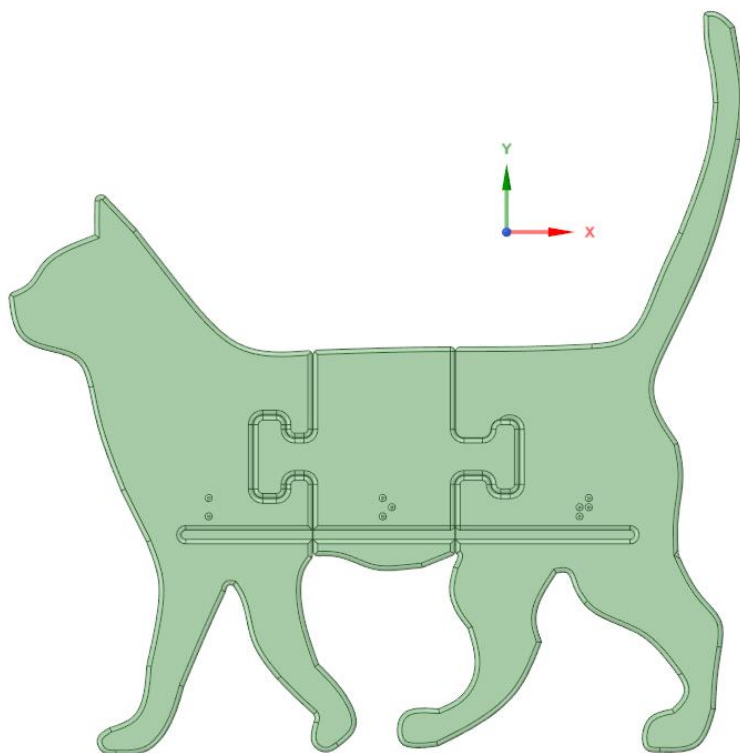
*Rys. 2 Projekt puzzli - mysz*



Rys. 3 Projekt puzzli – jeź



Rys. 4 Projekt puzzli – ryba



Rys. 5 Projekt puzzli – kot

Do testów wybrano 4 rodzaje filamentów, wyprodukowanych w Polsce przez wiodących producentów. Żaden z nich nie posiada deklaracji zgodności, a więc w przypadku wprowadzania produktów na rynek konieczne byłoby przeprowadzenie odpowiednich badań. Filamenty posiadają natomiast karty z deklarowanym składem chemicznym, będące przydatnym źródłem danych. Wybraliśmy tworzywo TPU oraz PLA różnych producentów.

Filament TPU - termoplastyczny poliuretan w postaci włókna, stosowany do druku 3D metodą FFF. Wydruki z TPU charakteryzują się dużą elastycznością i bardzo dobrym spajaniem warstw.

Sugerowane parametry druku:

- Temperatura głowicy 210-230°C
- Temperatura stołu 20-80°C
- Zalecane chłodzenie wydruku
- Zalecana niska prędkość druku

Filament PLA - termoplastyczny poliestr w postaci włókna, stosowany do druku 3D metodą FFF. PLA jest materiałem biodegradowalnym, wytwarzanym z odnawialnych surowców naturalnych. Dedykowany jest on przede wszystkim amatorom ze względu na bezproblemowe użytkowanie.

Sugerowane parametry druku:

- Temperatura głowicy 200-235°C
- Temperatura stołu 50-60°C
- Zalecane chłodzenie wydruku

Filament PET – politereftalan etylenu. Ma wysoką odporność chemiczną, a zawarty w składzie glikol zwiększa jego parametry wytrzymałościowe.

Sugerowane parametry druku:

- Temperatura głowicy 230-240°C
- Temperatura stołu 60-70°C
- Zalecane chłodzenie wydruku

W fazie testowania wydruki wykonane zostały z 5 różnych filamentów. Wybrano materiały:

- PLA firmy Fiberlogy, w kolorze białym,
- PLA firmy Colorfill, w kolorze czarnym,
- PET-G firmy Fiberlogy, w kolorze czerwonym, transparentnym,
- PET-G firmy Fiberlogy, bez dodatku barwnika – przezroczyste,
- Fiberflex 30D firmy Fiberlogy w kolorze szarym – elastomer o deklarowanej twardości w skali Shore'a 30D.

