

# Druk 3D

# Podręcznik

# do warsztatów

# praktycznych



3D FOR VET



Projekt współfinansowany  
w ramach programu Unii Europejskiej  
Erasmus+

Publikacja została zrealizowana przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za jej zawartość merytoryczną.



# Opracowanie

## Koordynacja:

- Region Istria, Regionalny Koordynator Programów i Funduszy Europejskich Regionu Istria, Chorwacja

## Projekt:

- Regionalny Koordynator Programów i Funduszy Europejskich Regionu Istria,
- MPS d.o.o., Chorwacja

## Grupa Zadaniowa - Partnerzy Projektu:

- Regionalny Koordynator Programów i Funduszy Europejskich Regionu Istria, Chorwacja
- Uniwersytet Nauk Stosowanych w Karyntii, Austria
- Technikum w Puli, Chorwacja
- Ośrodek Badawczy METRIS, Chorwacja
- Województwo Małopolskie, Polska
- Publiczny Ośrodek Szkolenia i Edukacji Zawodowej w Poniewieżu, Litwa
- Zespół Szkół nr 2 im. Jana Pawła II w Miechowie, Polska

Wydawca:

Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego

Departament Edukacji

Os. Teatralne 4a, 31-945 Kraków

Kraków, 2020 r.

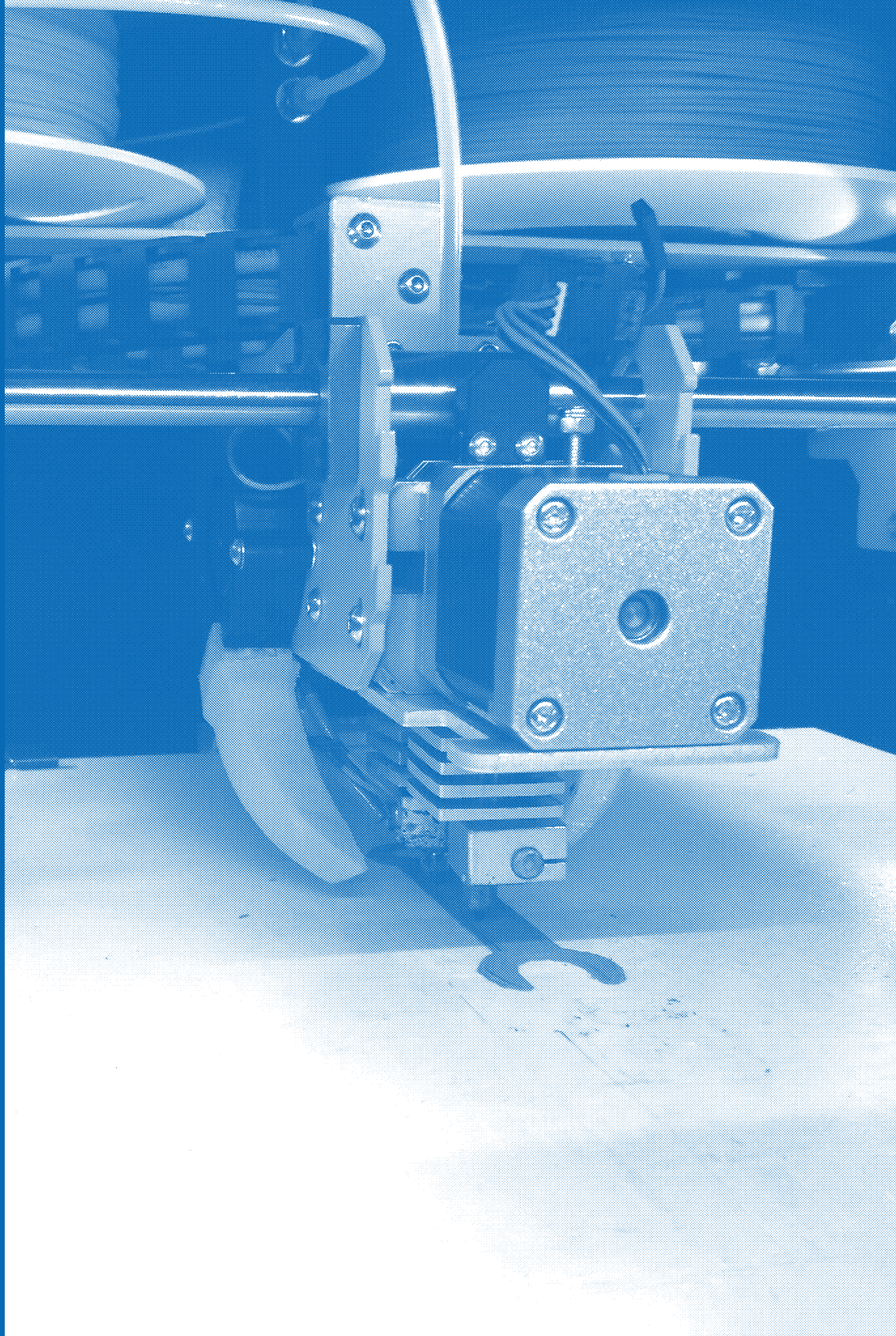
ISBN: 978-83-65325-72-3

Nakład: 100 egz.

EGZEMPLARZ BEZPŁATNY



Publikacja została zrealizowana przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za jej zawartość merytoryczną.



# Spis treści

<b>1.</b>	<b>Ogólna charakterystyka projektu i podręcznika</b>	<b>6</b>
1.1.	Geneza projektu	6
1.2.	Informacje o projekcie	7
1.3.	Założenia i struktura podręcznika	7
<b>2.</b>	<b>WSPÓLNE SZKOLENIA DLA NAUCZYCIELI</b>	<b>8</b>
2.1.	Pierwsze wspólne szkolenie dla nauczycieli	9
2.2.	Drugie wspólne szkolenie dla nauczycieli	9
2.3.	Trzecie wspólne szkolenie dla nauczycieli	10
<b>3.</b>	<b>„Blended mobility” uczniów ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego</b>	<b>13</b>
3.1.	Pierwsze wydarzenie „blended mobility” dla uczniów ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego, publiczny ośrodek szkolenia i edukacji zawodowej w Poniewieżu (Litwa), 23 – 27 kwietnia 2018 r.	13
3.2.	Drugie wydarzenie „blended mobility” dla uczniów ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego, Technikum w Puli (Chorwacja) 8 – 12 kwietnia 2019 r.	14
<b>4.</b>	<b>Studium przypadku</b>	<b>16</b>
4.1.	Opis studium przypadku	16
4.2.	Studium przypadku – charakterystyka ogólna	16
4.3.	Rozmowy z przedsiębiorcami	19
4.4.	Studium przypadku – charakterystyka ogólna	19
<b>5.</b>	<b>Przykłady ćwiczeń praktycznych z użyciem drukarki 3D</b>	<b>20</b>
5.1.	Ćwiczenie „kość do gry”	20
5.2.	Ćwiczenie „brelok lego”	23
5.3.	Ćwiczenie „przybornik na biurko”	26
5.4.	Ćwiczenie „model klucza (płaskiego)”	30
5.5.	Ćwiczenie „silnik czterocyldrowy”	34
5.6.	Ćwiczenie „turbina wiatrowa”	38
5.7.	Ćwiczenie „budowa wału osiowego”	42
<b>6.</b>	<b>Podręcznik – podsumowanie</b>	<b>46</b>

# 1 Ogólna charakterystyka projektu i podręcznika

## 1.1.

### *Geneza projektu*

We wszystkich krajach europejskich dynamiczny rozwój techniczny i światowa konkurencja są przyczyną nieustannego wzrostu zapotrzebowania na wykwalifikowanych pracowników. Przedsiębiorstwa z różnych sektorów poszukują pracowników, którzy posiadają wysoce specjalistyczną wiedzę z zakresu nowoczesnych technologii i po zakończeniu swojej edukacji są przygotowani do tego, aby sprostać potrzebom cyfrowego świata.

Aby nadążyć za potrzebami rynku pracy ośrodki kształcenia i szkolenia zawodowego muszą być na bieżąco z nowoczesnymi technologiami i przekazywać swoim uczniom wiedzę, która pozwoli im sprostać wymogom pracodawców. Inwestowanie w nowoczesne kształcenie spowoduje, że ośrodki te staną się atrakcyjne dla młodych ludzi, którzy będą mogli uzyskać w nich, a potem aktualizować kompetencje zawodowe.

Mając na uwadze nowe tendencje na rynkach światowych i na rynku pracy oraz własne doświadczenie na arenie międzynarodowej w odniesieniu do różnych programów i inicjatyw unijnych, Region Istria zdecydował się stworzyć międzynarodowe partnerstwo zrzeszające na zasadzie współpracy wielostronnej inne regiony europejskie, w tym Karyntię (Austria) i Małopolskę. Partnerzy oraz ich szkoły i ośrodki kształcenia opracowali projekt **3D FOR VET** (3D dla ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego) - **Strategiczne partnerstwo dla rozwoju kompetencji w obszarze technologii 3D** oraz z powodzeniem wnioskowali o jego dofinansowanie. Wniosek został uznany za najlepszy i otrzymał dofinansowanie z programu **ERASMUS+ w ramach Akcji Kluczowej 2 – Partnerstwa strategiczne w sektorze kształcenia i szkolenia zawodowego**. Całkowity budżet projektu wynosi 250 585,00 EUR. Jego realizację rozpoczęto we wrześniu 2017 r., a zakończenie przewiduje się na sierpień 2020 r.

## 1.2.

### **Informacje o projekcie**

Celem projektu 3D FOR VET - Strategiczne partnerstwo dla rozwoju kompetencji w obszarze technologii 3D, jest poprawa sytuacji uczniów technicznych szkół zawodowych na rynku pracy poprzez włączenie tematyki dotyczącej technologii 3D do formalnych programów kształcenia, praktyczne wykorzystanie ich wiedzy oraz wspólną pracę z kolegami i koleżankami z innych krajów UE. Grupami docelowymi, które mają w założeniu najbardziej skorzystać z projektu są uczniowie i nauczyciele placówek kształcenia i szkolenia zawodowego biorących udział w projekcie oraz dwa partnerskie samorządy regionalne. W projekcie biorą udział partnerzy z czterech krajów europejskich: Chorwacji, Litwy, Austrii i Polski. Wśród partnerów zaangażowanych w realizację projektu znalazły się: Technikum w Puli, ośrodek badawczy METRIS, Publiczny Ośrodek Szkolenia i Edukacji Zawodowej w Poniewieżu, Uniwersytet Nauk Stosowanych w Karyntii, Województwo Małopolskie i Zespół Szkół nr 2 im. Jana Pawła II w Miechowie. Partnerem wiodącym jest Regionalny Koordynator Programów i Funduszy Europejskich Regionu Istria. W toku realizacji projektu podejmowane są różne działania mające na celu poprawę możliwości edukacyjnych szkół partnerskich, wzrost konkurencyjności uczniów dzięki zapoznaniu ich z technologiami 3D oraz promocję wykorzystania nowoczesnych technologii w szkolnictwie na poziomie szkół średnich. Poniżej opisano główne działania realizowane w ramach projektu.

## 1.3.

### **Założenia i struktura podręcznika**

Jednym z najważniejszych działań realizowanych w ramach projektu jest opracowanie podręcznika do prowadzenia praktycznych warsztatów poświęconych technologii druku 3D. Podręcznik ma za zadanie wspomóc nauczycieli i ośrodki kształcenia i szkolenia zawodowego w procesie edukacyjnym oraz zapewnić im wytyczne i ćwiczenia praktyczne do realizacji podczas lekcji. Partnerzy projektu mają nadzieję, że podręcznik ten stanie się dla nauczycieli i szkoleniowców z ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego przydatnym narzędziem do prowadzenia warsztatów poświęconych technologii 3D w oparciu o praktyczne przykłady i doświadczenia wszystkich instytucji partnerskich zgromadzone podczas warsztatów przeprowadzonych w ramach projektu. Wartością dodaną podręcznika są studia przypadku, które przedstawiają system kształcenia i szkolenia zawodowego w krajach partnerskich. Studia przypadku pozwalają znaleźć różnice oraz punkty stykowe pomiędzy poszczególnymi systemami kształcenia w wymienionych czterech krajach, dzięki czemu podręcznik może znaleźć zastosowanie we wszystkich ośrodkach kształcenia i szkolenia zawodowego w krajach uczestniczących w projekcie, a także wśród młodzieży ze szkół średnich. Ponadto podręcznik zawiera opis ćwiczeń i metodologii stosowanych podczas warsztatów zorganizowanych w ramach projektu.

- Podręcznik składa się z 6 rozdziałów, z których każdy rozpoczyna się od krótkiego opisu oraz prezentacji celów.

## 2 Wspólne szkolenia dla nauczycieli

W ramach projektu zrealizowano trzy kilkudniowe szkolenia (short-term) - dwa z nich zorganizował Uniwersytet Nauk Stosowanych w Karyntii w miejscowości Villach w związku z bogatym doświadczeniem w dziedzinie nowych technologii, natomiast trzecie odbyło się w ośrodku badawczo-rozwojowym chorwackiego Regionu Istria - METRIS - w miejscowości Pula.

Głównym celem tych szkoleń (warsztaty dla nauczycieli dotyczące użycia technologii 3D w kształceniu i szkoleniach zawodowych) jest ułatwienie nauczycielom zdobywania aktualnej wiedzy z zakresu nowoczesnych technologii oraz przekazywania tej wiedzy swoim uczniom. Szkolenie nauczycieli z ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego jest jednym z warunków wstępnych modernizacji tego typu szkół. Cel ten zostanie osiągnięty dzięki współpracy pomiędzy instytucjami edukacyjno-szkoleniowymi. Pozwoli to uzyskać znaczącą poprawę w zakresie promocji oferty kształcenia zawodowego, nawiązywania kontaktów zawodowych oraz porównania do innych instytucji, a także wymiany informacji i doświadczeń.

