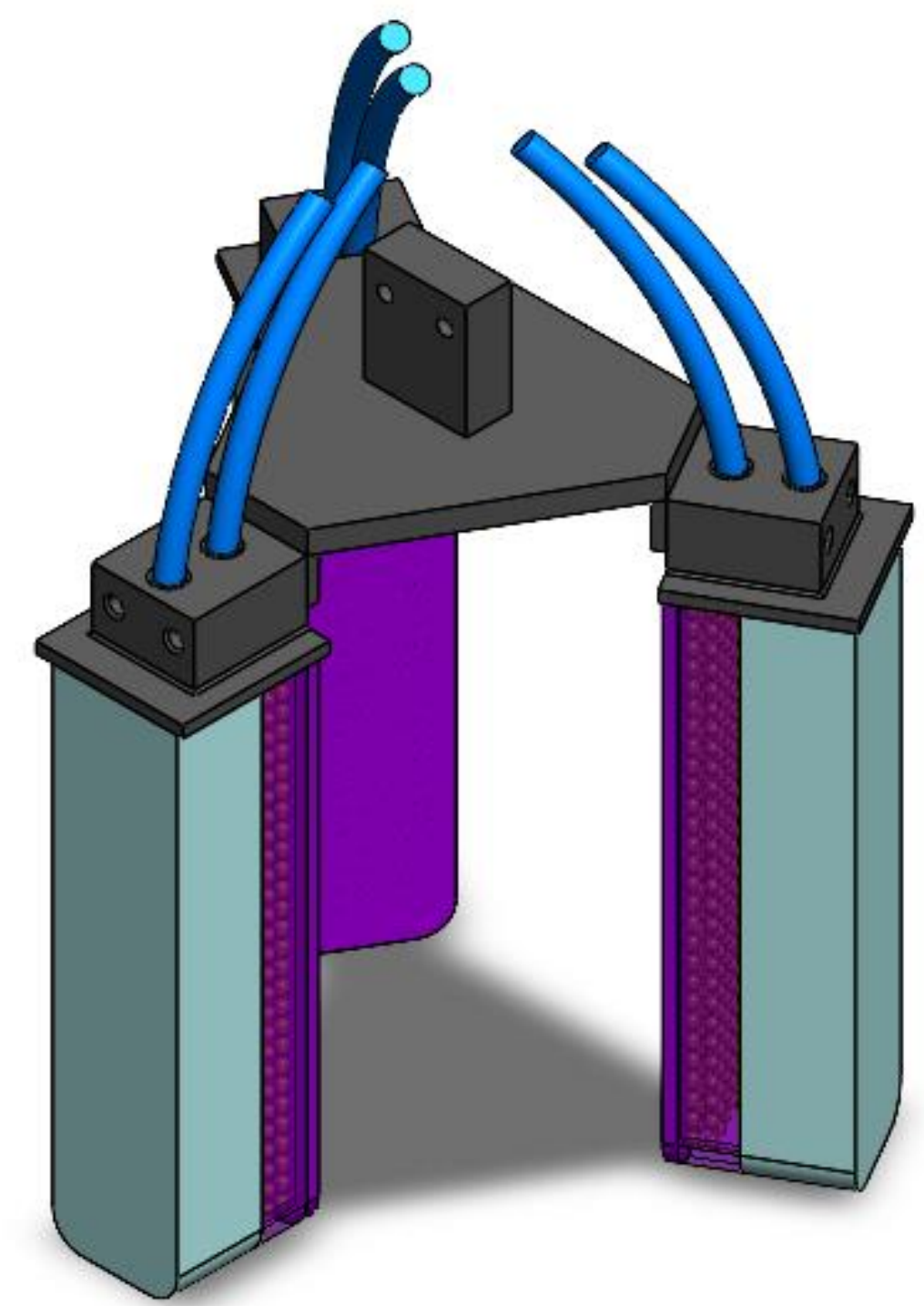


Opracowanie technologii wytwarzania oraz badania bio-inspirowanego chwytaka wykorzystującego zjawisko solidyfikacji granulatu