Dodatkowym elementem, który podlegał testom, a który nie pojawił się na etapie planowania innowacji była technologia wykonania punktów Braille'a. Pierwotnie projekty przygotowane zostały w dwóch wersjach: z wypukłymi punktami oraz z zaznaczonymi miejscami do nawiercenia i wklejenia uprzednio wydrukowanych kołeczków. Ostatecznie, w toku wstępnych prac i testów do ostatecznego testowania przez dzieci wybrane zostały puzzle z wydrukowanymi punktami oraz z naniesionymi punktami farbą UV.

# Przebieg testowania i wnioski

## Opis grupy testerów

Tak jak niejednorodna jest grupa osób z dysfunkcją wzroku, tak niejednorodna była grupa naszych testerów. Znalazły się w niej dzieci:

- z różnym rodzajem dysfunkcji narządu wzroku (od całkowicie niewidomych po niedowidzące),
- z różnym poziomem sprawności intelektualnej (od osób z umiarkowanym stopniem niepełnosprawności intelektualnej po dzieci funkcjonujące w normie),
- w różnym wieku (wiek testerów wahał się od 7 roku życia po dorosłość),
- z różnym poziomem umiejętności związanych z czytaniem alfabetu Braille'a.

Ta różnorodność pozwoliła nam na poznanie możliwości naszej innowacji i jej ograniczeń w odniesieniu do różnorodnej grupy, jaką jest grupa osób z dysfunkcją wzroku.

## Procedura przeprowadzania testu

Testowanie odbywało się zgodnie z opisaną procedurą, tak aby wyeliminować wpływ czynników związanych z instrukcją obsługi puzzli na zachowanie osób testujących. Dzieci spotykały się z nami indywidualnie, tak aby nie sugerowały się tym, co słyszały od koleżanek i kolegów.

Puzzle przedstawiane były w następującej kolejności: jeź, ryba, kot, mysz. Dzieci układały puzzle wykonane z różnych materiałów. Pierwszy zestaw puzzli prezentowany był w prawidłowej kolejności: przed dzieckiem - na stoliku, kładliśmy po kolei elementy z literami: K, O, T. Dziecko miało okazję z naszą pomocą poznać układankę. Otrzymywało słowną instrukcję, w której znalazły się następujące informacje:



- jaka jest ogólna tematyka układanek (układamy wizerunki różnych zwierząt),
- z czego składa się cała układanka (ilość poszczególnych elementów),
- puzzle są zorientowane w pionie - dół każdego z elementów wyznacza pozioma, wklęsła linia,
- na każdym elemencie znajduje się litera w alfabecie Braille'a,
- litery składają się słowo, a liczba puzzli odpowiada liczbie liter w nazwie danego zwierzęcia,
- o sposobie łączenia puzzli (jeden element zawiera otwór, drugi wypustkę, jeden należy odpowiednio nałożyć na drugi).

Przy pierwszej układance testujący pomagał dziecku odnaleźć poszczególne elementy i nałożyć je na siebie, tak aby poznało zasadę łączenia puzzli. Kolejne, w miarę możliwości, dzieci układały same, z pomocą testującego jeśli było to potrzebne. Testujący obserwował, jak dzieci radzą sobie z układankami i jak na nie reagują. Szczególną uwagę poświęciliśmy temu, jak dzieci odczytują litery oraz jaką strategię układania puzzli wybierają.

Po ułożeniu danej układanki rozmawialiśmy z dziećmi o kształcie danej układanki: dzieci próbowały lokalizować poszczególne części ciała ułożonych zwierząt, badały fakturę, mówiły o swoich odczuciach i przemyśleniach. Na końcu pytaliśmy o to, czy któraś z faktur wydawała im się przyjemniejsza od pozostałych i dlaczego.

## Ogólne wrażenia

Wszystkie dzieci uczestniczące w testowaniu innowacji były zaciekawione zadaniem, które przed nimi postawiliśmy. Wyrażały bardzo pozytywne opinie na temat puzzli. Z radością czekały na kolejną układankę, dobrze bawiły się próbując odczytać litery. Były bardzo zmotywowane do ułożenia wszystkich kształtów. Większość mówiła, że chciałaby ułożyć więcej zwierząt i była zasmucona, że mamy tylko cztery zestawy. Dzieci z radością odkrywały poszczególne części ciała zwierzątek i próbowały się nimi bawić (stawiać na stole, "chodzić nimi" po blacie).