Podczas szkoleń zorganizowanych w Austrii i Chorwacji omówione zostały aktualne metody nauczania, tematy związane z wykorzystaniem nowoczesnych technologii w procesie uczenia się oraz plany nauczania i planowane w najbliższym czasie działania. Nauczyciele zapoznali się z ogólnymi informacjami i praktycznymi przykładami dotyczącymi sposobów programowania i obsługi drukarki 3D oraz byli zachęceni do wdrażania dostępnych technologii podczas swoich lekcji.

W trakcie warsztatów uczestnicy podnieśli swoje kompetencje nauczycielskie, które mają istotne znaczenie w przekazywaniu wiedzy uczniom podczas warsztatów organizowanych w ich szkołach.

Pierwsze szkolenie dla nauczycieli w miejscowości Villach

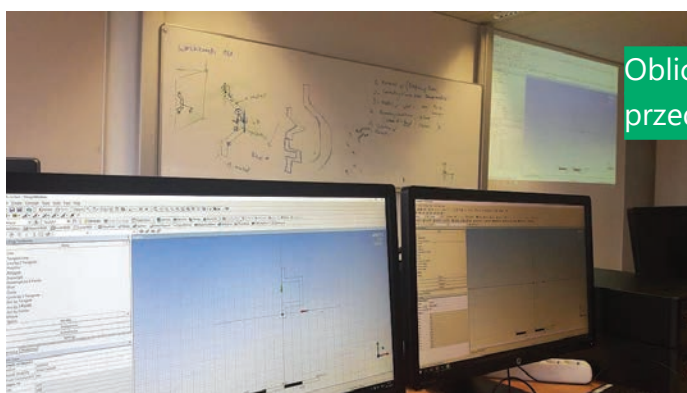




## 2.1.

### *Pierwsze wspólne szkolenie dla nauczycieli*

Pierwsze wspólne szkolenie – warsztaty dla nauczycieli z ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego poświęcone technologii 3D zostało zorganizowane w październiku 2017 r. przez Uniwersytet Nauk Stosowanych w Karyntii w miejscowości Villach. Wzięli w nim udział nauczyciele ze szkół partnerskich. Uczestnicy zapoznali się z technologiami druku 3D, podstawami konstrukcji i zasadami projektowania wydruków 3D, a także technikami symulacji i optymalizacji w technologii 3D. Zaprezentowane zostały także metody i narzędzia pozwalające na opracowywanie indywidualnie dopasowanych technik druku 3D. Przeanalizowano i omówiono różne metody, rodzaje i zastosowania druku 3D. Podczas zajęć praktycznych zastosowano kilka narzędzi do rysowania w 2D i 3D, oprogramowanie do tworzenia modeli oraz programy do testowania materiałów. Wszyscy uczestnicy kreśliли i drukowali własne modele 3D.



Obliczenia i przygotowania przed wydrukiem – Villach

## 2.2.

### *Drugie wspólne szkolenie dla nauczycieli*

Uniwersytet Nauk Stosowanych w Karyntii zorganizował także drugie kilkudniowe wspólne szkolenie – warsztaty dla nauczycieli z ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego poświęcone technologii 3D, które odbyło się w dniach 3-6 grudnia 2018 r. Wśród głównych tematów spotkania znalazły się: możliwości i korzyści wynikające z wykorzystania druku 3D w procesie edukacji, przykłady praktycznych zastosowań druku 3D w nauczaniu różnych przedmiotów szkolnych, metoda praktycznego wykorzystania technologii generative design oraz FDM, rola druku 3D w przemyśle 4.0, solidność konstrukcyjna przedmiotów powstałych w wyniku druku 3D oraz zastosowanie druku 3D w inżynierii mechanicznej. Szczególną uwagę poświęcono wynikom pierwszego szkolenia zorganizowanego w miejscowości Villach.



Przedstawiciele szkół partnerskich – Villach

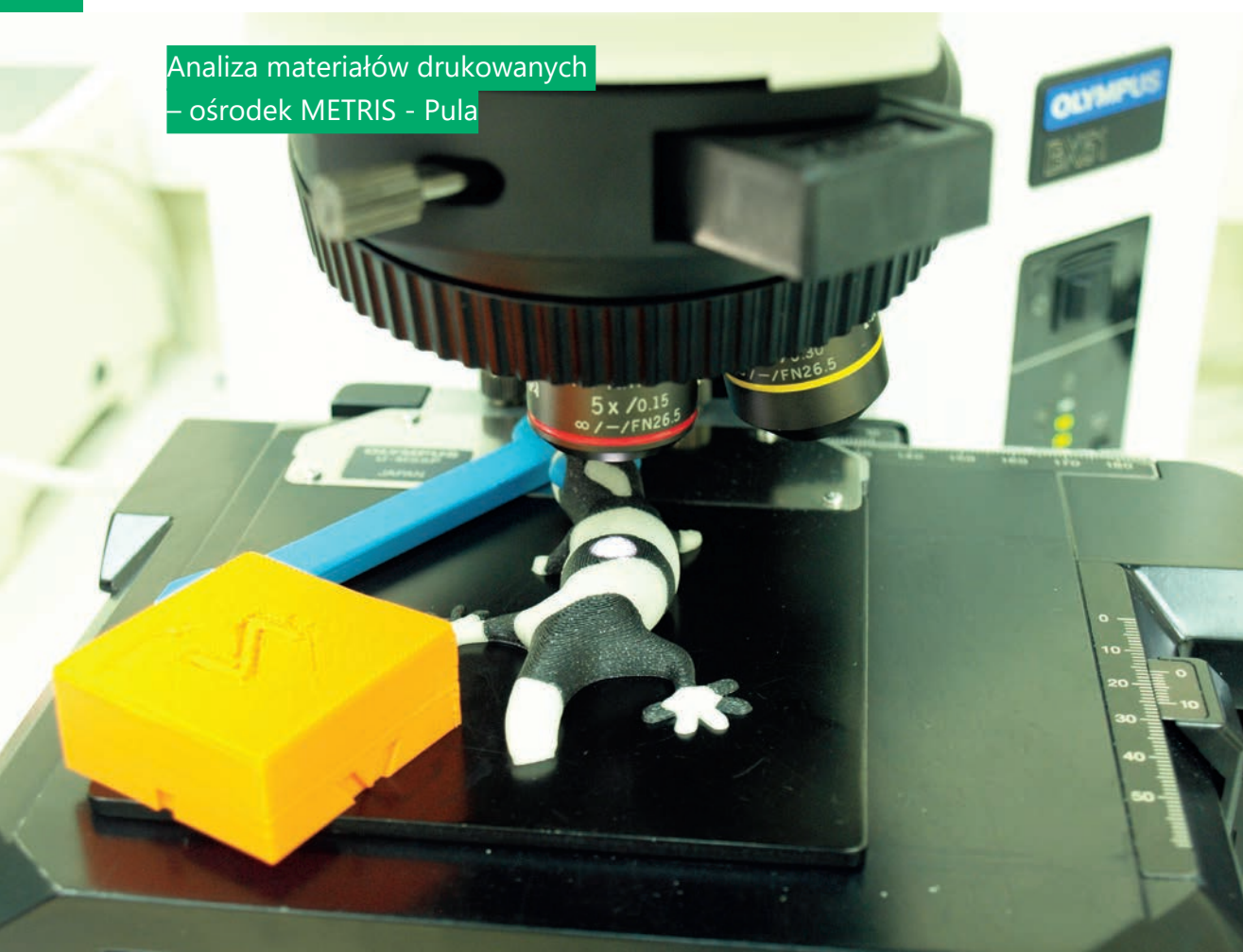
### 2.3.

#### **Trzecie wspólne szkolenie dla nauczycieli**

W październiku 2019 r. odbyło się trzecie kilkudniowe wspólne szkolenie dla nauczycieli zorganizowane w ramach projektu 3D FOR VET. Szkolenie obejmowało wizytę w Inkubatorze Technologicznym oraz Centrum Popularyzacji Nauki w Regionie Istria.

Uczestnikami warsztatów byli nauczyciele ze szkół partnerskich oraz uczniowie technikum, którzy przedstawili swoje prace wykonane z użyciem skanerów i drukarek 3D. Zaprezentowano sposoby wykorzystania technologii 3D w pracy różnych instytucji z regionu Istria. Muzeum Archeologiczne Istrii pokazało repliki przedmiotów i artefaktów stworzone przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii. Grupa CIMOS zaprezentowała drukarki 3D, formy do odlewów i techniki skanowania 3D, które wykorzystuje w procesie produkcji. Podczas ćwiczeń w ośrodku badawczym METRIS ocenie poddano różne produkty wydrukowane w 3D, ze zwróceniem szczególnej uwagi na ich elementy chemiczne i mechaniczne oraz analizę struktury i ogólne porównanie z materiałami niedrukowanymi. Przy opracowaniu planu eksperymentów, wzięto pod uwagę specyficzne aspekty drukowania materiałów tak, aby były odpowiednie dla osób uczących się różnych przedmiotów.

Analiza materiałów drukowanych  
– ośrodek METRIS - Pula





Nauczyciele ośrodków kształcenia i szkolenia  
zawodowego używają sprzętu dostępnego  
w ośrodku METRIS – Puła



### 3 „Blended mobility” uczniów ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego

Dla uczniów z trzech szkół partnerskich biorących udział w projekcie zorganizowano dwa działania typu „blended mobility” (tzw. mobilność łączona). Głównym celem tych działań było zdobycie przez uczniów międzynarodowego doświadczenia oraz wymiana wiedzy i praktycznych umiejętności nabytych podczas warsztatów prowadzonych przez nauczycieli w ich szkołach. Szczególną uwagę poświęcono współpracy i kontaktom zawodowym pomiędzy instytucjami edukacyjnymi służącym tworzeniu synergii i wzmacnianiu relacji nauczyciel-uczeń w kontekście międzynarodowym.

Działania były szczególnie przydatne dla młodzieży, która miała szansę nauczyć się czegoś nowego i poprawić swoje szanse na rynku pracy, zdobyć przydatne w życiu umiejętności i nabrać pewności siebie. Dzięki temu młodzi ludzie mieli możliwość podniesienia poziomu swojej wiedzy i zdobycia kompetencji międzynarodowych.

Uczestnicy wydarzenia – Litwa



### 3.1.

**Pierwsze wydarzenie „blended mobility” dla uczniów ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego, publiczny ośrodek szkolenia i edukacji zawodowej w Poniewieżu (Litwa), 23 – 27 kwietnia 2018 r.**

W wydarzeniu wzięli udział nauczyciele i 30 wybranych przez nich uczniów z Chorwacji i Polski. Obejmowało ono wizytę w Centrum Innowacji Technologicznych w Wilnie, wizytę w szkole i instytucjach partnerskich oraz pracę uczniów w mieszanych grupach międzynarodowych. Dzięki przeprowadzonym działaniom uczestnicy mieli szansę uczyć się i doskonalić swoją wiedzę z zakresu technologii 3D oraz szlifować umiejętności językowe i kompetencje międzykulturowe.

Uczniowie i nauczyciele pracujący nad stworzeniem modelu 3D kości do gry – Litwa



### 3.2.

**Drugie wydarzenie „blended mobility” dla uczniów ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego, technikum w Puli (Chorwacja) 8 – 12 kwietnia 2019 r.**

Uczniowie i nauczyciele mieli okazję odwiedzić Technikum w Puli i poznać wykorzystywany tam sprzęt – skanery i drukarki 3D. Pozwoliło im to zastosować wiedzę teoretyczną w konkretnych praktycznych ćwiczeniach. Uczniowie odwiedzi-

li także Centrum Popularyzacji Nauki i Innowacji Regionu Istria, ośrodek badawczy METRIS oraz fabrykę CIMOS w miejscowości Buzet. Poznali także obiekty szkolne i tamtejszych uczniów, wymienili się doświadczeniami i odwiedzili najważniejsze instytucje, z którymi szkoła współpracuje.

Praca ze skanerem 3D  
– Technikum w Puli



Uczniowie podczas eksperymentu  
w ośrodku METRIS – Pula



Uczniowie podczas wizyty w fabryce CIMOS  
– Buzet

# 4 Studium przypadku

## 4.1.

**Opis studium przypadku** Zasadniczym elementem tego podręcznika są regionalne studia przypadku. Głównym ich celem jest umożliwienie metodycznego porównania systemów kształcenia w krajach partnerskich, określenie wspólnych problemów w dziedzinie kształcenia i szkolenia zawodowego oraz metod ich rozwiązywania. Sposoby wykorzystania nowoczesnych technologii w szkołach zawodowych w czterech krajach zostały zilustrowane w ramach analizy studiów przypadku. Było to niezbędne, aby partnerzy mogli dostrzec pojawiające się problemy, znaleźć przykłady dobrych praktyk z innych krajów partnerskich i zastosować je u siebie, tworząc merytoryczne podstawy do opracowywania działań i metodyk, które będą mogły być stosowane podczas prowadzenia warsztatów poświęconych technologii 3D w krajach uczestniczących w projekcie. Analiza studiów przypadku pozwoliła ponadto określić wady i zalety systemów kształcenia i szkolenia zawodowego w poszczególnych krajach, problemy dotyczące obecnie wykorzystywanych na lekcjach technologii i narzędzi w zakresie technologii 3D w poszczególnych regionach partnerskich oraz wspólnych ich cech, a także możliwości współpracy i wymiany doświadczeń.