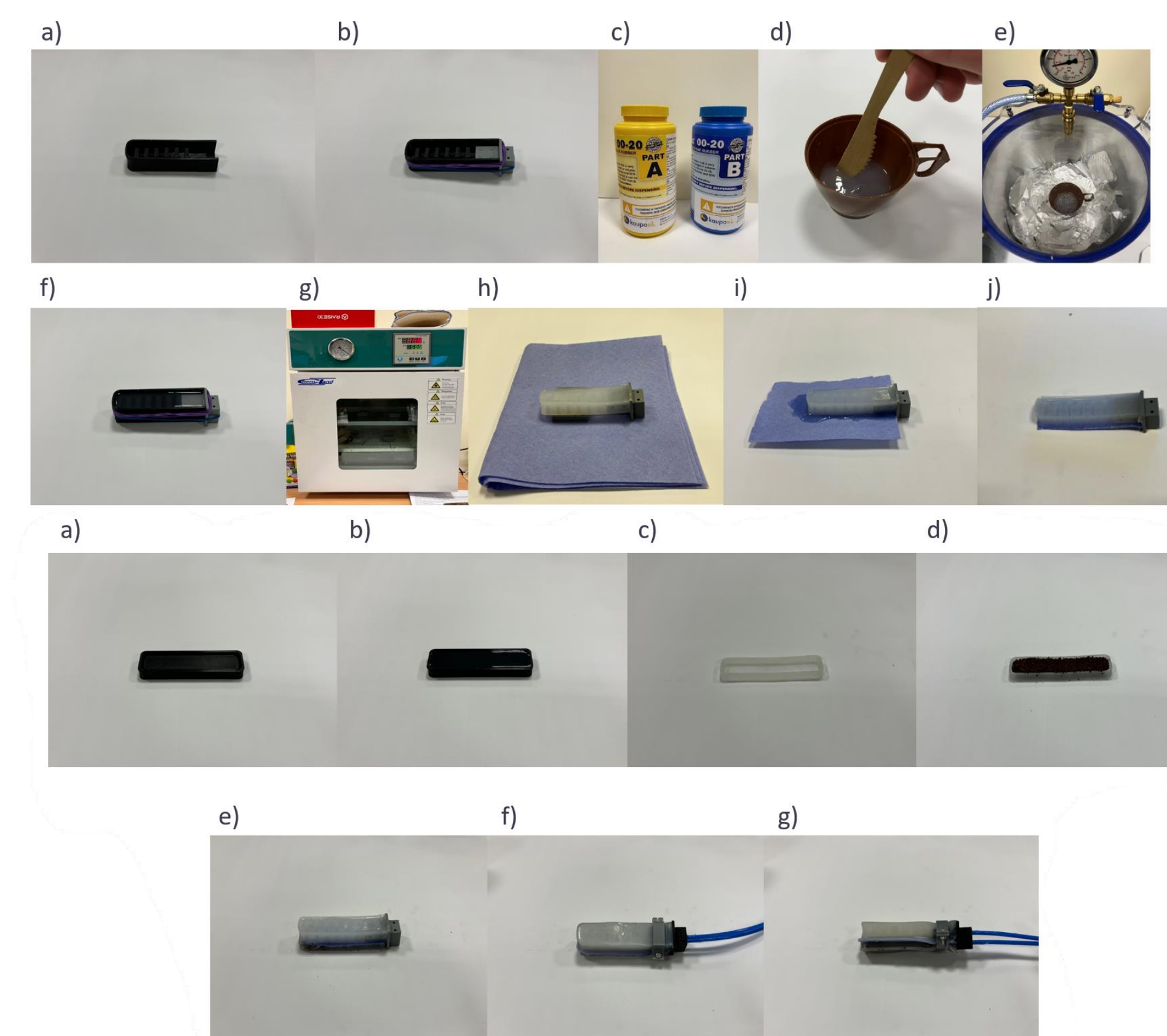
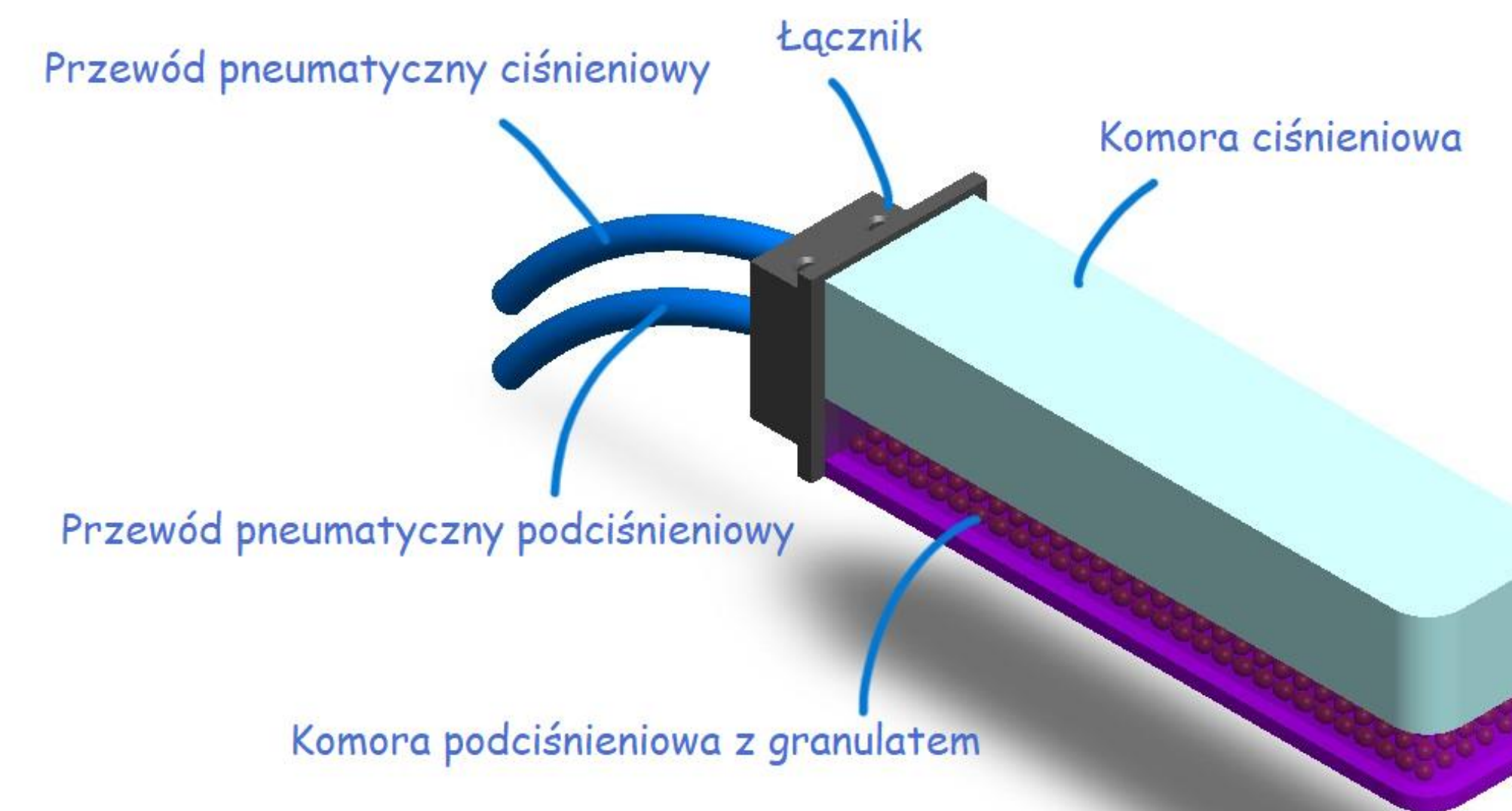
Autor: Piotr Bomba