Znaczna część uczestników testowania dobrze czuła się również w roli specjalisty, wypowiadając się na temat układanek i próbując udzielić nam rzetelnej informacji zwrotnej.

## Strategia układania

W zależności od swoich możliwości dzieci w różny sposób próbowały ułożyć układankę. Te, które lepiej radziły sobie z rozpoznaniem poszczególnych liter oraz syntezą całego słowa, skupiały się w pierwszej kolejności na ustaleniu, jakie zwierzę próbują ułożyć i w jakiej kolejności powinny znajdować się puzzle. Następnie łączyły ze sobą poszczególne elementy. Natomiast te dzieci, które miały większe trudności z odczytaniem liter i ułożeniem wyrazu próbowały najpierw dopasowywać do siebie puzzle, a następnie rozszyfrować ułożone słowo. Każda strategia była dobra, bo ostatecznie prowadziła do pozytywnego efektu - dzieci były w stanie złożyć wszystkie elementy w całość. Zdecydowanie więcej trudności sprawiała im myszka, która była najmniejsza. Najłatwiejszy z kolei okazał się jeź, który miał elementy z nieco większym, a więc w efekcie bardziej czytelnym Braille'm.

## Faktura puzzli

Większość dzieci nie dostrzegała różnicy między układankami wydrukowanymi z materiałów PET i PLA. Filament gumo-podobny był zdecydowanie inny w dotyku, miękniejszy, ale trudniej było rozpoznać na nim poszczególne litery. Z tego filamentu wydrukowaliśmy jedynie 2 zestawy, ponieważ już na etapie druku wydał nam się nieodpowiedni do tego rodzaju zabawki.

Dzieci nie potrafiły wskazać, który filament jest przyjemniejszy w dotyku (pomiędzy PLA i PET) oraz uzasadnić swojego wyboru. Większość z nich mówiła, że oba są przyjemne w dotyku.

## Kształty zwierząt

Wydaje się, że kształty zostały prawidłowo zaprojektowane. Większość dzieci radziła sobie z odnalezieniem poszczególnych części ciała zwierząt, nawet jeśli wymagało to pomocy z zewnątrz. Dzieci bardzo entuzjastycznie wypowiadały się o kształtach układanek, mówiąc np.: „jaki ładny kotek”, „jakie ma fajne uszy”, „tak, to jest mysz!”. Co ciekawe, kilkoro dzieci zastanawiało się, dlaczego myszka ma ogonek "w dół", a nie "w górę" - najwyraźniej taki układ jest rozbieżny z kształtem myszy, jaki grupa testujących innowacje dzieci zbudowała w swoich głowach.



*Rysunek 6. Różne kształty puzzli*

## Łączenia

Zaproponowane łączenia okazały się być dużo lepsze niż te pochodzące z hinduskiego oryginału. Dzieci z czasem uzyskiwały wprawę w prawidłowym łączeniu puzzli, radząc sobie z tym coraz sprawniej. Dobrym pomysłem było uniemożliwienie polaczenia puzzli w innej kolejności niż prawidłowa. Ułatwiało to dzieciom odpowiednie dobieranie elementów.

## Nadruk punktów Braille'a

Niestety punkty Braille'a stworzone w druku 3D nie były odpowiednio czytelne. Kropki niejako zlewały się ze sobą, mimo pracy włożonej w szlifowanie poszczególnych elementów. W jednej układance zastosowano punkty powiększone wobec norm zaproponowanych przez PZN. Te kropki były nieco bardziej czytelne dla dzieci. Najtrudniejsze do rozpoznania okazały się litery o zbliżonym układzie kropek, w których ich ilość była większa: dzieci miały trudności z rozróżnieniem tych samych liter.

Na etapie tworzenia prototypów rozważaliśmy stworzenie modeli, których drukowane kropki zastąpione zostaną kołeczkami umieszczonymi w odpowiednich otworach. W trakcie drukowania okazało się to jednak nietrafionym pomysłem. Zdecydowaliśmy się natomiast przetestować naniesienie kropek z farby UV na płaski wydruk.