## 4.2.

**Studium przypadku – charakterystyka ogólna** W oparciu o własne doświadczenie, krajowe programy nauczania i dostępne krajowe programy i strategie rozwoju, wszyscy partnerzy wypełnili ankietę dotyczącą systemów kształcenia i szkolenia zawodowego w swoich regionach. W pierwszej części studium przypadku zaprezentowano instytucje edukacyjne uczestniczące w projekcie. Ankieta złożona z 10 pytań wypełniana przez przedstawiciela danej instytucji dotyczyła regionu i kraju pochodzenia, instytucji zatrudniającej, stosowanego przez nią systemu kształcenia oraz statusu absolwentów szkoły. Poniżej przedstawiono przegląd uzyskanych odpowiedzi.



# Studium przypadku dotyczące wykorzystania nowoczesnych technologii

- 4 kraje
- 40 rozmów
- 4 regionalne studia przypadku
- 40 przedsiębiorstw

## *System kształcenia zawodowego*

- wiek uczniów:  
14 - 18 lat
- 3 typy systemów  
kształcenia  
zawodowego
- zajęcia praktyczne

## *Status absolwentów szkół zawodowych*

- ponad 70% uczniów  
wchodzi na rynek  
pracy
- 20% uczniów  
kontynuuje naukę
- 5% pozostaje bez  
pracy
- 5% inne

## *Nowy sprzęt i technologie*

- środki krajowe
- środki międzynarodowe –  
projekty UE
- środki ze źródeł prywatnych

## *Wiedza*

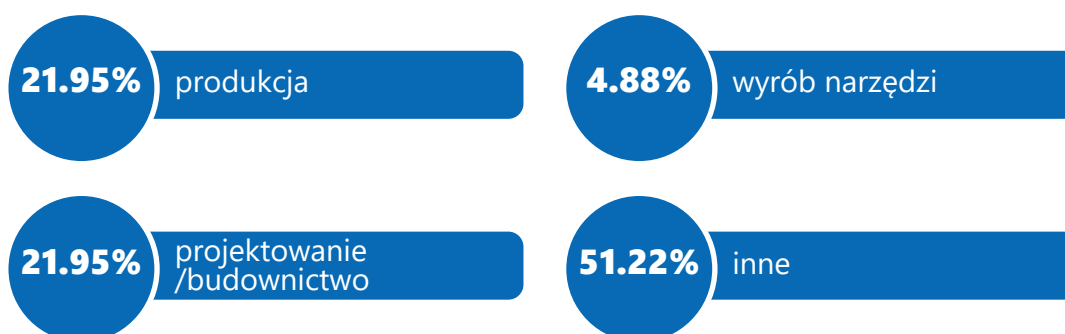
### *o technologiach 3D*

- kursy i seminaria dla  
nauczycieli
- różne działania  
i projekty UE
- innowacyjne metody  
nauczania i uczenia się

### 4.3. Rozmowy z przedsiębiorcami

Głównym celem rozmów było włączenie pracodawców/przedsiębiorców w działania na rzecz poprawy jakości kształcenia i szkolenia zawodowego poprzez zdobycie informacji na temat wymogów i wykorzystania technologii 3D w ich działalności. Rozmowy były prowadzone we wszystkich krajach uczestniczących w projekcie i obejmowały małe i duże przedsiębiorstwa, które aktualnie wykorzystują lub w niedalekiej przyszłości zamierzają stosować technologie 3D w swojej pracy. Oczekiwania: dowiedzieć się w jakim celu stosowana jest technologia 3D oraz w których sektorach, określić zapotrzebowanie przedsiębiorstw na innowacje 3D oraz na specjalistów w dziedzinie 3D.

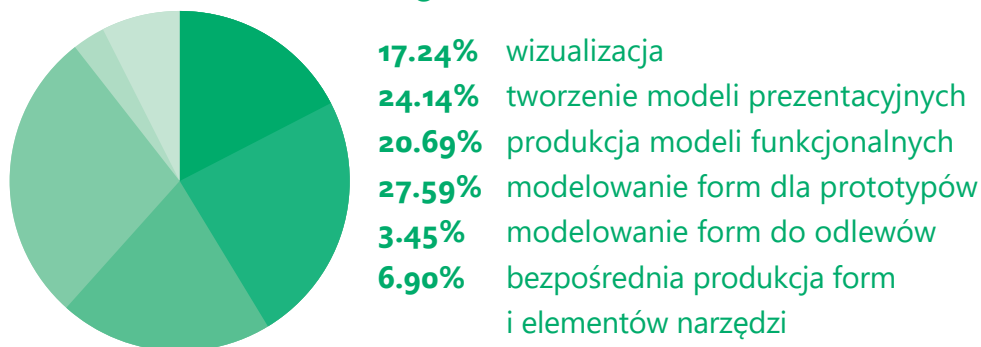
#### Główne obszary działalności przedsiębiorstw



#### Stosowanie produktów pochodzących z druku 3D



#### Jeśli tak – które technologie?



#### Jeśli nie – możliwe zastosowanie modeli 3D



### *Inwestycje w technologie 3D (w kolejnym roku)*



### *Brak specjalistów z dziedziny 3D*



### *Potrzeba zatrudnienia specjalistów z dziedziny 3D*



#### **4.4.**

#### **Studium przypadku**

#### **– charakterystyka ogólna**

Wyniki uzyskane w ramach studiów przypadku wykazały, że technologia 3D jest obecnie jednym z głównych nurtów technologicznych, znajduje coraz szersze zastosowanie w różnych sektorach, w tym m.in. w architekturze, budownictwie, elektrotechnice, motoryzacji i służbie zdrowia.

Dotychczas ponad 50% ankietowanych przedsiębiorstw wdrożyło w swojej działalności technologie 3D. Zastosowanie skanerów i drukarek 3D znacząco przyspiesza proces produkcji, który do niedawna był bardzo czasochłonny i kosztowny.

Blisko 40% przedsiębiorstw przyznało, że w kolejnym roku zamierza inwestować w innowacje i sprzęt 3D, natomiast – co ma istotne znaczenie z punktu widzenia celów przedmiotowego projektu – 43,59% z nich boryka się z rosnącym brakiem specjalistów z dziedziny 3D.

W związku z tym, można oczekiwać, że zapotrzebowanie na specjalistów od technologii 3D na rynku pracy będzie stale rosnąć. Dlatego też instytucje edukacyjne powinny dostosowywać i dalej rozwijać swoją ofertę i wychodzić naprzeciw potrzebom rynkowym. Poprzez uczestnictwo w różnych projektach nauczyciele rozwijają swoje kompetencje, co skutkuje wyższą jakością nauczania. Wprowadzenie w instytucjach edukacyjnych innowacyjnych technologii i możliwości przekazywania uczniom aktualnej wiedzy jest niezwykle istotne.

Opisywany projekt ma na celu wdrożenie w szkołach nauczania technologii 3D, co pozwoli przygotować przyszłe pokolenia do warunków konkurencyjnej i dalszego kształcenia na poziomie wyższym.

# 5 Przykłady ćwiczeń praktycznych z użyciem drukarki 3D

Poniżej przedstawiono przykłady ćwiczeń wykonywanych podczas warsztatów realizowanych przez partnerów projektu. Ta część podręcznika ma na celu zapoznanie nauczycieli i innych zainteresowanych podmiotów związanych ze szkołami zawodowymi ze wszystkich regionów partnerskich projektu z praktycznymi przykładami, które pozwolą im lepiej się przygotować i aktywnie zaangażować w doskonalenie i promocję kształcenia i szkolenia zawodowego.

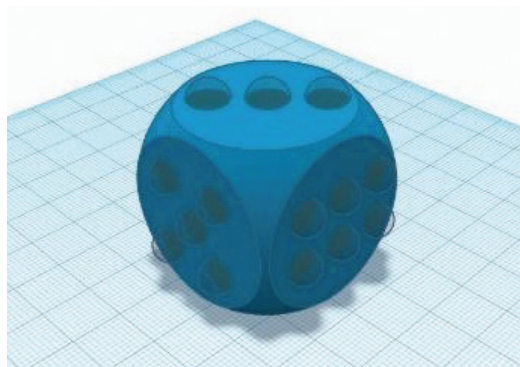
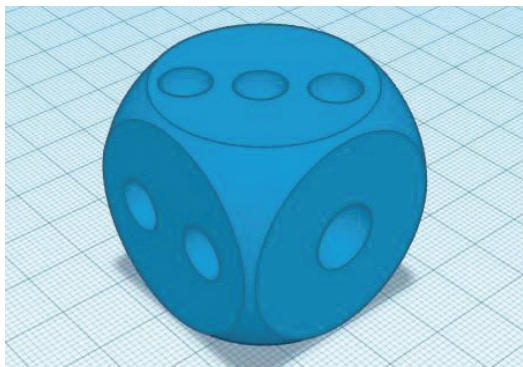
- Poniższe ćwiczenia zostały zrealizowane podczas lekcji:

## 5.1. ĆWICZENIE „KOŚĆ DO GRY”

---

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	fizyka, matematyka
<b>Liczebność klasy:</b>	12-14 uczniów/2-3 uczniów w każdej grupie
<b>Czas trwania:</b>	jeden dzień
<b>Wymagane narzędzia:</b>	Oprócz komputera i drukarki 3D wykorzystującej technologię FDM (osadzanie topionego materiału) wraz z odpowiednim oprogramowaniem, potrzebne będą następujące materiały: <ul style="list-style-type: none"><li>• FreeCAD (darmowy program open-source typu CAD lub podobny)</li><li>• waga</li><li>• wolna przestrzeń do drukowania</li><li>• drukarka 3D</li></ul>
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Uczniowie poznają podstawy druku 3D, przebieg procesu drukowania i różnice pomiędzy procesami druku. Uczą się samodzielnie obsługiwać drukarkę i powiązane oprogramowanie drukując modele kości do gry.

---



## Plan lekcji i ćwiczenia

### 1. Przygotowanie nauczyciela

Każdy uczeń musi mieć dostęp do komputera i oprogramowania.

**WSKAZÓWKA:** Całą kość drukować z tego samego materiału i wypełnienia. Jednocześnie drukować 2-3 obiekty.

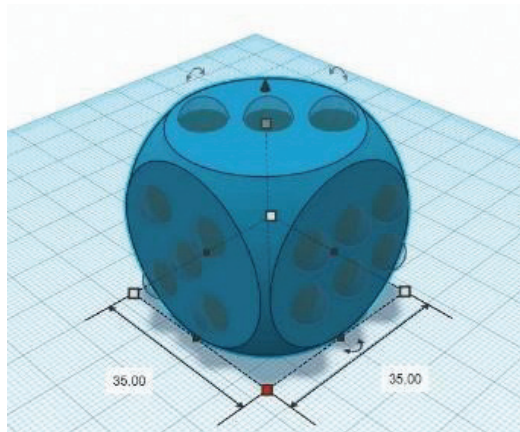
### Ustawienia drukowania:

Raft	Nie
Podpora (support)	Tak
Rozdzielczość	0,4 mm
Wypełnienie	35%

### 2. Podstawy druku 3D

Nauczyciel wyjaśnił uczniom sposób działania drukarki 3D, rodzaje drukarek, na których pracują oraz metody ich obsługi.

Ważne terminy, które nauczyciel powinien wymienić/wyjaśnić: proces drukowania, wypełnienie/wzór wypełnienia, ściana/warstwa, podpora (support), raft, wysokość warstwy, format pliku, zasady projektowania, błędy.



### 3. Zmiana domyślnych ustawień drukowania i testowanie nowych części

Zmodyfikowane części są drukowane i testowane przez uczniów.

Zmiana ustawień drukowania oznacza np. zmniejszenie wysokości warstwy z 0,4 mm do 0,2 mm, co pozwoli uzyskać gładszą powierzchnię wykończenia. Należy pamiętać, że wydłuży się wtedy czas drukowania. Wypełnienie (infill) to kolejny parametr, który uczniowie mogą modyfikować. Mogą zmieniać go z zalecanych 30% do 10% lub 50%. Do pomiaru różnic w ciężarze nowych elementów należy użyć wagi.

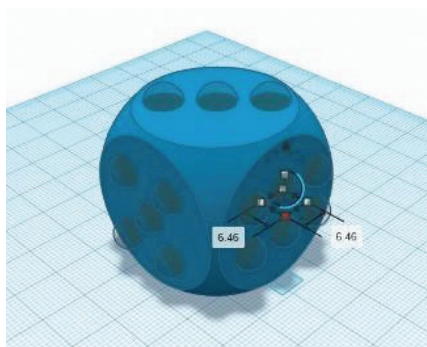
**WSKAZÓWKA:** Ustawienia drukowania zmieniać pojedynczo, aby zobaczyć skutek zmian. Należy pamiętać, że niższy procent wypełnienia i mniejsza liczba ścian spowoduje zmniejszenie ciężaru, ale także zmniejszy stabilność.

#### 4. Część zaawansowana

W kolejnej części warsztatów uczniowie projektują i budują własne kości. Mają do wyboru dwie możliwości.

Pierwsza polega na zmianie wcześniejszego projektu.

W drugiej tworzony jest zupełnie nowy projekt. Grupy mogą samodzielnie wybrać jedną z tych możliwości i rozpocząć planowanie swojego projektu.



W przypadku wyboru pierwszej możliwości, mają za zadanie przeprowadzić rekonstrukcję powierzchni. Konieczna jest konwersja pliku .stl na bryłę (solid body). Plik .stl nie może być edytowany przy pomocy normalnego programu CAD. Po konwersji pliku .stl na bryłę, model może zostać wyeksportowany i poddany edycji w oprogramowaniu CAD lub zmodyfikowany bezpośrednio w programie FreeCAD.

