



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**Praca inżynierska**

# **Zaprojektowanie oraz analiza wytrzymałości konstrukcji podwozia autonomicznego pojazdu wyznaczającego optymalną trasę przejazdu przez trudny teren**

**Dyplomant:** Marcin Jurczyk  
**Promotor:** dr inż. Piotr Kustra  
**Recenzent:** prof. dr hab. inż. Jan Kusiak

**Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej**

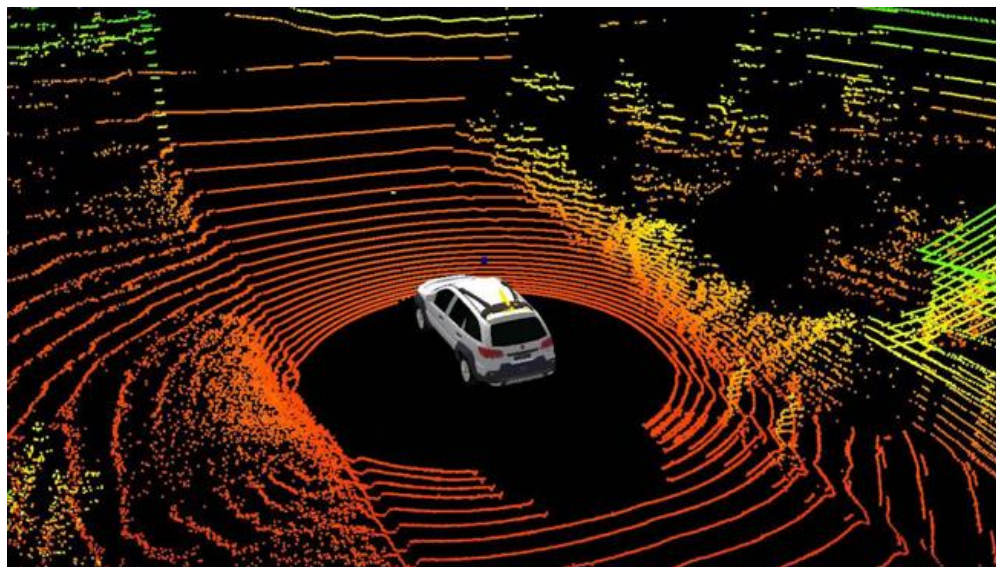
**Informatyka Stosowana**

Kraków, 2021

**Pojazd autonomiczny** - pojazd, który może samodzielnie jeździć z punktu A do punktu B bez pomocy kierowcy.

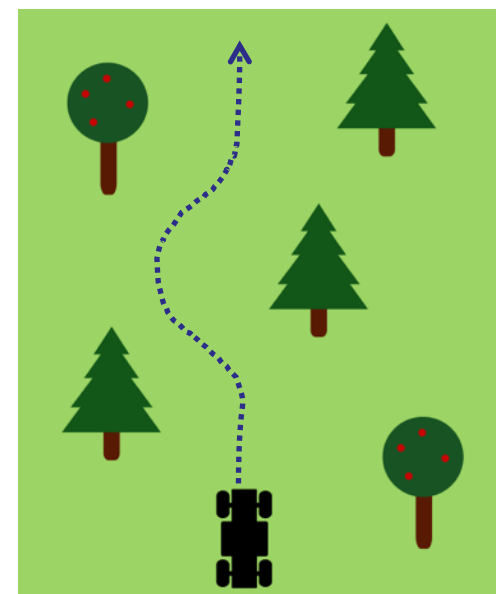
Do ich budowy często korzysta się z takich urządzeń jak:

- LiDAR,
- radar,
- czujnik ultradźwiękowy,
- kamera wideo,
- system GPS.





Głównym celem niniejszej pracy było zaprojektowanie, przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej oraz konstrukcja prototypu podwozia, które w przyszłości zostanie wykorzystane do budowy autonomicznego pojazdu.



## Cele szczegółowe

W ramach realizacji głównego celu pracy postawiono następujące cele szczegółowe:

- 1) Dobór elementów elektronicznych,
- 2) Zaprojektowanie schematu połączeń elektronicznych,
- 3) Zaprojektowanie podwozia w oprogramowaniu typu CAD,
- 4) Przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej,
- 5) Wydruk części przy użyciu drukarki 3D,
- 6) Złożenie modelu,
- 7) Przeprowadzenie testów prototypu.