Promotor: dr inż. Piotr Bartkowski



Tematyka pracy

Robotyka miękka jest obecnie bardzo intensywnie rozwijającą się gałęzią nauki oraz przemysłu. Przyczyną takiego zjawiska są szeroko idące korzyści wynikające z zastosowania materiałów miękkich. Najważniejszą z tych korzyści jest **bezpieczeństwo**, dzięki któremu taki chwytak zastosowany w przemyśle nie stanowi zagrożenia dla operatora obsługującego go. Jednak chwytaki miękkie charakteryzują się bardzo niską możliwością obciążeniową. W celu rozszerzenia funkcjonalności i szerszego wykorzystania chwytaków miękkich badane są różne rozwiązania. W pracy zaproponowano nowe, bardzo perspektywiczne rozwiązanie pozwalające na **regulację sztywności** modułów takiego chwytaka dzięki zastosowaniu **zjawiska solidyfikacji granulatu**. Zjawisko to polega na wyciągnięciu podciśnienia z komory wypełnionej granulatem, co wpływa pozytywnie zwiększając sztywność struktury. Rozwiązanie to nie ma wpływu na zdolności odkształceniowe modułu, a dodatkowo pozwala na zwiększenie sztywności oraz zapamiętanie aktualnego kształtu, co pozwala na bezpieczne przeniesienie elementu.