**WSKAZÓWKA:** W oprogramowaniu CAD można stworzyć model kości, zobaczyć w którym miejscu znajduje się jej środek ciężkości oraz jak się zmienia.

#### 5. Ocena i przegląd zaprojektowanych i zbudowanych kości

Uczniowie drukują swoje projekty i testują je.

#### 6. Refleksje

Jaka była najważniejsza rzecz, której się dziś nauczyłeś/-aś? Dlaczego?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

Na jaki temat chciałbyś/-abyś się dowiedzieć więcej i dlaczego?

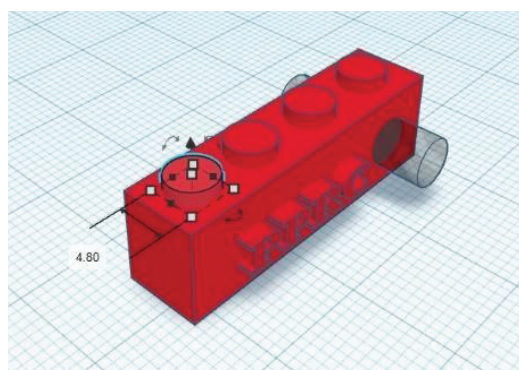
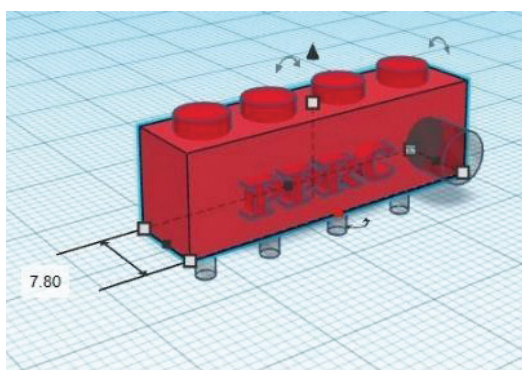
Przeanalizuj przebieg dzisiejszych zajęć. Z czego jesteś najbardziej dumny/-a?

#### 7. Przydatne strony internetowe

- [www.thingiverse.com/thing:1744950](http://www.thingiverse.com/thing:1744950)
- [www.tinkercad.com/dashboard](http://www.tinkercad.com/dashboard)
- [www.bcn3dtechnologies.com/en/3d-printer/bcn3d-sigma/](http://www.bcn3dtechnologies.com/en/3d-printer/bcn3d-sigma/)
- [www.bcn3dtechnologies.com/en/sigma-getting-started/#break-intro](http://www.bcn3dtechnologies.com/en/sigma-getting-started/#break-intro)

## 5. 2. ĆWICZENIE „BRELOK LEGO”

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	fizyka, matematyka
<b>Liczebność klasy:</b>	12-14 uczniów/2-3 uczniów w każdej grupie
<b>Czas trwania:</b>	jeden dzień
<b>Wymagane narzędzia:</b>	Oprócz komputera i drukarki 3D wykorzystującej technologię FDM (osadzanie topionego materiału) wraz z odpowiednim oprogramowaniem, potrzebne będą następujące materiały: <ul style="list-style-type: none"><li>• FreeCAD (darmowy program open-source typu CAD lub podobny)</li><li>• waga</li><li>• wolna przestrzeń do drukowania</li><li>• drukarka 3D</li></ul>
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Uczniowie poznają podstawy druku 3D, przebieg procesu drukowania i różnice pomiędzy procesami druku. Uczą się samodzielnie obsługiwać drukarkę i powiązane oprogramowanie drukując modele breloków Lego.



### Plan lekcji i ćwiczenia

#### 1. Przygotowanie nauczyciela

Każdy uczeń musi mieć dostęp do komputera i oprogramowania.

**WSKAZÓWKA:** Cały brelok drukować z tego samego materiału i wypełnienia. Wydrukować wszystkie przygotowane breloki jednocześnie.

#### Ustawienia drukowania:

Raft Tak

Podpora (support) Tak

Rozdzielczość 0,4 mm

Wypełnienie 100%

## 2. Podstawy druku 3D

Nauczyciel wyjaśnił uczniom sposób działania drukarki 3D, rodzaje drukarek, na których pracują oraz metody ich obsługi.

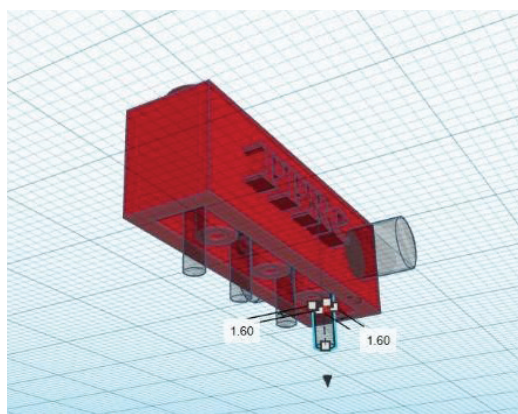
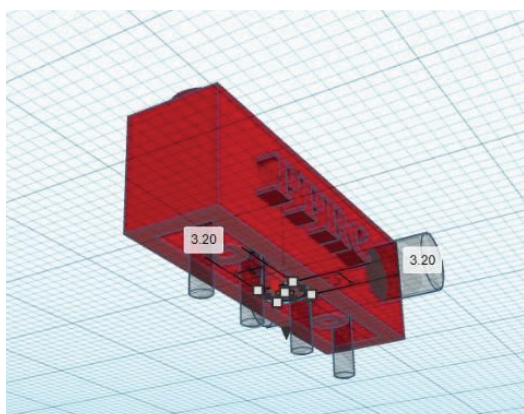
Ważne terminy, które nauczyciel powinien wymienić/wyjaśnić: proces drukowania, wypełnienie/wzór wypełnienia, ściana/warstwa, podpora (support), raft, wysokość warstwy, format pliku, zasady projektowania, slicer, błędy.

## 3. Zmiana oryginalnych ustawień drukowania i testowanie nowych części

Zmodyfikowane części są drukowane i testowane przez uczniów.

Zmiana ustawień drukowania oznacza np. zmniejszenie wysokości warstwy z 0,4 mm do 0,2 mm, co pozwoli uzyskać gładszą powierzchnię wykończenia. Należy pamiętać, że wydłuży się wtedy czas drukowania. Wypełnienie (infill) to kolejny parametr, który uczniowie mogą modyfikować. Mogą zmieniać go z zalecanych 30% do 10% lub 50%. Do pomiaru różnic w ciężarze nowych elementów należy użyć wagi.

**WSKAZÓWKA:** Ustawienia drukowania zmieniać pojedynczo, aby zobaczyć skutek zmian. Należy pamiętać, że niższy procent wypełnienia i mniejsza liczba ścian spowoduje zmniejszenie ciężaru, ale także zmniejszy stabilność.



## 4. Część zaawansowana

W tej części warsztatów projektowany i budowany jest brelok w kształcie klocka Lego. Uczniowie mają do wyboru dwie możliwości.

Pierwsza polega na modyfikacji istniejącego projektu.

W drugiej tworzony jest zupełnie nowy projekt. Grupy mogą samodzielnie wybrać jedną z tych możliwości i rozpocząć planowanie swojego projektu.

W przypadku wyboru pierwszej możliwości, mają za zadanie przeprowadzić rekonstrukcję powierzchni. Konieczna jest konwersja pliku .stl na bryłę (solid body). Plik .stl nie może być edytowany przy pomocy normalnego programu CAD. Po konwersji pliku .stl na bryłę, model może zostać wyeksportowany i poddany edycji w innym oprogramowaniu CAD lub zmodyfikowany bezpośrednio w programie FreeCAD.

**WSKAZÓWKA:** W oprogramowaniu CAD można stworzyć model breloka, zobaczyć, w którym miejscu znajduje się jego środek ciężkości oraz jak się zmienia.





## 5. Ocena i przegląd zaprojektowanych i zbudowanych breloków Lego

Uczniowie drukują swoje projekty i testują je.

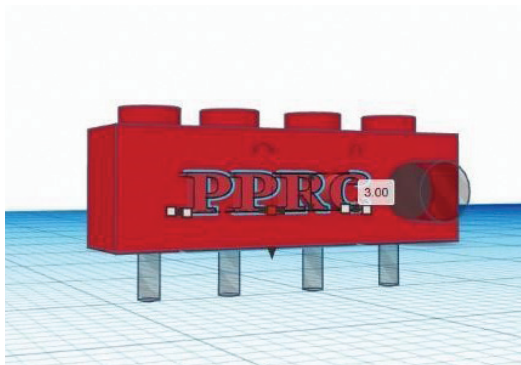
## 6. Refleksje

Jaka była najważniejsza rzecz, której się dziś nauczyłeś/-aś? Dlaczego?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

Na jaki temat chciałbyś/-abyś się dowiedzieć więcej i dlaczego?

Przeanalizuj przebieg dzisiejszych zajęć. Z czego jesteś najbardziej dumny/-a?



## 7. Przydatne storny internetowe

- [www.thingiverse.com/thing:1744950](http://www.thingiverse.com/thing:1744950)
- [www.tinkercad.com/dashboard](http://www.tinkercad.com/dashboard)
- [www.bcn3dtechnologies.com/en/3d-printer/bcn3d-sigma/](http://www.bcn3dtechnologies.com/en/3d-printer/bcn3d-sigma/)
- [www.bcn3dtechnologies.com/en/sigma-getting-started/#break-intro](http://www.bcn3dtechnologies.com/en/sigma-getting-started/#break-intro)

### 5.3. ĆWICZENIE „PRZYBORNİK NA BIURKO”

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	inżynieria, nauka, ergonomia
<b>Liczebność klasy:</b>	12-15 uczniów/2-3 uczniów w każdej grupie
<b>Czas trwania:</b>	jeden dzień
<b>Umiejętności uczniów:</b>	umiejętność szkicowania, zmysł przestrzenny, zaangażowanie, umiejętność pracy w grupie
<b>Wymagane narzędzia:</b>	komputer z podłączoną drukarką 3D i zainstalowanym oprogramowaniem oraz następujące materiały: <ul style="list-style-type: none"><li>• Autodesk Inventor Professional (darmowa wersja CAD lub podobny),</li><li>• taśma lub klej</li><li>• tkanina filcowa</li><li>• linijka, suwmiarka</li><li>• szkicownik</li><li>• nożyczki, nóż</li></ul>
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Podczas warsztatów uczniowie nauczą się podstaw ergonomii i organizacji miejsca pracy. Technologia druku 3D może pomóc w organizacji miejsca pracy. Możliwe jest tworzenie różnych modeli pojemników, półek, tacek, zasobników, segregatorów do przechowywania różnych materiałów, przyborów i narzędzi. Po wybraniu miejsca do uporządkowania (np. biurko lub ławka ucznia), uczniowie projektują swoje przyborniki. W grupach wybierają ich kształt, rozmiar i pojemność. Początkowo robią szkice na papierze, a następnie przenoszą je na platformę cyfrową umożliwiającą projektowanie wspomagane komputerowo.

#### Plan lekcji i ćwiczenia

##### 1. Przygotowanie nauczyciela

Każda grupa ma do dyspozycji pojemniki w różnych kształtach i rozmiarach służące jako inspiracja i pomagające w stworzeniu własnych modeli.



**WSKAZÓWKA:** Przygotować typowe pojemniki i przyborniki w różnych kształtach i rozmiarach.

## 2. Podstawowe zasady ergonomii

Nauczyciel zapoznaje uczniów z podstawowymi zasadami ergonomii.

**Ergonomia miejsca pracy** to zapewnienie warunków dostosowanych do możliwości psychofizycznych pracownika

1. Narzędzia i dostosowanie stanowiska - utrzymywanie naturalnej pozycji ciała podczas pracy zapobiega chorobom zwyrodnieniowym, skurczom i innym dolegliwościom.

W miejscu pracy powinny być:

- wygodne krzesło/fotel,
- duże biurko dające odpowiednie podparcie dla nadgarstków,
- podnóżek chroniący kolana,
- odpowiednie oświetlenie zmniejszające zmęczenie oczu,
- prawidłowe ułożenie narzędzi i przyborów.

2. Analiza i dostosowanie warunków pracy (miejsce pracy powinno być dostosowane do możliwości psychofizycznych pracownika, aby zminimalizować wysiłek przy realizacji zadań zawodowych, ograniczyć zmęczenie, obniżyć stres; należy również robić regularne przerwy).



## 3. Metody realizacji

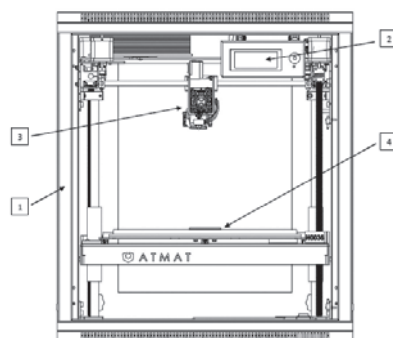
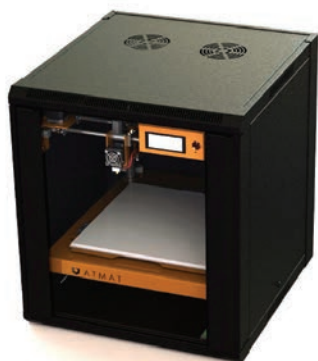
Nauczyciel pokazuje, jak zrobić przybornik na biurko służący do przechowywania m.in. ołówków, długopisów itp. Innego rodzaju przyborniki służą do przechowywania przyborów kreślarskich, jak np. ekierka.

## 4. Praca w grupach

Po wyjaśnieniach nauczyciela uczniowie próbują stworzyć z dostępnych materiałów własne wersje przybornika. Celem jest uporządkowanie przyborów, materiałów i narzędzi w zależności od działalności zawodowej. Przybornik powinien mieścić 2-4 rodzajów przedmiotów.