# Dobór elementów elektronicznych

Wybrano następujące komponenty elektryczne:

- a) 4x Silnik z przekładnią 19:1 oraz enkoderem 64 CPR
- b) 4x Jednokanałowy sterownik silnika
- c) Akumulator LiPo o pojemności 3700 mAh
- d) Mikrokontroler Arduino UNO



a) Silnik



b) Sterownik silnika

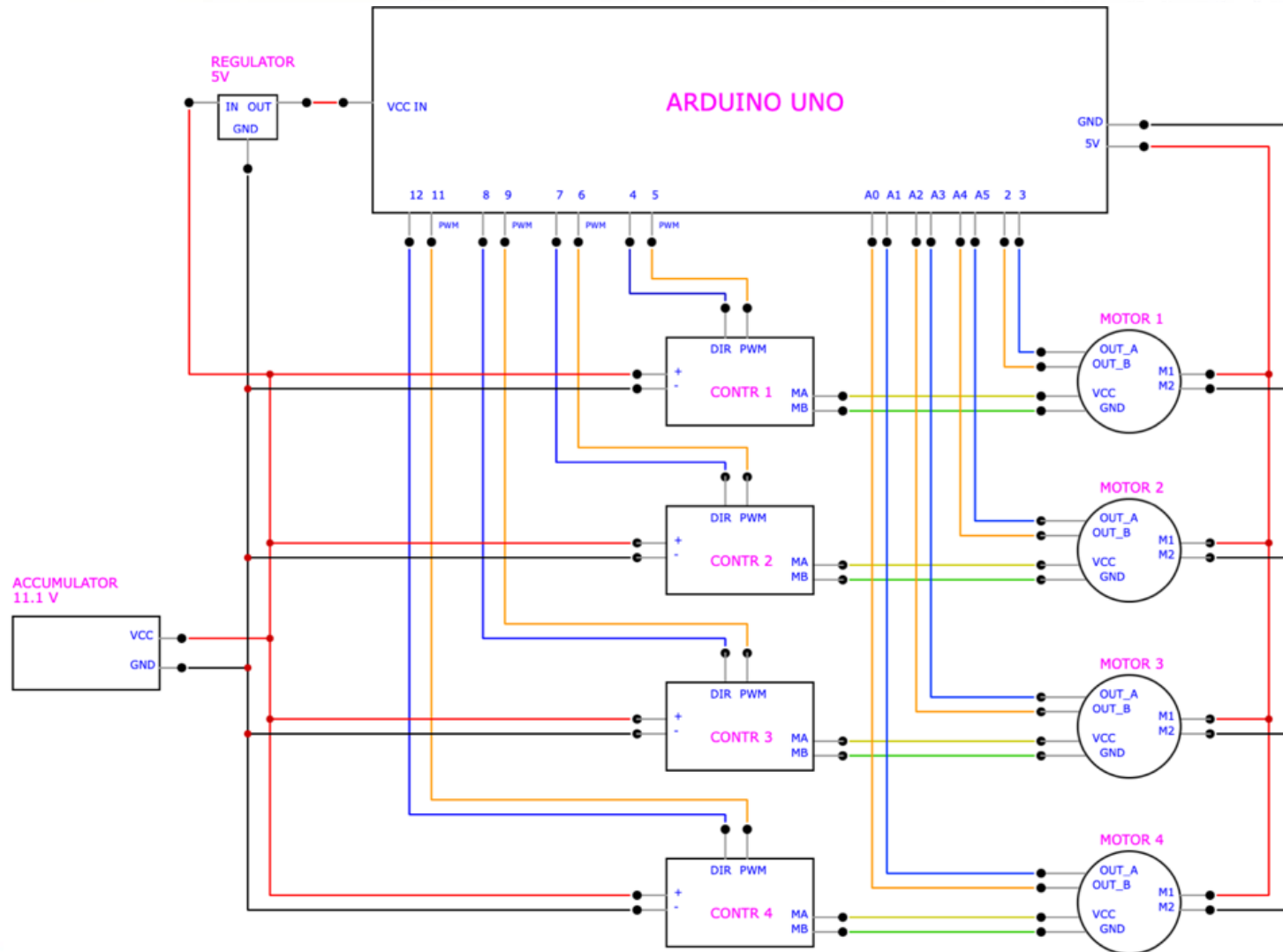


c) Akumulator



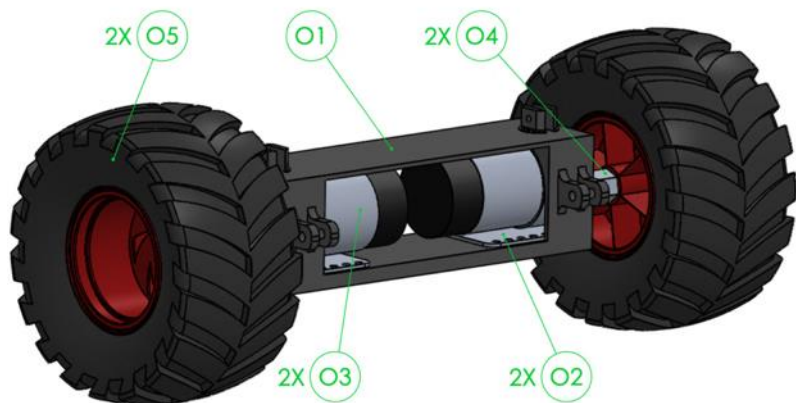
d) Mikrokontroler

# Układ elektryczny



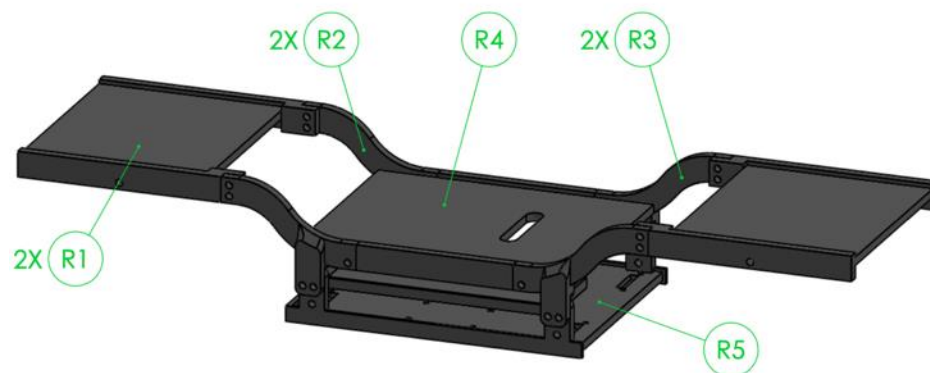
# Projekt prototypu w SolidWorks

Podwozie składa się z **dwóch osi**: przedniej i tylnej oraz **ramy**.



Oś pojazdu, składa się z następujących części:

- O1** – osłona silników,
- O2** – mocowania silników,
- O3** – silniki,
- O4** – adapter do kół,
- O5** – koła.