Niestety ta metoda również okazała się nietrafiona – mimo, że kropki były czytelne i przyjemne w dotyku, a ponadto dodawały puzzlom uroku wizualnego, były nietrwałe (po kilku próbach dotykania niektóre punkty odpadły).



*Rysunek 7. Alfabet Braille'a w druku 3D*



*Rysunek 8. Alfabet Braille'a z farby UV*

## Opinie pań nauczycielek

O układankach równie entuzjastycznie co dzieci wypowiadały się panie nauczycielki. Tak samo jak dzieci, miały trudności w rozpoznaniu poszczególnych liter Braille'a, choć paniom bez trudności w widzeniu przychodziło to o wiele łatwiej niż jednej z nich, będącej osobą niewidomą. Nic dziwnego - rozpoznawanie liter poprzedzone było wcześniejszym wzrokowym ustaleniem, jakie zwierzątko przedstawiają dane puzzle.

Doceniony został również duży wachlarz umiejętności i doznań, jakich doświadczają dzieci w trakcie zabawy. Te puzzle to nie tylko nauka czytania i syntezy słów, ale również narzędzie przydatne w nauce orientacji przestrzennej, rozwijania wyobraźni czy poznawania kształtów.

Panie mówiły o potencjalnym szerokim zastosowaniu puzzli w nauce i ćwiczeniu umiejętności czytania. Doceniły zabawowy charakter układanek i ich użyteczność w stosunku do dzieci z różnymi rodzajami trudności. Każda z pań miała też swoje pomysły na ich zastosowanie i ewentualne modyfikacje (stworzenie większej liczby układanek przedstawiających nie tylko zwierzęta, ale i inne przedmioty, zawierających litery, liczby, słowa w języku angielski, zastosowanie wypukłości).

## Wnioski z badań z grupą docelową

Testowanie innowacji z grupą dzieci z dysfunkcją wzroku doprowadziło nas do następujących wniosków:

- puzzle mają duży potencjał pod kątem wsparcia dzieci z dysfunkcją wzroku w rozwijaniu różnych umiejętności,
- puzzle takim kształcie i technologii są atrakcyjne dla dzieci, motywują je do wysiłku, szukania różnych sposobów rozwiązania zadania,
- zastosowane materiały - filamenty PLA i PET są przyjemne w dotyku, a więc zabawka ma szansę być chętnie używana i eksploatowana przez dzieci,
- w trakcie zwykłej zabawy nie doszło do żadnych uszkodzeń, a więc zastosowane materiały zdają się być bezpiecznie,
- dalszych prac wymaga technologia druku kropek Braillofskich, tak aby były dla dzieci czytelne - wtedy zabawka ma sens.

Zastosowana technologia nie jest doskonała i mimo, że panie nauczycielki mówiły, że "lepsze takie niż żadne", z pewnością wymaga to dalszej analizy i znalezienia dobrego rozwiązania.





*Rysunek 9. Zdjęcie z testów*



*Rysunek 10. Zdjęcie z testów*



# Badanie własności wytrzymałościowych i mechanicznych filamentów przeznaczonych do produkcji puzzli

## Metodyka

Próbki wykonane z wybranych materiałów poddano testom jednoosiowego rozciągania. Testy zostały przeprowadzone zgodnie z normą ISO 527:3. Dla każdego materiału wykonano próbki w kształcie wiosełka z trzema różnymi wypełnieniami: 30%, 65% i 100%. Dla każdej konfiguracji wydrukowano po 3 próbki.

Próbki wykonano na drukarkach 3D *Prusa MK3S* wyposażonych w dysze o średnicy 0.4 mm. Pliki wykonawcze, tj. pliki \*.gcode, wygenerowano w programie *PrusaSlicer 2.4.2*. Bazując na profilu drukowania zdefiniowanym w programie, tj. profilu „0.20mm SPEED”, dokonano następujących modyfikacji ustawień:

- procentowego wypełnienia: odpowiednio 30%, 65% i 100%,
- liczby zwartych warstw górnych i dolnych: 1,
- wzoru wypełnienia: linie równoległe.

Dodatkowo, dla materiału Fiberflex zredukowano prędkość druku do 30mm/s.