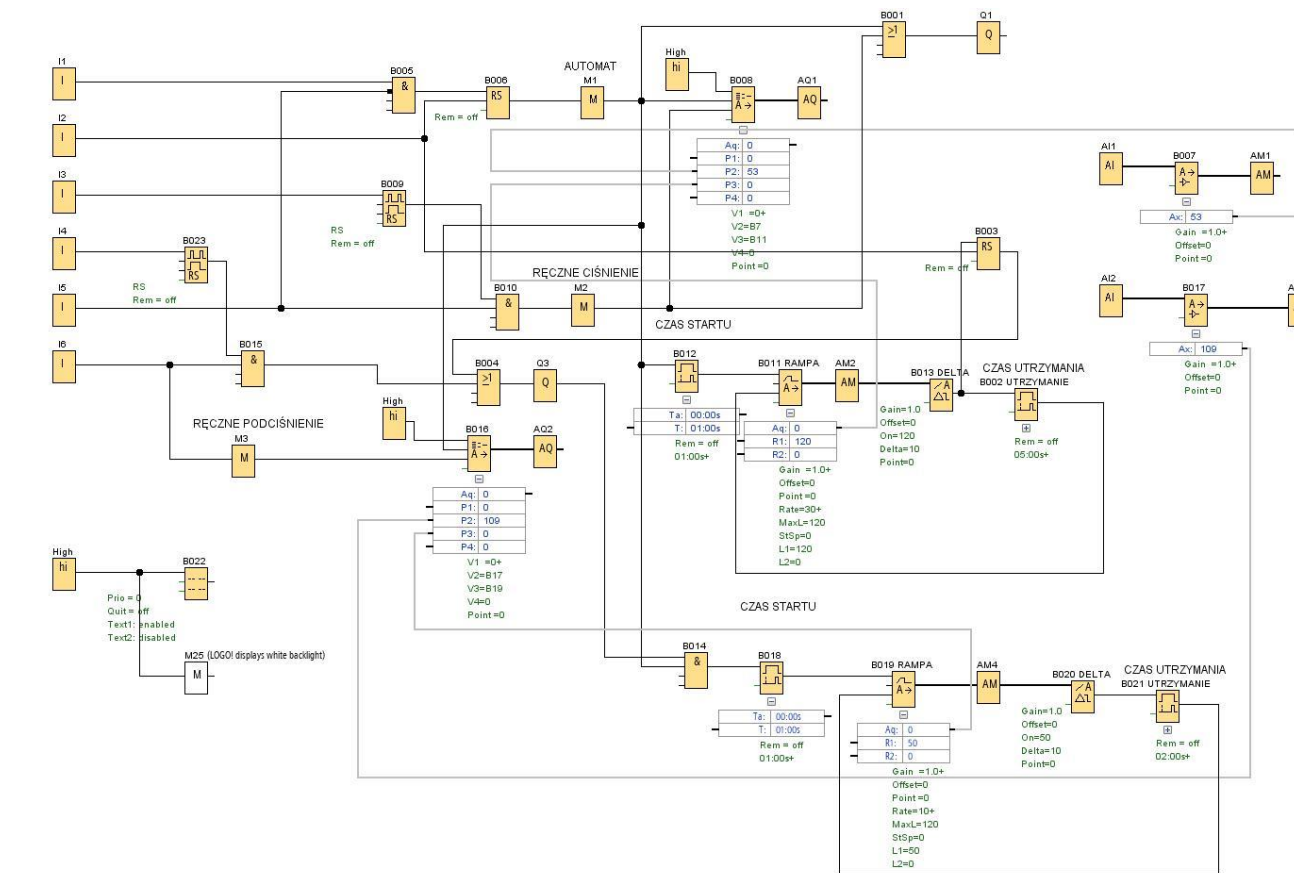
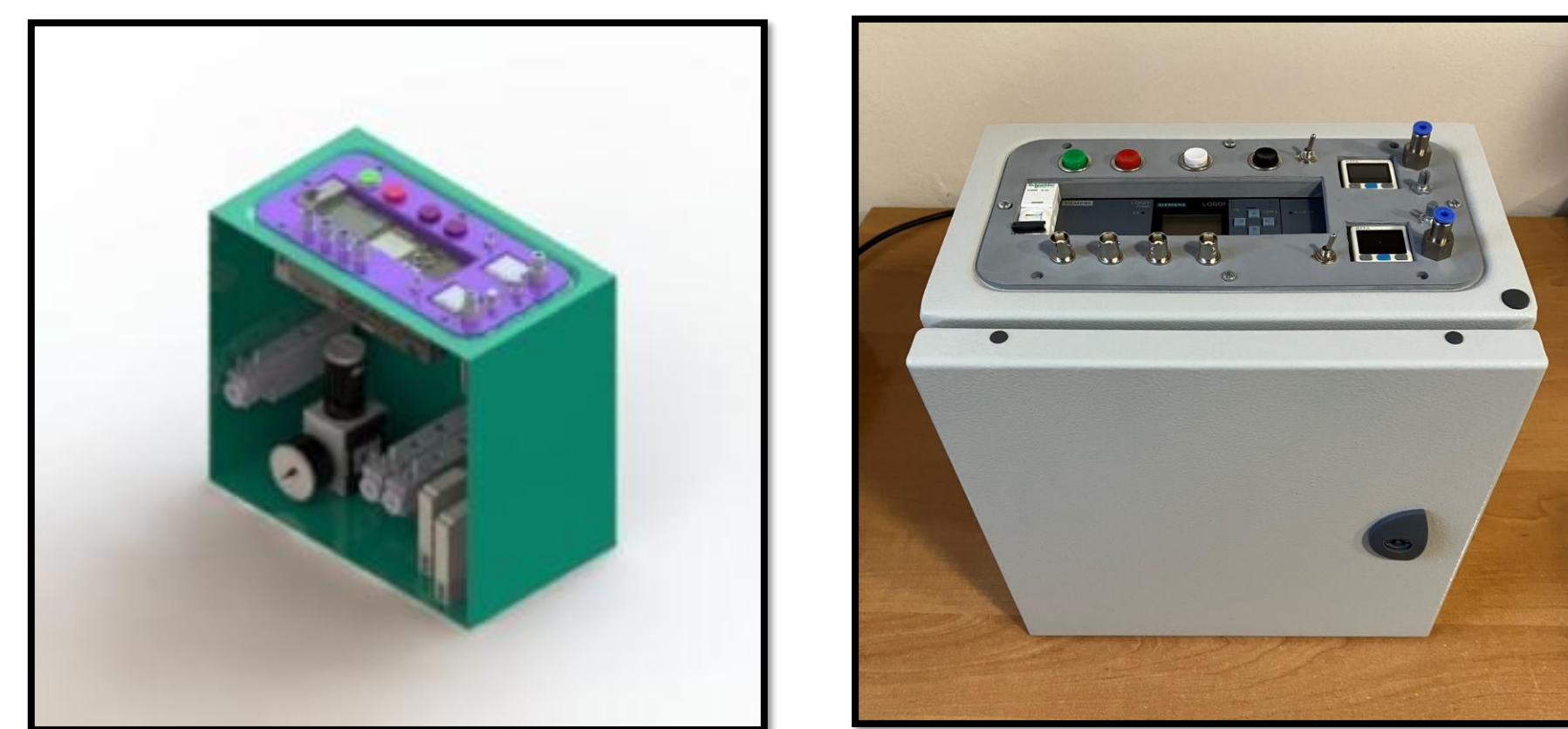