## 5. Ocena i przegląd

Poszczególne grupy prezentują swoje przyborniki (pojemniki na narzędzia) oraz ich zastosowania, ułożenie przegródek, położenie na stole, optymalne ustawienie. Uczniowie wyrażają także swoje opinie i decydują, czy należałoby dodać do przyborników jakieś elementy wykończeniowe w zakresie geometrii, mocowania czy kształtu. Jak można by uatrakcyjnić przybornik?



- 1 – obudowa drukarki
- 2 – panel sterowniczy z wyświetlaczem
- 3 – głowica drukująca
- 4 – stół drukarki

## 6. Drukowanie na drukarce 3D – podstawowe informacje

Uczniowie zapoznają się z drukarką 3D. Poznają budowę urządzenia, na którym będą pracować. Jego elementy, rozmieszczenie, uruchamianie, sterowanie, obsługę. Nauczyciel wyjaśnia kwestie dotyczące korzystania z drukarki, a w szczególności: zasady bezpiecznej obsługi drukarki 3D, montaż drukarki, transport, instalację, eksploatację i konserwację.

Następnie uczniowie zapoznają się z parametrami i możliwościami drukarki, konfigurując ją w panelu sterowania oraz w programie do wydruków 3D (np. 1999 Ultimaker Cura).

Ustawienia mają duże znaczenie dla jakości wydruków 3D - przyborniki na biurko powinny mieć estetyczny wygląd.

Podstawowe parametry drukarki to:

- wymiary
- masa
- technologia wydruku
- rodzaj ekstrudera
- materiały
- liczba dysz
- średnica dysz
- średnica filamentu (tworzywa)
- maks. temperatura głowicy
- maks. szybkość wydruku
- pole robocze
- obsługiwane formaty plików

## 7. Zaawansowana część projektowania

W tej części warsztatów uczniowie pracują w grupach nad zaawansowanymi zadaniami. Zadanie polega na zaprojektowaniu kilku wersji (np. trzech) przybornika na biurko w formie szkiców obrazujących różne wersje.

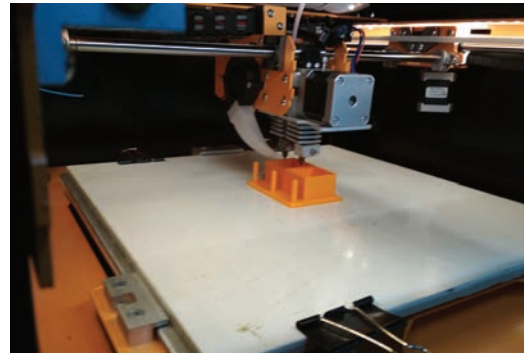
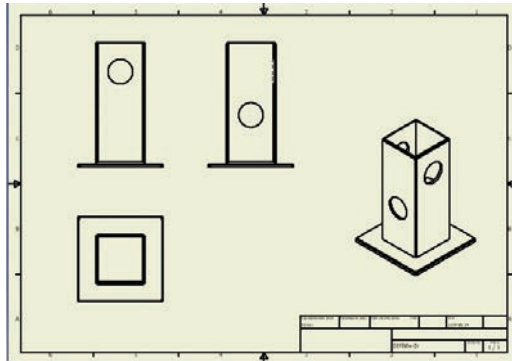
Po wykonaniu szkiców grupa wybiera najlepszy projekt do realizacji.

W celu uzyskania najlepszych pod względem jakościowym rezultatów uczestnicy powinni zastanowić się nad skorzystaniem z pomocy nauczyciela. Jakość modelu zależy od dokładności, która powiązana jest także z grubością warstw i czasem drukowania. Po obejrzeniu powierzchni o różnej jakości można zdecydować się na kompromis między czasem drukowania a jakością modelu.

Uczniowie w grupach rozpoczynają projektowanie 3D wspomagane komputerowo

w programie typu CAD (np. Autodesk Inventor, FreeCAD, OpenSCAD lub innym). Uczniowie zapisują gotowe projekty w wymaganych formatach plików, w tym w formacie „.stl” rozpoznawanym przez oprogramowanie drukarki. Niektóre drukarki wymagają konwersji pliku do formatu „.gcode”, która jest realizowana przez „Ultimaker Cura”. Podczas projektowania uczniowie mogą korzystać z gotowych projektów dostępnych na stronie internetowej jako wskazówki lub inspiracji.

Gotowy plik wysyłany jest do drukarki i rozpoczyna się drukowanie.



## 8. Ocena i przegląd projektów

Uczniowie prezentują i oceniają gotowe prace. Można zorganizować konkurs na najbardziej udany projekt. Uczniowie dzielą się opiniami i wskazują najbardziej przydatne i skuteczne rozwiązania.

## 9. Refleksje

Jakich istotnych rzeczy nauczyłeś/-aś się podczas warsztatów?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

Jakie były twoje spostrzeżenia i dlaczego?

Zastanów się, czy technologia 3D wpływa obecnie na twoją pracę, naukę, rozrywkę.

## 10. Przydatne strony internetowe

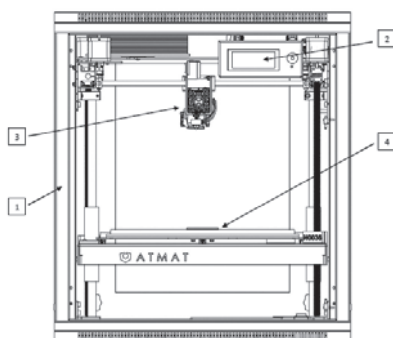
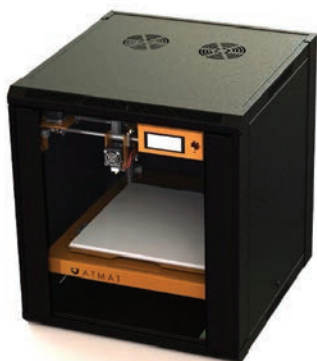
- [www.thingiverse.com/education](http://www.thingiverse.com/education)
- [www.atmat.pl/](http://www.atmat.pl/)
- [www.makerbot.com/education/3d-printing-guidebook/](http://www.makerbot.com/education/3d-printing-guidebook/)
- [www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional](http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional)



#### 5.4. ĆWICZENIE „MODEL KLUCZA (PŁASKIEGO)”

---

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	inżynieria, nauka, mechanika
<b>Liczebność klasy:</b>	12-15 uczniów
	2-3 uczniów w każdej grupie
<b>Czas trwania:</b>	jeden dzień
<b>Umiejętności uczniów:</b>	umiejętność szkicowania, zmysł przestrzenny, zaangażowanie, umiejętność pracy w grupie
<b>Wymagane narzędzia:</b>	komputer z podłączoną drukarką 3D i zainstalowanym oprogramowaniem do realizacji warsztatów oraz następujące materiały: <ul style="list-style-type: none"><li>● Autodesk Inventor Professional (darmowa wersja edukacyjna CAD lub podobny),</li><li>● taśma lub klej</li><li>● tkanina filcowa</li><li>● linijka, suwmiarka</li><li>● szkicownik</li><li>● nożyczki, nóż</li></ul>
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Ćwiczenia „Narzędzia warsztatowe” zostały opracowane z myślą o zapoznaniu uczniów z możliwościami projektowania kluczy płaskich z uwzględnieniem ich kształtu, wyglądu, proporcji oraz konieczności dbania o szczegóły podczas projektowania brył. Istotnym aspektem projektowania jest ograniczenie zużycia materiału do drukowania (filamentu/tworzywa). Głównym celem ćwiczenia jest zachęcenie młodzieży do wykorzystania technologii 3D przy projektowaniu choćby najprostszych przedmiotów.



- 1 – obudowa drukarki
- 2 – panel sterowniczy z wyświetlaczem
- 3 – głowica drukująca
- 4 – stół drukarki

## Plan lekcji i ćwiczenia

### 1. Przygotowanie nauczyciela

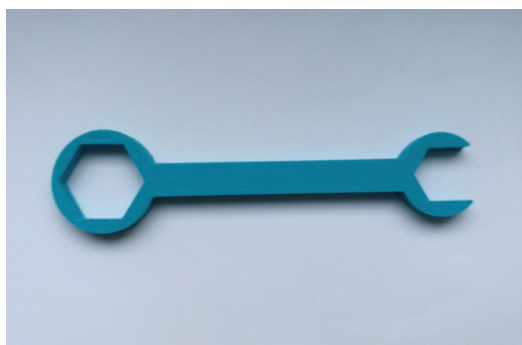
Każda grupa ma za zadanie zaprojektować klucze, które będą przypominały pod względem kształtu i proporcji te prawdziwe, zaczynając od najprostszych, aż po bardziej złożone.

### 2. Podstawowe informacje dotyczące narzędzi

Klucz płaski – nienastawne narzędzie służące do dokręcania i odkręcania nakrętek i śrub, zwykle o sześciokątnym łbie. Klucze płaskie występują w dwóch klasyfikacjach – metrycznej i calowej. W systemie metrycznym rozmiar klucza odpowiada odległości pomiędzy szczękami wyrażonej w milimetrach, natomiast w systemie calowym odległość ta jest wyrażona w calach.

### 3. Metody realizacji

Nauczyciel demonstruje przykładowy klucz. Pokazuje uczniom jak wygląda w rzeczywistości i jak skonstruować dany przedmiot (klucz płasko-oczkowy) z dostępnych brył.



### 4. Praca w grupach

Po prezentacji nauczyciela uczniowie próbują stworzyć swoje wersje klucza w oparciu o własne pomysły.

## 5. Ocena i przegląd

Każda grupa prezentuje swój model narzędzia, demonstrując własną koncepcję, kształt, detale, sposób ustawienia drukarki 3D na stole, optymalne ustawienia. Uczniowie decydują także, czy należałoby dodać do zaprojektowanych modeli jakieś elementy wykończeniowe. Celem jest zmiana kształtu klucza i zwiększenie liczby detali.

## 6. Drukowanie na drukarce 3D – podstawowe informacje

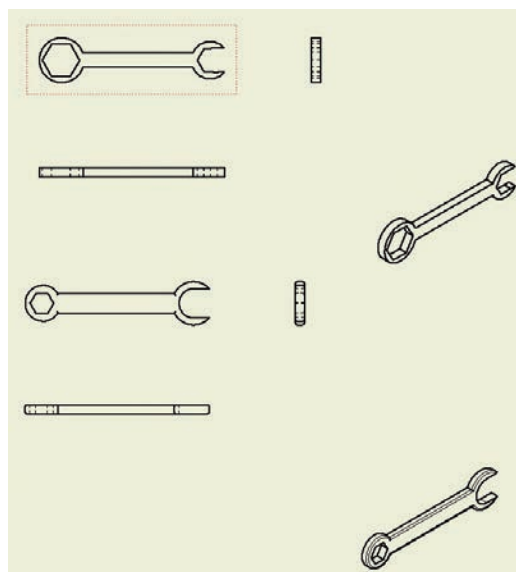
Uczniowie zapoznają się z drukarką 3D. Poznają budowę urządzenia, na którym będą pracować. Jego elementy, rozmieszczenie, uruchamianie, sterowanie, obsługę.

Nauczyciel wyjaśnia, jak korzystać z drukarki, a w szczególności: zasady bezpiecznej obsługi drukarki 3D, montaż drukarki, transport, instalację, eksploatację i konserwację.

Następnie uczniowie zapoznają się z parametrami i możliwościami drukarki, konfigurując ją w panelu sterowania oraz w programie do wydruków 3D (np. 1999 Ultimaker Cura).

Podstawowe parametry drukarki to:

- wymiary
- masa
- technologia wydruku
- rodzaj ekstrudera
- materiały
- liczba dysz
- średnica dysz
- średnica filamentu (tworzywa)
- maks. temperatura głowicy
- maks. prędkość wydruku
- pole robocze
- obsługiwane formaty plików



## 7. Zaawansowana część projektowania

W tej części warsztatów uczniowie pracują w grupach nad zaawansowanymi zadaniami. Zadanie polega na zaprojektowaniu (np. dwóch wersji) modelu klucza w formie szkiców obrazujących różne wersje.

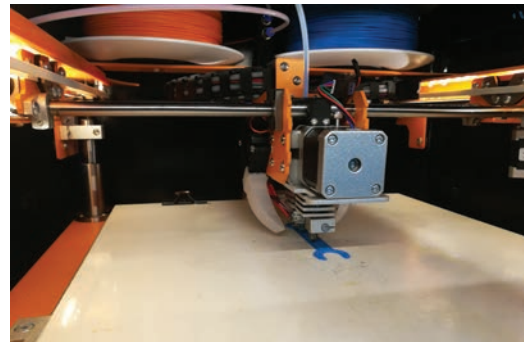
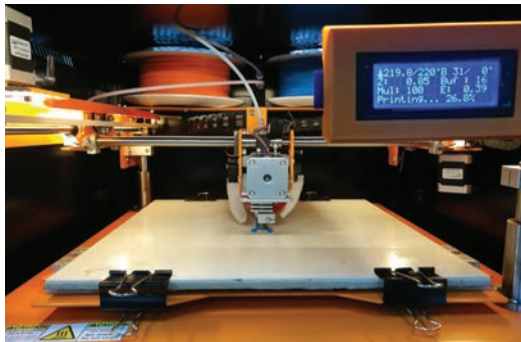
Po wykonaniu szkiców grupa wybiera do realizacji najlepszy projekt.