Testy przeprowadzono na dynamicznej maszynie wytrzymałościowej Instron8872 o maksymalnej sile rozciągania/ściskania 10kN oraz maksymalnym skoku 10 cm. Próbki rozciągano z prędkością 0.2mm/s, w temperaturze pokojowej. Informacje o sile i przemieszczeniu w trakcie pomiaru rejestrowano w programie WaveMatrix. Częstotliwość próbkowania sygnałów wynosiła 1kHz.

Dla wybranych materiałów wykonano dodatkową serię próbek, które drukowano z użyciem dyszy o średnicy 0.8mm. Pliki wyjściowe wygenerowano w programie *PrusaSlicer*, bazując na profilu drukowania „0.55mm DRAFT”. Podobnie jak poprzednio, wprowadzono modyfikacje odnośnie procentowego wypełnienia, liczby zwartych warstw górnych i dolnych oraz wzoru wypełnienia.

Dla wybranych próbek przeprowadzono test jednoosiowego rozciągania z wykorzystaniem komory temperaturowej w celu weryfikacji zachowania wydruków w podwyższonej temperaturze wynoszącej 45°C.

Finalnie, w tabelach od 1 do 6 przedstawiono zestawienie wszystkich analizowanych konfiguracji próbek

## Temperatura otoczenia ~26 °C

**Materiał: PLA, białe**

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.4/0.2	30	3
0.4/0.2	65	3
0.4/0.2	100	3

Tabela 1. Zestawienie parametrów dla materiału PLA, białego, ~26°C

**Materiał: PLA, czarne**

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.4/0.2	30	3
0.4/0.2	65	3
0.4/0.2	100	3

Tabela 2. Zestawienie parametrów dla materiału PLA, czarnego, ~26°C

**Materiał: PET-G, przezroczyste**

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.4/0.2	30	3

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.4/0.2	65	3
0.4/0.2	100	3

Tabela 3. Zestawienie parametrów dla materiału PET-G, przezroczystego, ~26°C

**Materiał: PET-G, czerwone**

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.8/0.55	30	3
0.8/0.55	65	3
0.8/0.55	100	3

Tabela 4. Zestawienie parametrów dla materiału PET-G, czerwonego, ~26°C

### Temperatura otoczenia 45 °C

**Materiał: PLA, czarne**

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.8/0.55	30	3
0.8/0.55	65	3
0.8/0.55	100	3

Tabela 5. Zestawienie parametrów dla materiału PLA, czarnego, 45°C

**Materiał: PET-G, przezroczyste**

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek

Średnica dyszy [mm] / wysokość warstwy [mm]	Wypełnienie [%]	Liczba wykonanych próbek
0.8/0.55	30	3
0.8/0.55	65	3
0.8/0.55	100	3

Tabela 6. Zestawienie parametrów dla materiału PET-G, przezroczystego, 45°C

Suma wszystkich prób: 63.

## Wnioski z badań

Na podstawie badania stwierdzono największą sztywność dla próbek wykonanych z PLA, natomiast największą wytrzymałość osiągały wydruki z PET-G. Wiosełka wykonane z materiału elastycznego jako jedyne nie uległy zerwaniu w trakcie testu jednoosiowego rozciągania, pomimo wymuszonych znacznych odkształceń. Z perspektywy produkcji zabawek cecha ta wydaje się stanowić istotną zaletę. Niemniej, zleceniodawca przekazał, że testowe puzzle były zbyt elastyczne, sprawiając problem osobom niewidomym w połączeniu ze sobą kolejnych elementów układanki. Z powyższego powodu zrezygnowano z dalszych testów rozważanego materiału.

Kolejnym istotnym aspektem jest odporność elementów na podwyższoną temperaturę. Zarówno w przypadku PLA, jak i PET-G stwierdzono zadowalającą wytrzymałość próbek w temperaturze 45°C. Dodatkowo, należy mieć na uwadze, że grubość próbek wynosi 4mm, podczas gdy grubość puzzli 13mm, skutkując znacznie większą wytrzymałością finalnego produktu.

Autor raportu sugerowałby wykonywanie finalnych elementów z materiału PET-G ze względu na widoczny mniejszy wpływ temperatury na wytrzymałość wydruków dla litych próbek w porównaniu do wyników otrzymanych dla PLA. Dodatkowo, PET-G charakteryzuje się większym zakresem odkształceń plastycznych od PLA dla wszystkich analizowanych wartości wypełnienia, redukując ryzyko pęknięcia

finalnego elementu i powstania ostrych krawędzi np. podczas zrzucenia wydruku ze znacznej wysokości na twarde podłoże.