Budowa i zasada działania pojedynczego modułu

Pojedynczy moduł chwytaka zbudowany jest zasadniczo z 2 głównych części: komory ciśnieniowej oraz komory podciśnieniowej wypełnionym granulatem. Są one wykonane techniką **odlewania z silikonu** oraz scalone ze sobą za pomocą łącznika wytworzonego w **technice druku 3D**. Łącznik ten odpowiada również za doprowadzenie do komór zasilania ciśnieniem oraz podciśnieniem. Kinematyka ruchu modułu podczas zasilania go ciśnieniem sprężonego powietrza osiągana jest poprzez wewnętrzny kształt komory ciśnieniowej. Kształt ten został opracowany na podstawie kolejnych iteracji wytwarzania modułu i analizowania wpływu poszczególnych parametrów takich jak grubości silikonowych ścianek czy też przerwy między komorami, tak aby zapewnić żądany ruch modułu podczas pracy. Komora podciśnieniowa wypełniona jest drobno zmieloną kawą, która zostanie poddana procesowi solidyfikacji w celu zwiększenia możliwości obciążeniowych modułu oraz zapamiętania aktualnego kształtu odkształconego modułu.

System sterowania pneumatyką

Zaprojektowany i wykonany został również **uniwersalny system sterowania pneumatyką**. Urządzenie to opiera się na sterowaniu przepływami ciśnienia oraz podciśnienia za pomocą elektrozaworów pneumatycznych, a za dobór odpowiedniej wartości ciśnienia i podciśnienia odpowiadają **regulatory proporcjonalne**. Centrum sterowania w trybie automatycznym jest **sterownik PLC**, który posiada możliwość doboru parametrów takich jak czasy narastania przepływu bądź opóźnień załączeń elektrozaworów z interfejsu sterownika. Urządzenie pozwala również na przejście w **tryb pracy ręcznej**, w której użytkownik poprzez przyciski umieszczone na panelu sterowania kieruje pracą elektrozaworów. Dobór nastaw regulatorów odbywa się poprzez potencjometry umieszczone w panelu sterowania. Konieczne dla układu jest zasilanie go sprężonym powietrzem oraz w przypadku podciśnienia posiada on drugie wejście zasilające dedykowane dla pompy próżniowej generującej wartość ujemnego ciśnienia.