W celu uzyskania najlepszych pod względem jakościowym rezultatów uczestnicy powinni zastanowić się nad skorzystaniem z pomocy nauczyciela w odniesieniu do procesu wydruku. Jakość modelu zależy od dokładności, która powiązana jest także z grubością warstw i czasem drukowania. Po obejrzeniu powierzchni o różnej jakości można zdecydować się na kompromis między czasem drukowania a jakością modelu.



Uczniowie w grupach rozpoczynają projektowanie 3D wspomaganie komputerowo w programie typu CAD (np. Autodesk Inventor, FreeCAD, OpenSCAD lub innym). Uczniowie zapisują gotowe projekty w wymaganych formatach plików, w tym w formacie „.stl” rozpoznawanym przez oprogramowanie drukarki. Niektóre drukarki wymagają konwersji pliku do formatu „.gcode”, która jest realizowana przez „Ultimaker Cura”.

Podczas projektowania uczniowie mogą korzystać z gotowych projektów dostępnych na stronie internetowej, które mogą dostarczyć wskazówek lub inspiracji. Gotowy plik wysyłany jest do drukarki i rozpoczyna się drukowanie.



## 8. Ocena i przegląd projektów

Uczniowie prezentują i oceniają gotowe prace. Można zorganizować konkurs na najbardziej udany projekt. Uczniowie dzielą się opiniami i wskazują najbardziej przydatne i skuteczne rozwiązania.

## 9. Refleksje

Jakich istotnych rzeczy nauczyłeś/-aś się podczas warsztatów?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

Jakie były twoje spostrzeżenia i dlaczego?

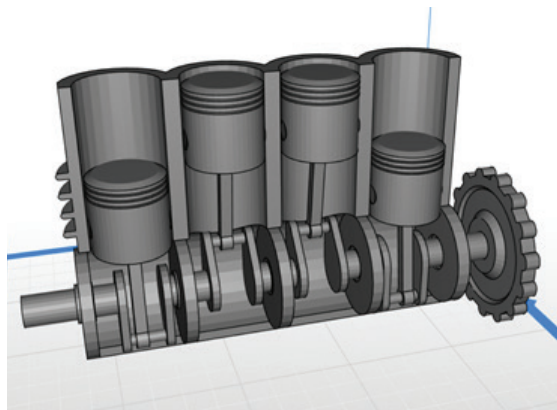
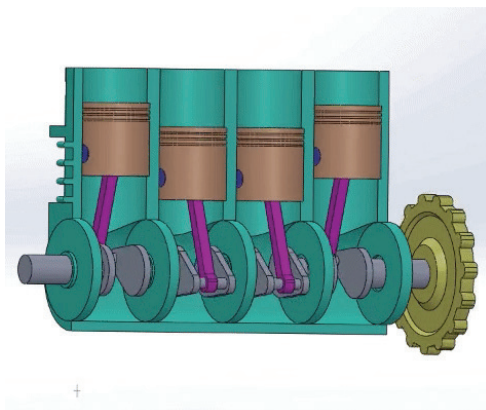
Zastanów się, czy technologia 3D wpływa obecnie na twoją pracę, naukę, rozwój.

## 10. Przydatne strony internetowe

- [www.thingiverse.com/education](http://www.thingiverse.com/education)
- [www.atmat.pl/](http://www.atmat.pl/)
- [www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional](http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional)
- [www.tinkercad.com/](http://www.tinkercad.com/)
- [www.ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software](http://www.ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software)

## 5.5. ĆWICZENIE „SILNIK CZTEROCYLINDROWY”

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	inżynieria
<b>Liczebność klasy:</b>	10-16 uczniów/3-4 uczniów w każdej grupie
<b>Czas trwania:</b>	jeden dzień wprowadzenia do druku 3D, dwa dni warsztatów
<b>Wymagane narzędzia:</b>	Oprócz komputera i drukarki 3D wykorzystującej technologię FDM (osadzanie topionego materiału) wraz z odpowiednim oprogramowaniem, potrzebne będą następujące materiały: <ul style="list-style-type: none"><li>• FreeCAD (darmowy program open-source typu CAD lub podobny)</li><li>• dostępne modele</li></ul>
<b>Materiały i modele:</b>	<a href="http://www.thingiverse.com/thing:2881472">www.thingiverse.com/thing:2881472</a>
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Silnik może zostać wykonany na drukarce 3D. Uczniowie poznają podstawy druku 3D, przebieg procesu drukowania i różnice pomiędzy procesami druku. Uczą się samodzielnie pracować z drukarką i oprogramowaniem podczas wydruku modelu silnika.



### Plan lekcji i ćwiczenia

#### 1. Przygotowanie nauczyciela

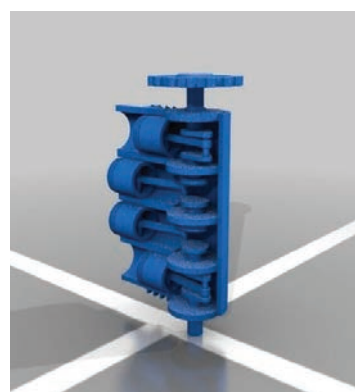
Każda grupa powinna dysponować podstawowym modelem 3D głównych elementów silnika czterocylindrowego przed przystąpieniem do ustalania niezbędnych parametrów wydruku 3D

**WSKAZÓWKA:** Drukować poszczególne elementy ruchome mechanizmu w jednym kolorze (np. czarnym), a pozostałe części w innych kolorach i – w razie potrzeby – bez podpory, w ułożeniu płaskim na platformie roboczej.

### Ustawienia drukowania:

Raft	Tak
Podpora (support)	Tak
Rozdzielczość	0,4 mm
Warstwa	0,19 mm
Wypełnienie	10%

### Przykładowe modele:



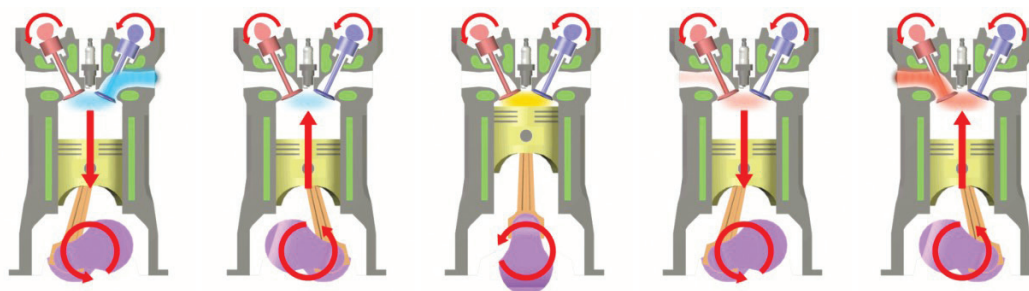
### 2. Podstawy druku 3D (lekcja wprowadzająca)

Nauczyciel wyjaśnia uczniom sposób działania drukarki 3D, rodzaje drukarek, na których pracują oraz metody ich obsługi.

Ważne terminy, które nauczyciel powinien wymienić/wyjaśnić: proces drukowania, wypełnienie/wzór wypełnienia, ściana/warstwa, podpora (support), raft, wysokość warstwy, format pliku, zasady projektowania, slicer, błędy

### 3. Podstawy konstrukcji silników spalinowych

Nauczyciel wyjaśnia uczniom podstawy konstrukcji i funkcjonowania poszczególnych części czterosuwowego silnika spalinowego.



### 4. Demonstracja i opis

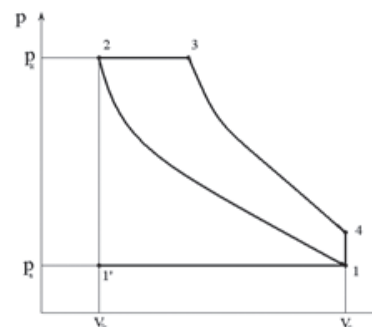
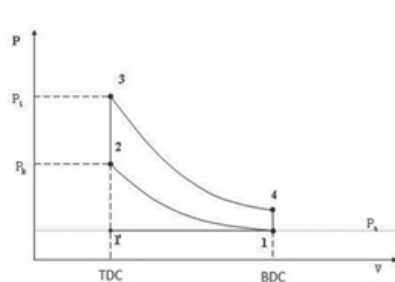
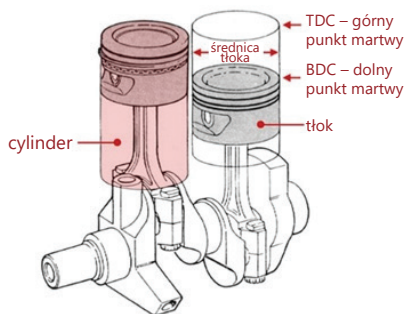
Poniżej znajduje się opis teoretycznego obiegu silnika czterosuwowego:

- **CYKL OTTA**

Cykl Otta rozpoczyna się od wtrysku mieszanki paliwa i powietrza do cylindra, po którym następuje sprężanie. Następuje wzrost ciśnienia i temperatury mieszanki przy jednoczesnym spadku jej objętości. Świeca zapłonowa wytwarza iskry, która powoduje zapłon mieszanki. Mieszanka ulega spalaniu, zwiększając ciśnienie i temperaturę w cylindrze przy stałej objętości. Po zakończeniu spalania mieszanki i fazie rozprężania następuje faza wydechu, w której ciśnienie i temperatura w cylindrze spadają do wartości z początku procesu. Po zakończeniu ww. etapów rozpoczyna się kolejny cykl.

- **CYKL DIESLA**

Cykl Diesla jest procesem spalania w tłokowych silnikach spalinowych o spalaniu wewnętrznym. W tym obiegu paliwo zapala się samoczynnie wskutek sprężenia powietrza w cylindrze spalania, do którego wtryskiwane jest paliwo. Proces rozpoczyna się od sprężenia powietrza w cylindrze. Po tym następuje wstępne izobaryczne (przy stałym ciśnieniu) ogrzewanie oraz ekspansja mieszanki. Teoretycznie na początku fazy spalania ciśnienie utrzymuje się na stałym poziomie. W praktyce na tym etapie następuje wzrost ciśnienia, ale jest on mniej wyraźny niż w przypadku cyklu Otta. Ostatni etap cyklu to wydech, podczas którego gazy wydechowe są odprowadzane z cylindra.



### 5. Próba złożenia modelu

Uczniowie mają za zadanie złożyć podstawową jednostkę silnika czterocylindrowego w funkcjonalną całość.

### 6. Ocena i przegląd

Każda z grup prezentuje wykonany egzemplarz silnika. Omawiane są inne elementy mechaniczne, które mogłyby zostać w ten sposób wytworzone. Jakie czynniki wpływają na sposób modelowania silnika? Jak można udoskonalić, zmienić lub stworzyć własny projekt modelu silnika?

### 7. Zmiana domyślnych ustawień drukowania i testowanie nowych części

W grupach uczniowie ustalają, które ustawienia drukowania chcą zmienić i jaki będzie to mieć wpływ na drukowany obiekt. Zmodyfikowane części są drukowane i testowane przez uczniów. W ramach zmiany ustawień drukowania można np. zwiększyć wysokość warstwy z 0,19 mm do 0,29 mm, co pozwoli uzyskać bardziej chropowatą powierzchnię. Należy pamiętać, że spowoduje to skrócenie czasu drukowania. Wypełnienie (infill) to kolejny parametr, który uczniowie mogą modyfikować. Mogą zmieniać go z zalecanych 10% do 20% lub 30%. Do pomiaru różnic w ciężarze nowych elementów należy użyć wagi.

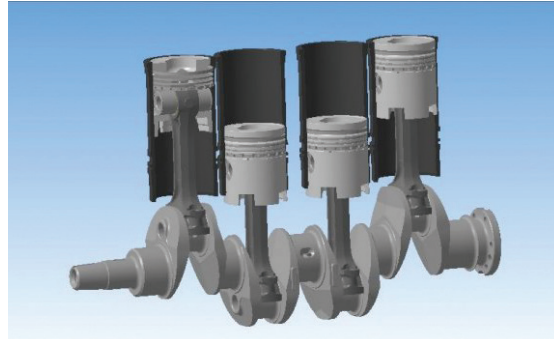
**WSKAZÓWKA:** Ustawienia drukowania zmieniać pojedynczo, aby zobaczyć skutek zmian. Należy pamiętać, że niższy procent wypełnienia i mniejsza liczba ścian spowoduje zmniejszenie ciężaru, ale także zmniejszy stabilność.

## 8. Ocena i przegląd zmodyfikowanych elementów oraz całości silnika

Grupy obliczają i dokonują oceny głównych parametrów wydruku, w tym m.in.: grubości warstwy, czasu drukowania, wypełnienia, wysokości warstwy i innych ustawień procesu drukowania. Następuje omówienie, które z nich mają istotny wpływ na stabilność obiektu. Czy udało się osiągnąć oczekiwane wyniki?

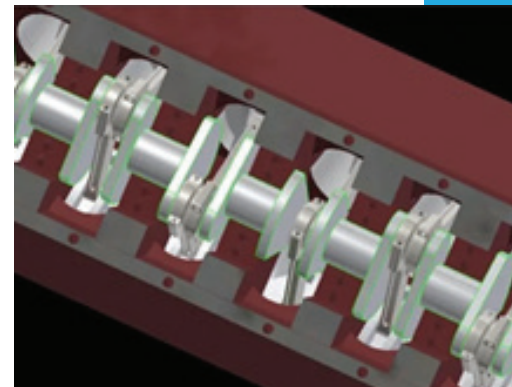
## 9. Część zaawansowana – opracowanie i zbudowanie nowych zmodyfikowanych części silnika lub całej jednostki

W tej części warsztatów uczniowie tworzą i realizują własne projekty silnika i jego poszczególnych elementów.