Finalnie, warto rozważyć druk z niestandardowymi parametrami procesowymi.

Szczególnie wartym uwagi jest możliwość zastosowania dyszy o większej średnicy otworu, wyższej wysokości warstwy oraz nielitego wypełnienia. Na podstawie przeprowadzonych testów stwierdzono zadowalające wyniki dla dyszy o średnicy 0.8mm, wysokości warstwy 0.55mm oraz wypełnienia 65%, zwiększając trzykrotnie wydajność produkcyjną w stosunku do standardowych ustawień. Dodatkowo, dla nielitych wydruków stwierdzono zwiększenie wytrzymałości próbek, wykonanych zarówno z PLA, jak i PET-G, dla zastosowanej dyszy większej średnicy i wyższych warstwach.

## Wnioski z przeprowadzonej innowacji

Realizacja innowacji pn. „Wykorzystanie druku 3D w tworzeniu zabawek dla dzieci niewidomych” okazała się fascynującą przygodą dla wszystkich osób w nią zaangażowanych. Udało nam się stworzyć kilka wzorów puzzli dla dzieci z dysfunkcją wzroku, które mogą posłużyć do atrakcyjnego sposobu ćwiczenia umiejętności czytania alfabetem Braille’a, zdolności manualnych, a także rozwijania wyobraźni i wiedzy o świecie. Wzory, które powstały w ramach projektu podobały się zarówno dzieciom, jak i nauczycielkom, co ogromnie nas cieszy. Sukcesem jest z pewnością stworzenie odpowiednich kształtów, rodzajów połączeń i wybór przyjemnych w dotyku materiałów.

Jak każdy projekt innowacyjny, tak i nasze puzzle, wymagają dalszych prac. Dwa podstawowe obszary ich niedoskonałości to wydruk punktów Braille’a i możliwość ich w pełni zgodnego z prawem wprowadzenia do obrotu, a więc i wykorzystywania w placówkach szkolnych. Punkty alfabetu Braille’a nie są wystarczająco czytelne. Dzieci myliły poszczególne litery, nie były w stanie ustalić układu punktów. Nieco mniej trudności sprawiało im czytanie punktów powiększonych względem norm PZN, jednak i to rozwiązanie nie jest w pełni satysfakcjonujące. Ciekawym pomysłem okazało się naniesienie punktów za pomocą farby UV, jednak ta metoda nie przetrwała podstawowej próby czasu.

Kolejnym mankamentem jest kwestia braku deklaracji zgodności filamentów wykorzystywanych do druku 3D z normami unijnymi odpowiednimi do produkcji zabawek. Aby nasze puzzle mogły być oficjalnie wykorzystywane w szkołach konieczne byłoby przeprowadzenie obszernych testów, obejmujących zarówno sam materiał (filament), jak i zabawkę. Na podstawie naszych, wstępnych badań, materiałem o największym zastosowaniu wydaje się filament PET-G. Same zabawki są trwałe, nie ulegają uszkodzeniu podczas zabawy, nie zawierają małych elementów, badania ich fizycznych parametrów nie powinny więc stanowić problemu. Podsumowując, innowacja zakończyła się pomyślnie, jednak produkt, który powstał w jej toku wymaga dalszych prac i udoskonaleń, aby w pełni realizować swoją misję.

Sam pomysł wydaje się być ciekawą alternatywą do obecnych na rynku zabawek czy pomocy dydaktycznych, możliwą do zmodyfikowania zgodnie z indywidualnymi potrzebami, a na szczególną uwagę zasługuje fakt, że został pozytywnie oceniony przez nauczycielki pracujące z osobami niewidomymi i same dzieci.



## Bibliografia

1. [Instrukcja tworzenia i adaptowania ilustracji i materiałów tyflograficznych dla niewidomych](#)
2. [Zasady Polskiego Związku Niewidomych dotyczące napisów Brailu na opakowaniach leków](#)
3. [Zasady redagowania tyflografiki – Elżbieta Więckowska FSK](#)