Technologia wytwarzania

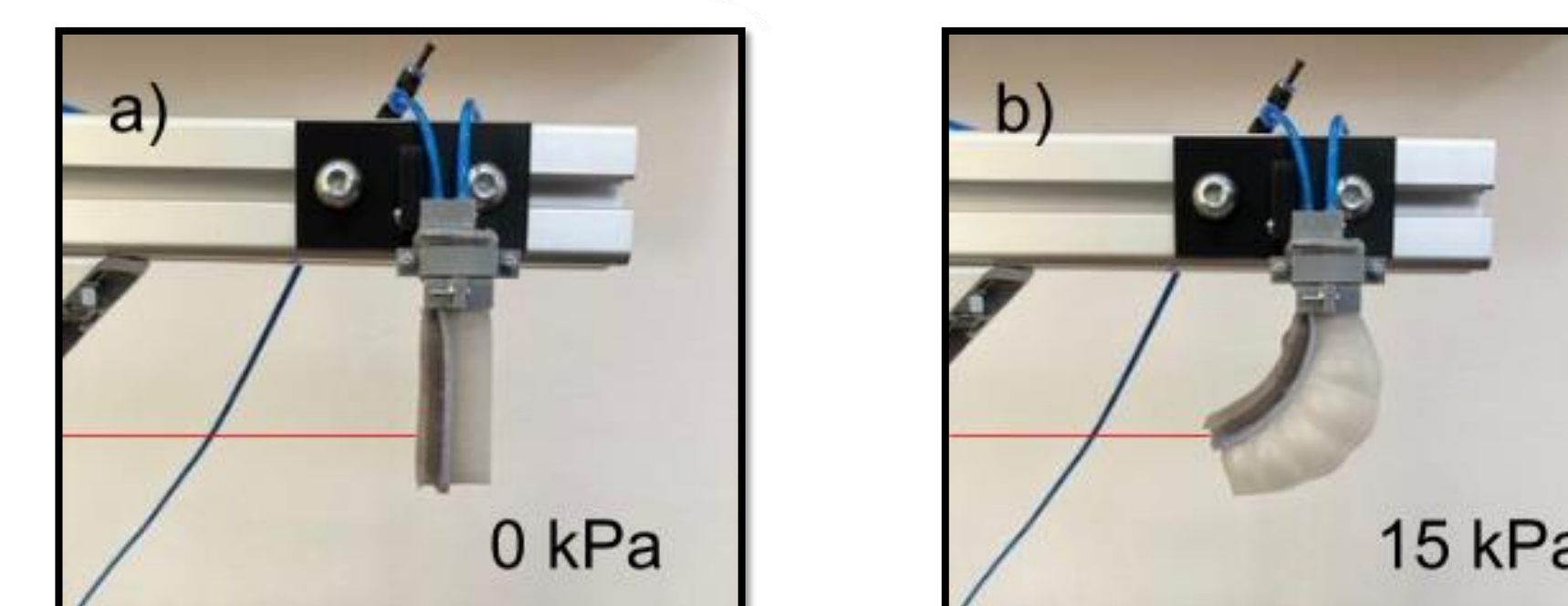
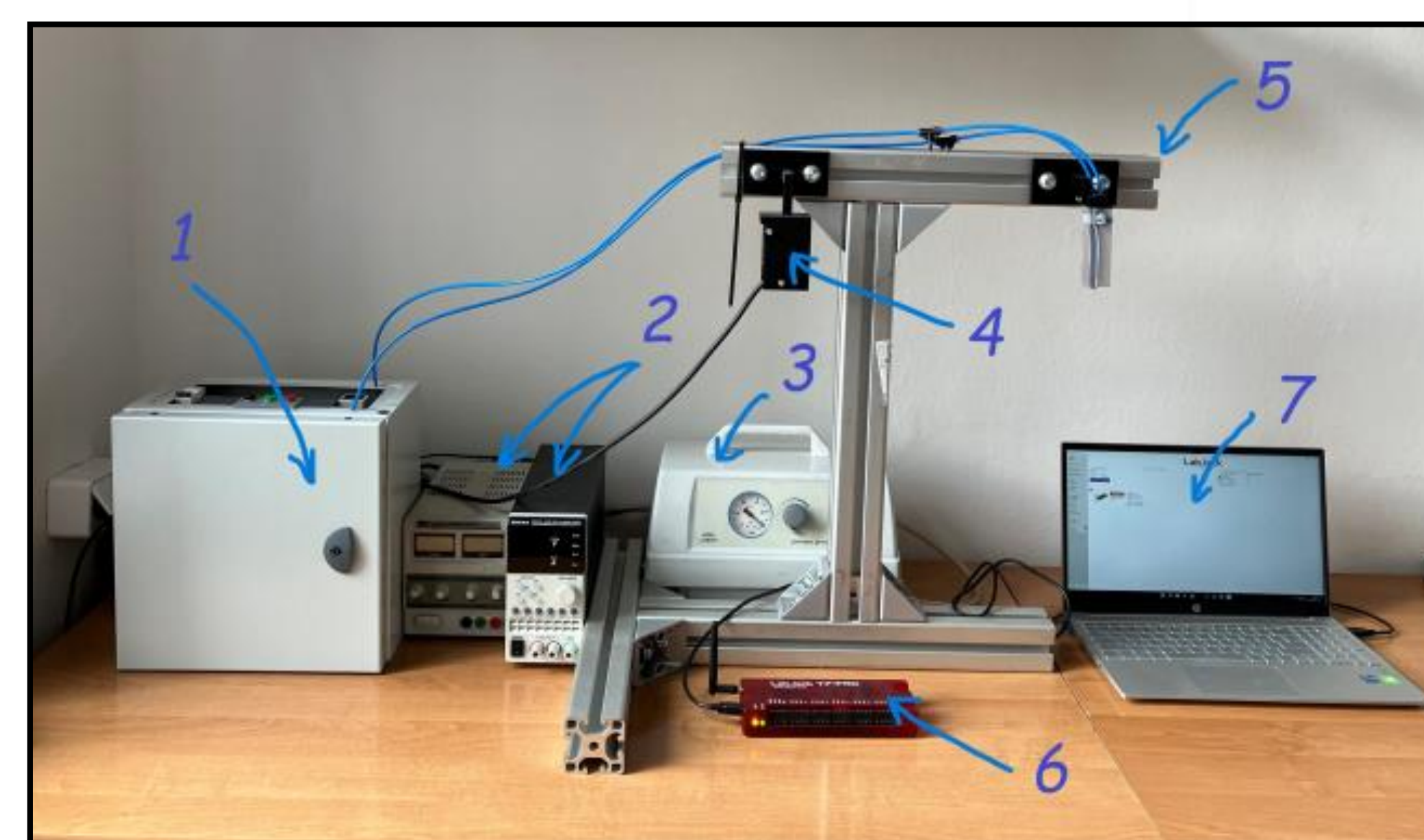
Wytworzenie pojedynczego modułu polega na ręcznym wykonaniu komory ciśnieniowej, następnie komory podciśnieniowej wypełnionej kawą oraz połączenie ich ze sobą. Komory są wytwarzane za pomocą zalewania wydrukowanych form odlewniczych **2-składnikowym silikonem katalizowanym platyną**. Bardzo istotną kwestią jest wyciągnięcie powietrza z mieszaniny poprzez **pompę próżniową**. Pozwala to na uzyskanie bardziej scalonego wyrobu, który w przyszłości nie ma problemu ze szczelnością. Silikon w warunkach normalnych utwardza się w 3-4 godziny, więc korzystamy z **laboratoryjnego pieca**, aby przy temperaturze 40°C utwardzić wyrób w ciągu 30 minut. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu wykonania pojedynczego modułu, co było kluczowym rozwiązaniem ze względu na **proces iteracyjny** przy dochodzeniu do żądanego ruchu modułu podczas pracy. Komora podciśnieniowa musi zostać wypełniona kawą jak najęściej jest to możliwe, aby wzmocnić działanie zjawiska solidyfikacji granulatu. Następnie komora ciśnieniowa jest łączona z komorą podciśnieniową za pomocą tego samego silikonu, z którego zostały odlane.