W tym celu uczniowie modelują własne projekty wykorzystując wiedzę uzyskaną w trakcie warsztatów, dyskusji i testów elementów i konstrukcji silnika. Mają do wyboru dwie możliwości. Pierwsza polega na zmianie wcześniejszego projektu. W drugiej tworzony jest zupełnie nowy projekt. Grupy mogą samodzielnie wybrać jedną z tych możliwości i rozpocząć planowanie swojego projektu.

- Przykłady:



## 10. Ocena i przegląd zmodyfikowanego projektu

Uczniowie drukują swoje projekty i testują je. Czy zmiany/udoskonalenia przyniosły oczekiwany efekt?

### 10. Refleksje

Które projekty silnika były najlepsze i jakie były ich cechy wspólne?

Jaka była najważniejsza rzecz, której się dziś nauczyłeś/-aś? Dlaczego?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

O czym chciałbyś/-abyś się dowiedzieć więcej i dlaczego?

Przeanalizuj przebieg dzisiejszych zajęć. Z czego jesteś najbardziej dumny/-a?

## 5.6. ĆWICZENIE „TURBINA WIATROWA”

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	elektrotechnika
<b>Liczebność klasy:</b>	10-16 uczniów/3-4 uczniów w każdej grupie
<b>Czas trwania:</b>	jeden dzień wprowadzenia do druku 3D, dwa dni warsztatów
<b>Wymagane narzędzia:</b>	Oprócz komputera i drukarki 3D wykorzystującej technologię FDM (osadzanie topionego materiału) wraz z odpowiednim oprogramowaniem, potrzebne będą następujące materiały: <ul style="list-style-type: none"><li>• FreeCAD (darmowy program open-source typu CAD lub podobny)</li><li>• dostępne modele</li></ul>
<b>Materiały i modele:</b>	<a href="http://www.thingiverse.com/thing:2822484">www.thingiverse.com/thing:2822484</a>
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Turbina wiatrowa może zostać wykonana na drukarce 3D. Uczniowie poznają podstawy druku 3D, przebieg procesu drukowania i różnice pomiędzy procesami druku. Uczą się samodzielnie pracować z drukarką i oprogramowaniem podczas wydruku modelu turbiny wiatrowej.

### Plan lekcji i ćwiczenia

#### 1. Przygotowanie nauczyciela

Każda grupa powinna dysponować podstawowymi modelami 3D głównych elementów turbiny wiatrowej przed przystąpieniem do ustalania niezbędnych parametrów wydruku 3D.

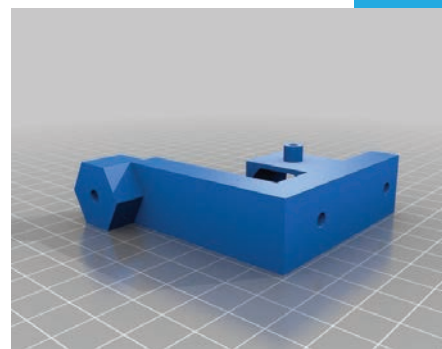
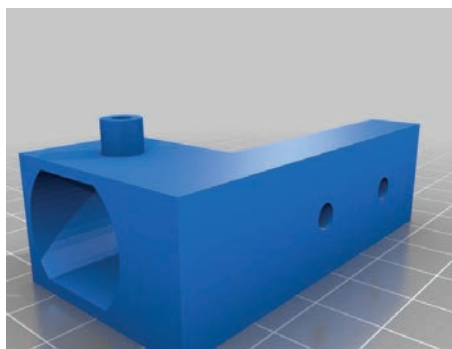
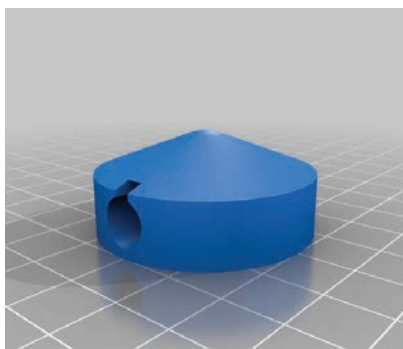
**WSKAZÓWKA:** Drukować poszczególne elementy ruchome mechanizmu w jednym kolorze (np. czarnym), a pozostałe części w innych kolorach i – w razie potrzeby – bez podpory, w ułożeniu płaskim na platformie roboczej.

#### Ustawienia drukowania:

Raft	Tak
Podpora (support)	Tak
Rozdzielczość	0,4 mm
Warstwa	0,19 mm
Wypełnienie	10%



- Przykładowe modele:



## 2. Podstawy druku 3D (lekcja wprowadzająca)

Nauczyciel wyjaśnia uczniom sposób działania drukarki 3D, omawia rodzaje drukarek, na których pracują oraz metody ich obsługi.

Ważne terminy, które nauczyciel powinien wymienić/wyjaśnić: proces drukowania, wypełnienie/wzór wypełnienia, ściana/warstwa, podpora (support), raft, wysokość warstwy, format pliku, zasady projektowania, slicer, błędy.

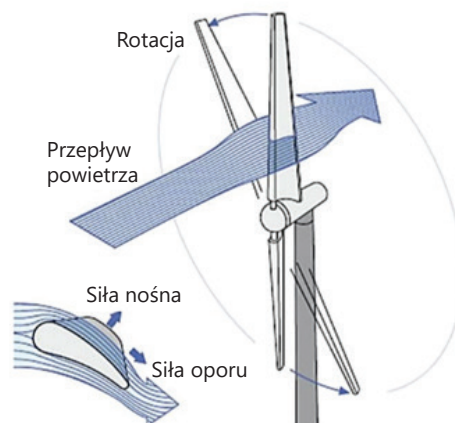
## 3. Podstawy konstrukcji turbiny wiatrowej

Nauczyciel wyjaśnia uczniom podstawy konstrukcji i funkcje poszczególnych części turbiny wiatrowej.

## 4. Demonstracja i opis

Turbina wiatrowa to urządzenie wykorzystujące ruch obrotowy wirnika w celu przekształcania energii kinetycznej wiatru w energię mechaniczną, a następnie – przy pomocy generatora – w energię elektryczną.

Do głównych elementów turbiny wiatrowej należą: wirnik (składający się z piasty, wału i łopat – zwykle trzech), układ hamowania, elementy mocujące generatora wolnobieżnego, układ sterowania i monitorowania, prądnica, mechanizm obrotowy, gondola, wieża, przekładnik mocy (zwykle przekładnia), fundament, transformator, złącze energetyczne i specjalistyczne oprzyrządowanie.



## 5. Próba złożenia modelu

Uczniowie mają za zadanie złożyć podstawową jednostkę turbiny wiatrowej w funkcjonalną całość.

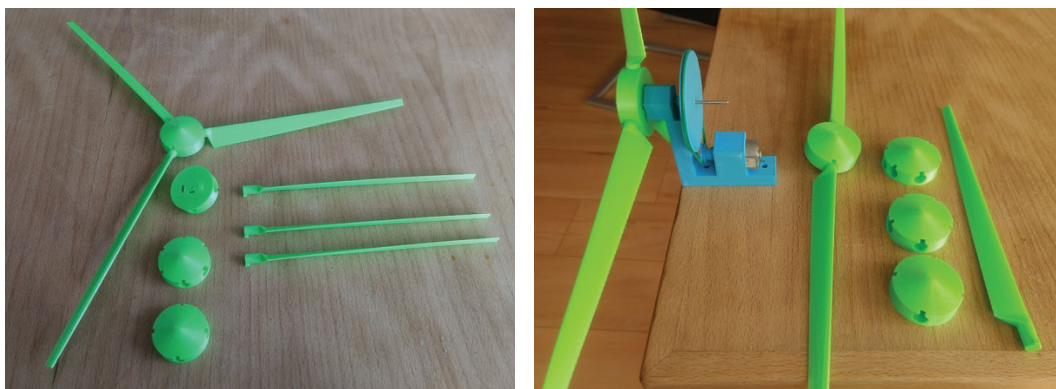
## 6. Ocena i przegląd

Każda z grup prezentuje złożony egzemplarz turbiny wiatrowej. Omawiane są inne elementy mechaniczne, które mogłyby zostać wytworzone. Jakie czynniki mają wpływ na sposób modelowania turbiny wiatrowej? Jak można udoskonalić, zmienić lub stworzyć własny projekt modelu turbiny wiatrowej?

## 7. Zmiana domyślnych ustawień drukowania i testowanie nowych części

W grupach uczniowie ustalają, które ustawienia drukowania chcą zmienić i jaki będzie to mieć wpływ na drukowany obiekt. Zmodyfikowane części są drukowane i testowane przez uczniów. Ustawienia drukowania można zmieniać np. przez zmniejszenie wysokości warstwy z 0,4 mm do 0,29 mm, co pozwoli uzyskać gładkie wykończenie. Należy pamiętać, że spowoduje to skrócenie czasu drukowania. Wypełnienie (infill) to kolejny parametr, który uczniowie mogą modyfikować. Mogą zmieniać go z zalecanych 10% do 20% lub 30%. Do pomiaru różnic w ciężarze nowych elementów należy użyć wagi.

**WSKAZÓWKA:** Ustawienia drukowania zmieniać pojedynczo, aby zobaczyć skutek zmian. Należy pamiętać, że niższy procent wypełnienia i mniejsza liczba ścian spowoduje zmniejszenie ciężaru, ale także zmniejszy stabilność.



## 8. Ocena i przegląd zmodyfikowanych elementów oraz całości turbiny wiatrowej

Grupy obliczają i dokonują oceny głównych parametrów wydruku, w tym m.in.: grubości warstwy, czasu drukowania, wypełnienia, wysokości warstwy i innych ustawień procesu drukowania. Następuje omówienie, które z nich mają istotny wpływ na stabilność obiektu. Czy udało się osiągnąć oczekiwane wyniki?

## 9. Część zaawansowana – opracowanie i zbudowanie nowych zmodyfikowanych części turbiny wiatrowej lub całej jednostki

W tej części warsztatów uczniowie tworzą i realizują własne projekty turbiny wiatrowej i jej poszczególnych elementów.

W tym celu uczniowie tworzą własne projekty wykorzystując wiedzę uzyskaną w trakcie warsztatów, dyskusji i testów elementów i konstrukcji turbiny wiatrowej. Mają do wyboru dwie możliwości. Pierwsza polega na zmianie wcześniejszego projektu. W drugiej tworzony jest zupełnie nowy projekt. Grupy mogą samodzielnie wybrać jedną z tych możliwości i rozpocząć planowanie swojego projektu.



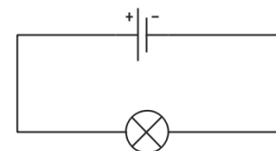
- Przykłady:



Konieczne jest skonstruowanie obwodu przy pomocy małego alternatora (prądnic), który wytwarza energię elektryczną na podobnej zasadzie jak dynamo rowerowe. Pozwoli on przekształcić energię mechaniczną generowaną podczas obracania się turbiny wiatrowej na energię elektryczną poprzez ruch magnesu. Wykorzystywana jest przy tym indukcja elektromagnetyczna. Obracający się magnes wytwarza zmienne pole magnetyczne, które indukuje (wzbudza) prąd zasilający żarówkę w wytworzonym obwodzie.

#### 10. Ocena i przegląd zmodyfikowanego projektu

Uczniowie drukują swoje projekty i testują je. Czy zmiany/udoskonalenia przyniosły oczekiwany efekt?



**WSKAZÓWKA:** Sprawdzić możliwość obracania się łopat turbiny wiatrowej w ramach istniejącej konstrukcji.

#### 11. Refleksje

Które projekty turbiny wiatrowej były najbardziej wydajne i jakie były ich cechy wspólne?

Jaka była najważniejsza rzecz, której się dziś nauczyłeś/-aś? Dlaczego?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

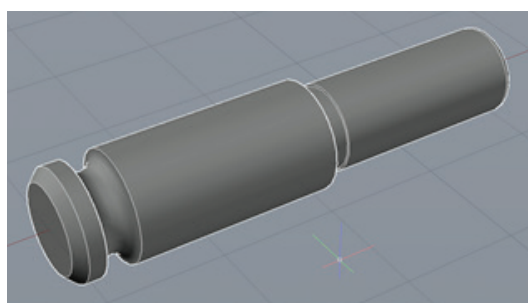
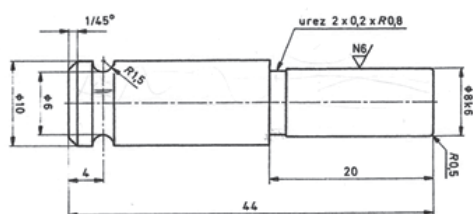
O czym chciałbyś/-abyś się dowiedzieć więcej i dlaczego?

Przeanalizuj przebieg dzisiejszych zajęć. Z czego jesteś najbardziej dumny/-a?



## 5.7. ĆWICZENIE „BUDOWA WAŁU OSIOWEGO”

<b>Przedmioty/dziedzina:</b>	inżynieria, nauki ścisłe
<b>Liczebność klasy:</b>	12 uczniów
<b>Czas trwania:</b>	dwa dni
<b>Wymagane narzędzia:</b>	AutoCAD 2018, sześć odpowiednio skonfigurowanych komputerów, drukarka 3d, materiał do drukowania (filament/tworzywo)
<b>Cele dydaktyczne:</b>	Ćwiczenie ma na celu pokazanie uczniom, jak używać programu AutoCAD, uzmysłowienie im różnic między drukiem 3D i obróbką CNC oraz zapoznanie ich z zastosowaniem druku 3D i pracą z drukarką 3D.