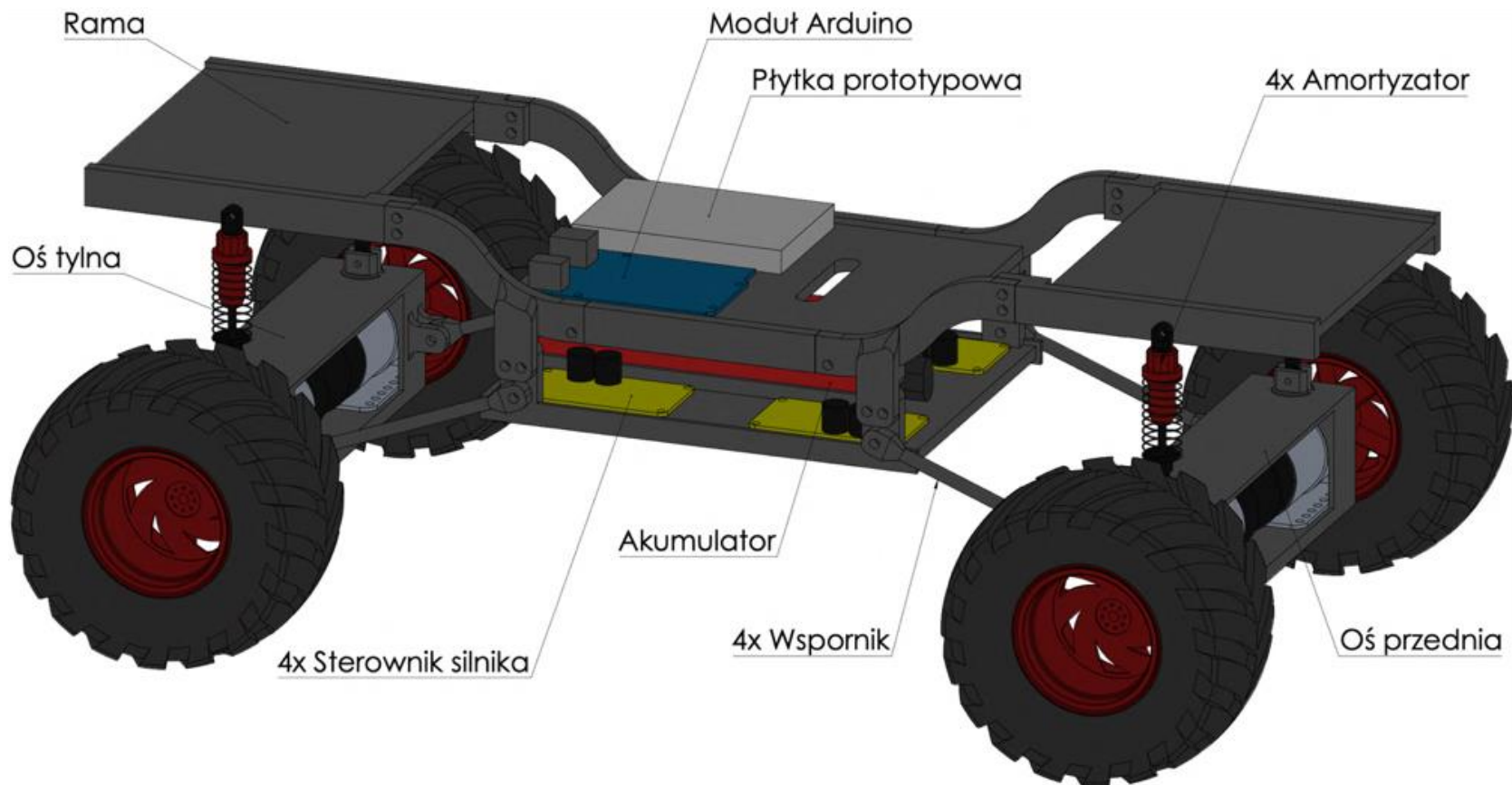


Rama pojazdu, składa się z następujących części:

- R1** – płyta górna,
- R2** – prawy łącznik,
- R3** – lewy łącznik,
- R4** – płyta środkowa,
- R5** – płyta dolna.

# Projekt prototypu w SolidWorks

Rama oraz osi połączone są ze sobą przy użyciu czterech **amortyzatorów** oraz **wsporników**.