Przeprowadzone badania, potencjalna aplikacja

W pracy przeprowadzone zostały następujące badania na pojedynczym module: odkształcenie pojedynczego modułu, wpływ wartości podciśnienia na zdolności odkształceniowe oraz **test zmęczeniowy** obejmujący 1000 cykli, aby sprawdzić czy praca modułu nie ma wpływu na jego szczelność. Przeprowadzone zostało również doświadczalnie badanie obciążeniowe, podczas którego do wydrukowanego pojemnika dokładaliśmy ciężaru, tak aby sprawdzić maksymalny udźwieg chwytaka. Maksymalny udźwieg chwytaka z aktywacją tylko komory ciśnieniowej wyniósł 830g, a w połączeniu ze zjawiskiem solidyfikacji **1120g**. Wynik badania udowodnił, że zastosowane rozwiązanie pozwala na osiągnięcie większych **zdolności obciążeniowych aż o 40%**.

Potencjalne aplikacje chwytaka:

- Autmatyka – chwytaki przeznaczone do delikatnych elementów
- Bio-mechanika (sztuczne dłonie)



Badania na maszynie wytrzymałościowej

Przeprowadzone badania na maszynie wytrzymałościowej pozwoliły na wykazanie słuszności zastosowania zjawiska solidyfikacji granulatu jako medium zwiększającego sztywność chwytaka. **Możliwości obciążeniowe chwytaka wzrosły aż o 30%**.