### Plan lekcji i ćwiczenia

#### 1. Przygotowanie nauczyciela

Wymagany program jest zainstalowany na każdym komputerze, z którego korzystają uczniowie w grupach. Komputer nauczyciela z zainstalowanym programem podłączony jest do rzutnika, na którym wyświetlany jest dla uczniów obraz z monitora. Plan tworzenia modeli 3D przedstawiono szczegółowo na zdjęciach poniżej.

#### 2. Tworzenie modeli 3D

Modele obiektu należy tworzyć zgodnie z załączonymi zdjęciami i przygotować je do druku 3D. Model stworzony w programie AutoCAD 2018.

#### 3. Tworzenie modeli w programie AutoCAD

Nauczyciel wraz z uczniami omawia kolejno poszczególne etapy procesu tworzenia modeli, a uczniowie równolegle tworzą w programie własne modele. W każdej grupie wymiary przygotowywanego przedmiotu są inne.

Rysunek 2D tworzymy w widoku TOP (z góry). Używamy poleceń LINE (rysowanie linii), CIRCLE (rysowanie okręgów), TRIM (obcinanie):

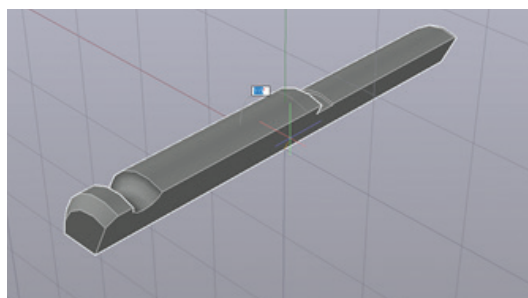
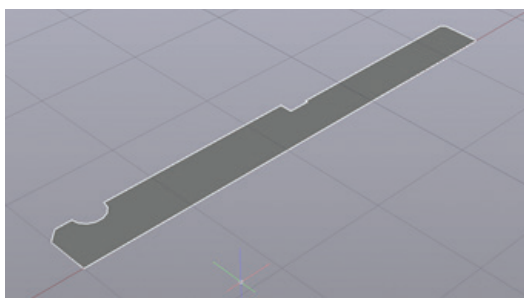


Polecenie REGION pozwala stworzyć powierzchnię, która będzie się obracać i z której przedmiot zostanie utworzony.

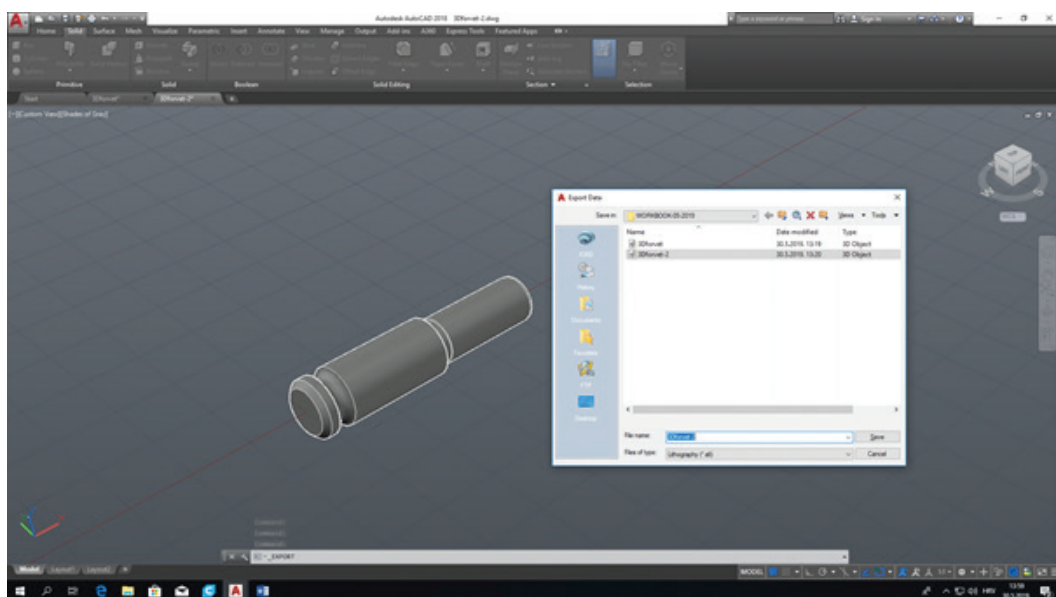


WIDOK IZOMETRYCZNY SW (PŁD.-ZACH.):

Polecenie REVOLVE pozwala obracać obszar powierzchni o 360 ° wokół osi x:



Końcowy wygląd modelu:



Polecenie UNION pozwala połączyć kilka obiektów w jeden.

Na koniec należy wyeksportować rysunek do pliku w formacie .stl.

## 4. Widok symulacji

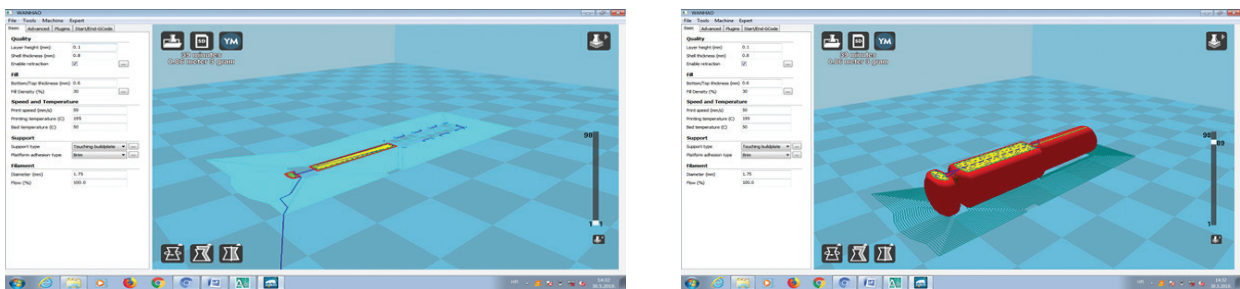
Nauczyciel pokazuje uczniom, jak korzystać z programu do podglądu symulacji i ustawień wydruku. W tym przypadku jest to program Cura, ale istnieje wiele innych programów, które także można wykorzystać w tym celu.

W tej części nauczyciel wyjaśnia uczniom jak ważny jest etap przeprowadzania symulacji w procesie druku 3D. Symulacja pokazuje, które parametry można jeszcze modyfikować przed rozpoczęciem drukowania.

Na poniższych zdjęciach pokazano interfejs programu oraz wymiary, które można modyfikować oraz sposób wprowadzania tych zmian.

Aby wprowadzić ustawienia dla druku 3D i wczytać model w formacie .stl należy otworzyć program Cura:

Widok symulacji drukowanych modeli wg warstw na różnych etapach wydruku:

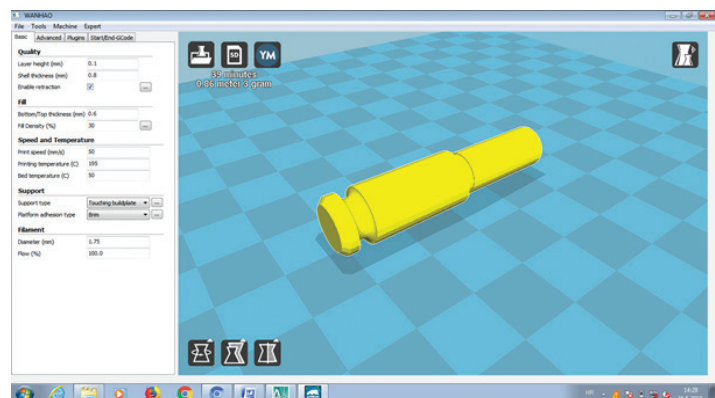


## 5. Podstawy druku 3D

Nauczyciel przedstawia charakterystykę drukarki: wyjaśnia sposób funkcjonowania, omawia rodzaje osi i ruchy po nich, napęd osi, sposób nakładania tworzywa (filamentu), temperaturę tworzywa i stół, ustawienia drukowania, materiały źródłowe dotyczące drukarki i inne parametry. Po stworzeniu modelu następuje:

Konwersja na g-code („zapisz jako g-code”) i ustawienie parametrów drukowania na drukarce:

- wysokość warstwy: 0,1 mm
- grubość ściany: 0,8 mm
- grubość wypełnionej warstwy na górze/dole: 0,6 mm
- poziom gęstości w środkowej części: 30%
- prędkość wydruku: 50 mm/s
- temperatura filamentu (tworzywa): 195 °C
- temperatura stołu: 50°C
- podpory: nie
- oraz inne parametry



## 6. Zmiana ustawień druku 3D i testowanie nowych części

Przedstawione wyżej ustawienia drukowania można zmieniać. Nauczyciel pokazuje uczniom jak zmiana określonego wymiaru wpływa na jakość i szybkość wydruku. Uczniowie mogą swobodnie zmieniać parametry wejściowe w dopuszczalnym zakresie (ustalonym przez nauczyciela). Pozwoli to uczniom zobaczyć w praktyce, jak dane ustawienie wpływa na wydruk 3D.

Na przykład:

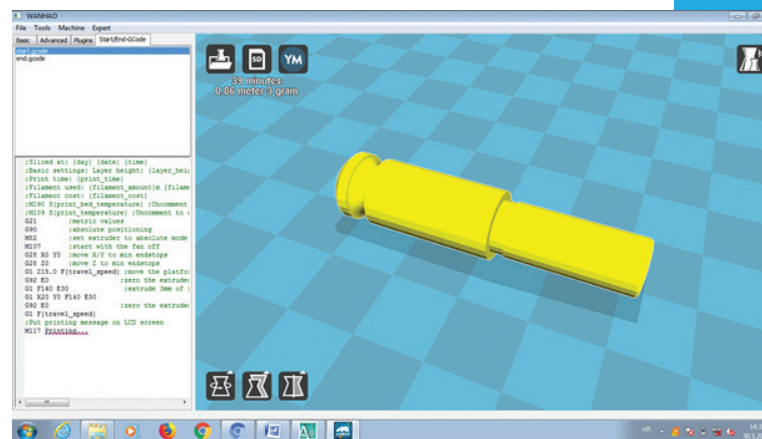
- stopień wypełnienia wpływa na: solidność przedmiotu, prędkość wydruku, masę przedmiotu, zużycie materiałów
- prędkość wydruku wpływa na: jakość powierzchni przedmiotu, czas wydruku
- grubość poszczególnych warstw wpływa na: jakość wydruku, wzajemne połączenie warstw
- temperatura powierzchni wpływa na: jakość warstwy bazowej nałożonej na stół.

**UWAGA:** Każda z grup powinna zmieniać tylko jeden z określonych parametrów, aby sprawdzić, jaki będzie to mieć skutek. Na przykład: jedna grupa zmienia tylko stopień wypełnienia, inna tylko temperaturę stołu itd.

Polecenia programu w g-code:

## 7. Proces druku 3D

Poszczególne grupy drukują swoje modele zgodnie z parametrami wcześniej uzgodnionymi z nauczycielem. Po zakończeniu drukowania uczniowie oceniają, w jakim zakresie zmiana parametru wpłynęła na ich obiekt. Gdy wszystkie grupy zakończą drukowanie, uczniowie wymieniają się modelami i wyjaśniają sobie nawzajem, jak zmiana danego parametru wpłynęła na jakość wydruku. Pozwala to uczniom uzyskać wgląd we wszystkie zmiany w zakresie parametrów wejściowych oraz omówić swoje doświadczenia.



## 8. Refleksje

Jaka była najważniejsza rzecz, której się dziś nauczyłeś/-aś? Dlaczego?

Czy zastosujesz druk 3D w przyszłych projektach?

O czym chciałbyś/-abyś się dowiedzieć więcej i dlaczego?

Jak technologia 3D wpłynie na twoją edukację?

# 6 Podręcznik – podsumowanie

Podręcznik przeznaczony jest dla nauczycieli kształcenia zawodowego, którzy biorą udział w procesie nauczania z zakresu technologii 3D. Oczekuje się, że wraz z innymi działaniami zrealizowanymi w ramach projektu będzie mieć istotny wpływ na rozwój zawodowy nauczycieli ośrodków kształcenia i szkolenia zawodowego oraz na poprawę jakości edukacji.

Głównym zamysłem podręcznika jest dostarczenie nauczycielom metod i praktycznych przykładów, których mogą użyć podczas pracy w swoich placówkach edukacyjnych. Zasadniczy cel podręcznika jest ściśle związany z podstawowym założeniem projektu, jakim jest stworzenie systemu kształcenia i szkolenia zawodowego, który odpowiada na potrzeby świata biznesu i nieustannie zmieniające się wymogi w zakresie nowych umiejętności i kwalifikacji na rynku pracy. Do realizacji tego celu konieczne jest, aby ośrodki kształcenia i szkolenia zawodowego nieustannie podnosiły kompetencje swoich pracowników i rozwijały ofertę edukacyjną, przyczyniając się do unowocześniania i poprawy jakości kształcenia zawodowego.

Dzięki zawartym tutaj ćwiczeniom i praktycznym przykładom, podręcznik powinien umożliwić nauczycielom opracowywanie i wdrażanie innowacyjnych programów dydaktycznych w oparciu o metody i narzędzia czerpane z analizy praktyk stosowanych w partnerskich placówkach edukacyjnych, co stanowi priorytet w zakresie kształcenia i szkolenia zawodowego w kraju każdego z partnerów. Jeśli uda się zrealizować te założenia, będzie to dla partnerów projektu i autorów podręcznika wspaniałe osiągnięcie.

## ***Materiały***

- Regionalne studia przypadku (4)
- Rozmowy z głównymi interesariuszami (40)
- Sprawozdania ze wspólnych szkoleń dla nauczycieli (3)
- Sprawozdania z wydarzeń „blended mobility” (2)
- Warsztaty z uczniami