# Analiza wytrzymałościowa

Przeprowadzono 3 testowe symulacje z wykorzystaniem MES:

- 1) Standardowe obciążenie (2 dodatkowe akumulatory + LiDAR),
- 2) Maksymalne obciążenie płyty górnej,
- 3) Maksymalne obciążenie płyty środkowej.

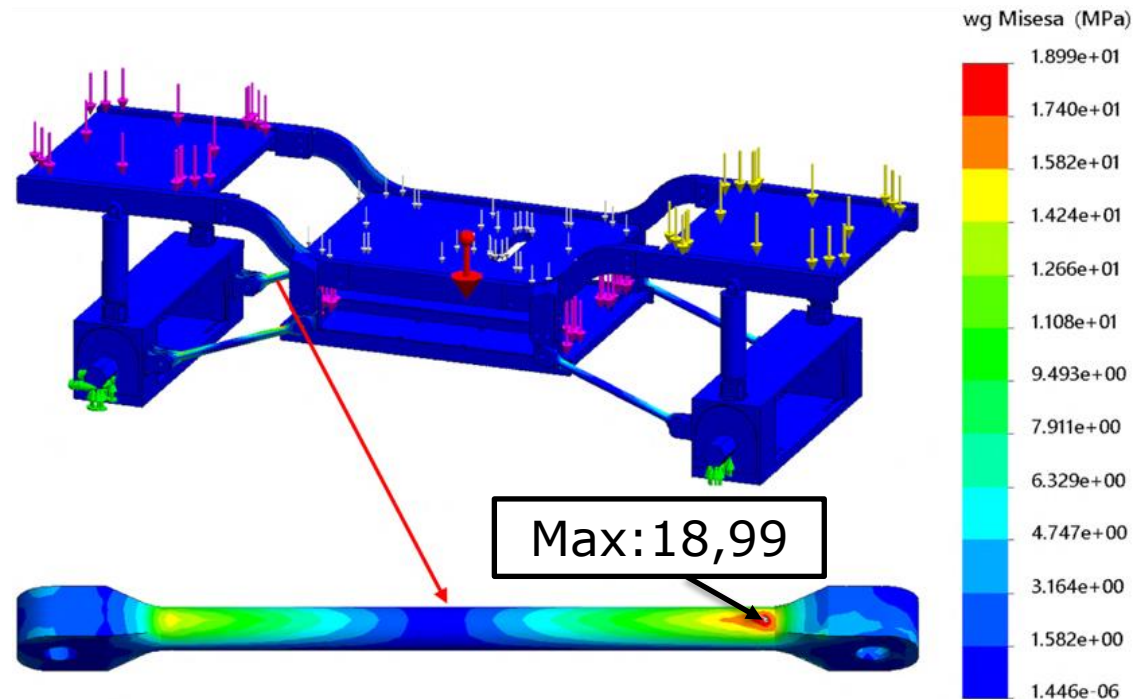
## Wyniki:

- 1) Max naprężenia: **19** MPa,
- 2) Max obciążenie: **3.2** kg,
- 3) Max obciążenie: **8.3** kg.

## Max przemieszczenia:

- 1) 3.4 mm
- 2) 13.8 mm
- 3) 2.4 mm

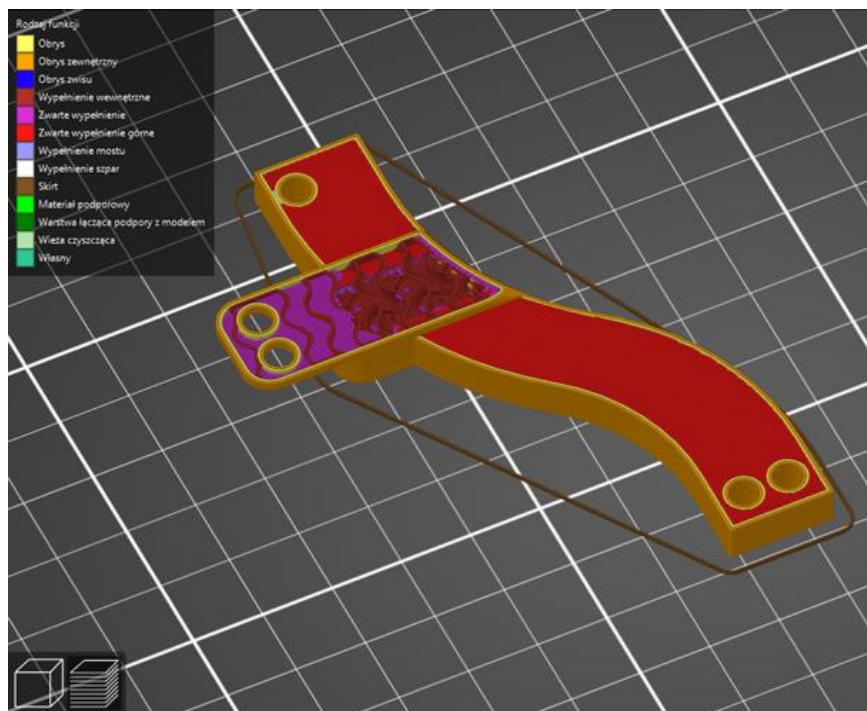
Granica plastyczności: **70** MPa



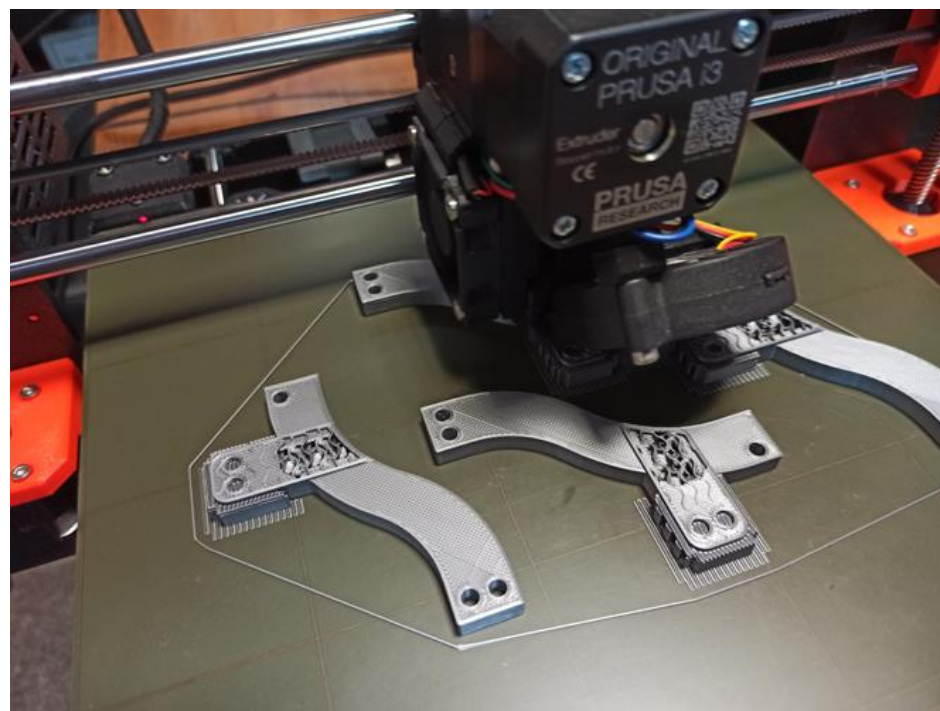
Rozkład naprężeń dla testu 1

## Druk 3D

Do druku 3D zaprojektowanych części wykorzystano materiał PLA.  
Po odpowiednich przygotowaniach części w oprogramowaniu *PrusaSlicer*, przystąpiono do druku przy użyciu drukarki 3D Original Prusa i3 MK3S.



Widok części w *PrusaSlicer*



Proces drukowania części

## Złożenie modelu

Po wydrukowaniu części przystąpiono do etapu złożenia modelu. Do połączenia komponentów użyto szeregu śrub **M4** oraz **M3**.



Złożony model

Max prędkość: **12,5 km/h**



Test na bieżni

Czas pracy przy poborze prądu:

- średnim (200 mA): **4h i 6min**,
- wysokim: (5500 mA): **1h i 36min**.

# Implementacja

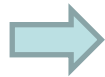
Zaimplementowano podstawowe komendy umożliwiające pojazdowi zakręt w lewo i prawo, jazdę w przód i tył oraz obrót w miejscu.

Na ich podstawie zaimplementowano **zdalne sterowanie** za pośrednictwem laptopa, poprzez podłączenie **moduł bluetooth** HC-06.

Wykorzystano środowisko programistyczne **Arduino IDE** oraz zintegrowano go z programem **Processing** w celu umożliwienia odczytu naciskanych klawiszy na klawiaturze.



Klawiatura



Processing



Arduino IDE



Moduł  
bluetooth

Wykonano także program pozwalający na odczyt wartości enkodera silnika.



# Praktyczna prezentacja pracy

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

## Bibliografia:

- [1] LiDAR: <https://www.esticastresearch.com/report/automotive-lidar-market/>
- [2] Koło naukowe *Creative*: [https://m.facebook.com/pg/skn.creative.agh/photos/?ref=page\\_internal&mt\\_nav=0](https://m.facebook.com/pg/skn.creative.agh/photos/?ref=page_internal&mt_nav=0)
- [3] Podwozie: <http://www.ljhookerhomeloans.com.au/Toys-&-Hobbies-661631/Chassis-Gmade-4link-Suspension-Conversion.xhtml>
- [4] System: <https://dlpng.com/png/4239711>
- [5] SolidWorks logo: <https://www.dotproduct3d.com/workflows.html>
- [6] Prusa i3 MK3 logo: [https://blog.prusaprinters.org/pl/drukarka-3d-prusa-i3\\_32479/](https://blog.prusaprinters.org/pl/drukarka-3d-prusa-i3_32479/)
- [7] Arduino logo 1: <https://www.arduino.cc/r/>
- [8] Silnik Pololu: <https://www.pololu.com/file/0J1736/pololu-37d-metal-gearmotors-rev-1-2.pdf>
- [9] Sterownik silnika Cytron: <https://www.cytron.io/p-13amp-6v-30v-dc-motor-driver>
- [9] Bateria LiPo: <https://www.conrad.pl/p/pakiet-akumulatorow-lipo-111-v-3700-mah-40-c-conrad-energy-box-hardcase-xt90-1530480>
- [10] Arduino UNO: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [11] Klawiatura logo: <https://pl.soringpcrepair.com/how-connect-keyboard-to-computer/>
- [12] Processing logo: [https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Plik:Processing\\_3\\_logo.png](https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Plik:Processing_3_logo.png)
- [13] Arduino logo 2: <https://brandslogos.com/a/arduino-logo-1/>
- [14] Moduł bluetooth HC-06: <https://arduino-pl.com/moduly-komunikacyjne-do-arduino/206-bluetooth-hc-06-modul-do-arduino.html>