

# Opracowanie i analiza układu ochrony ładunku podczas lądowania

Autor: mgr inż. Michał Niedzielczyk

Promotor: dr hab. inż. Lech Knap, prof. uczelni

Konsultant: dr inż. Cezary Graczykowski (IPPT PAN)

(praca magisterska)

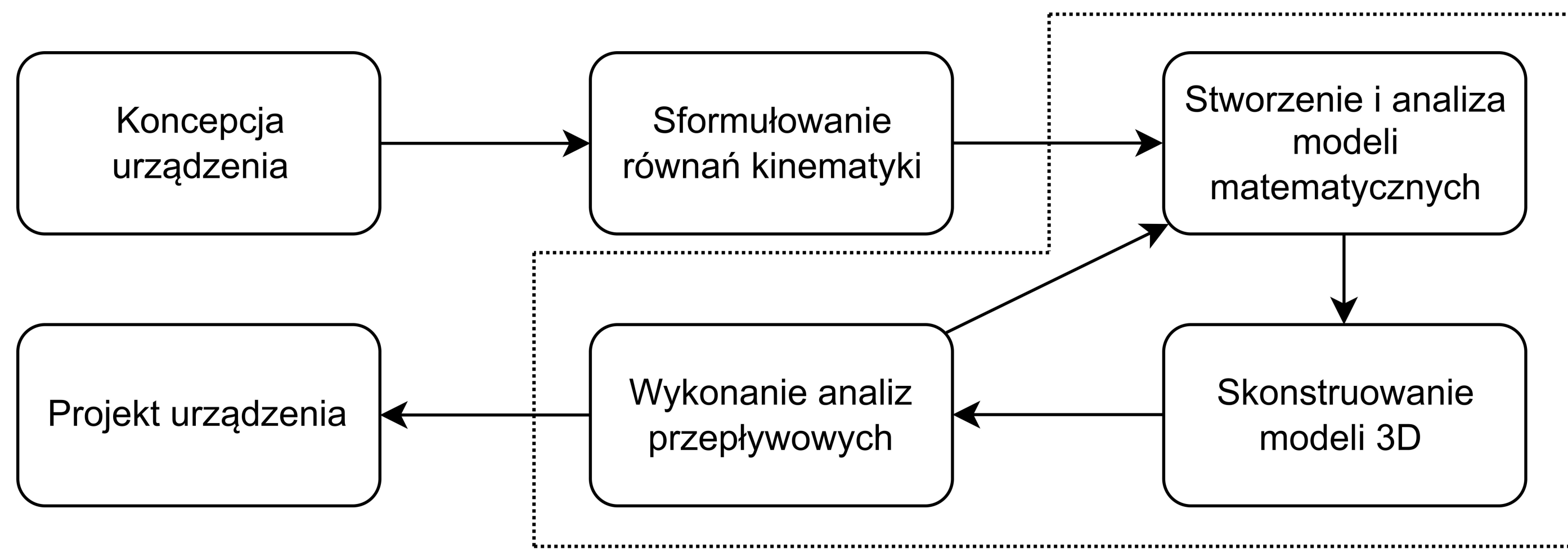


Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

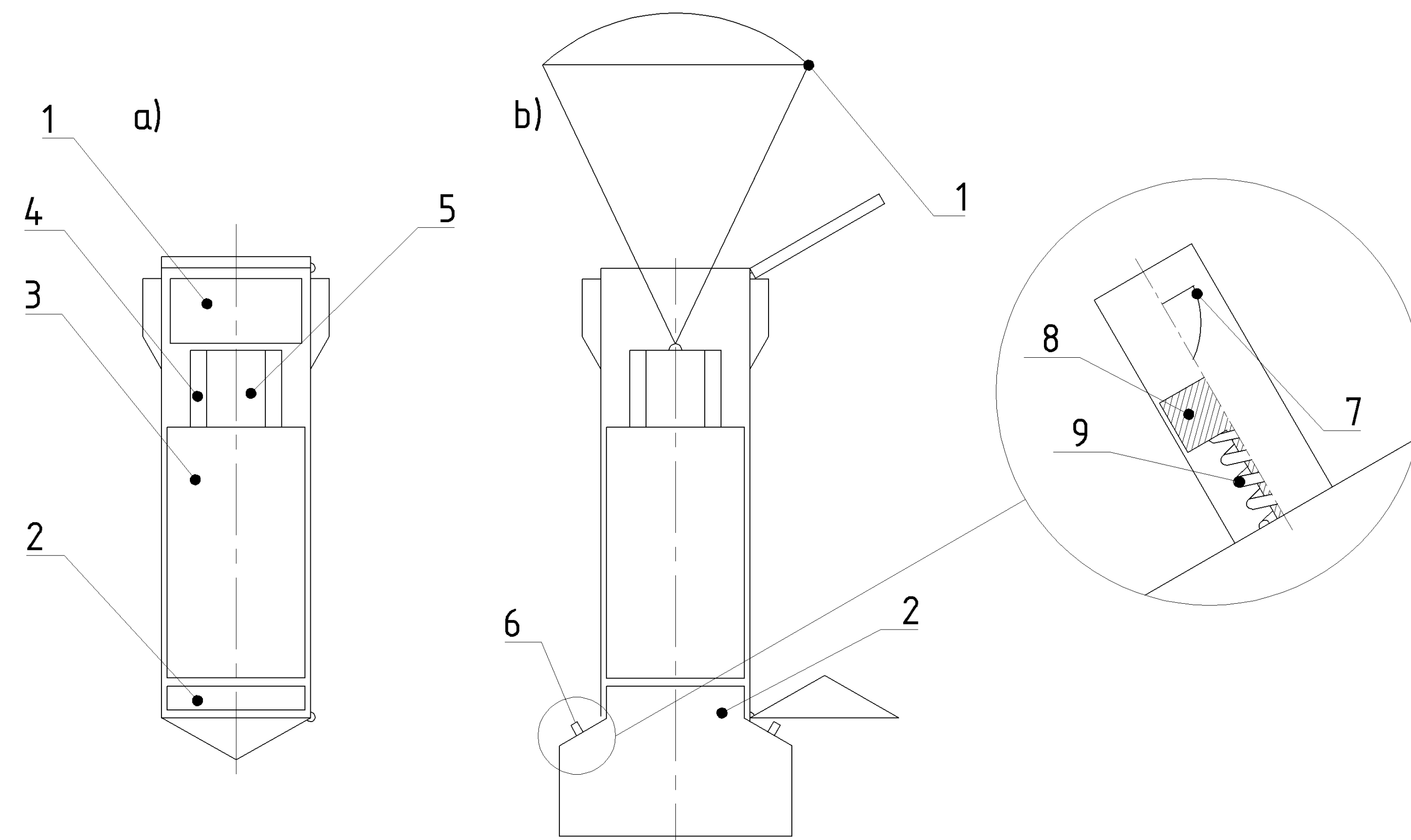


## Schemat prac projektowych



## Koncepcja urządzenia

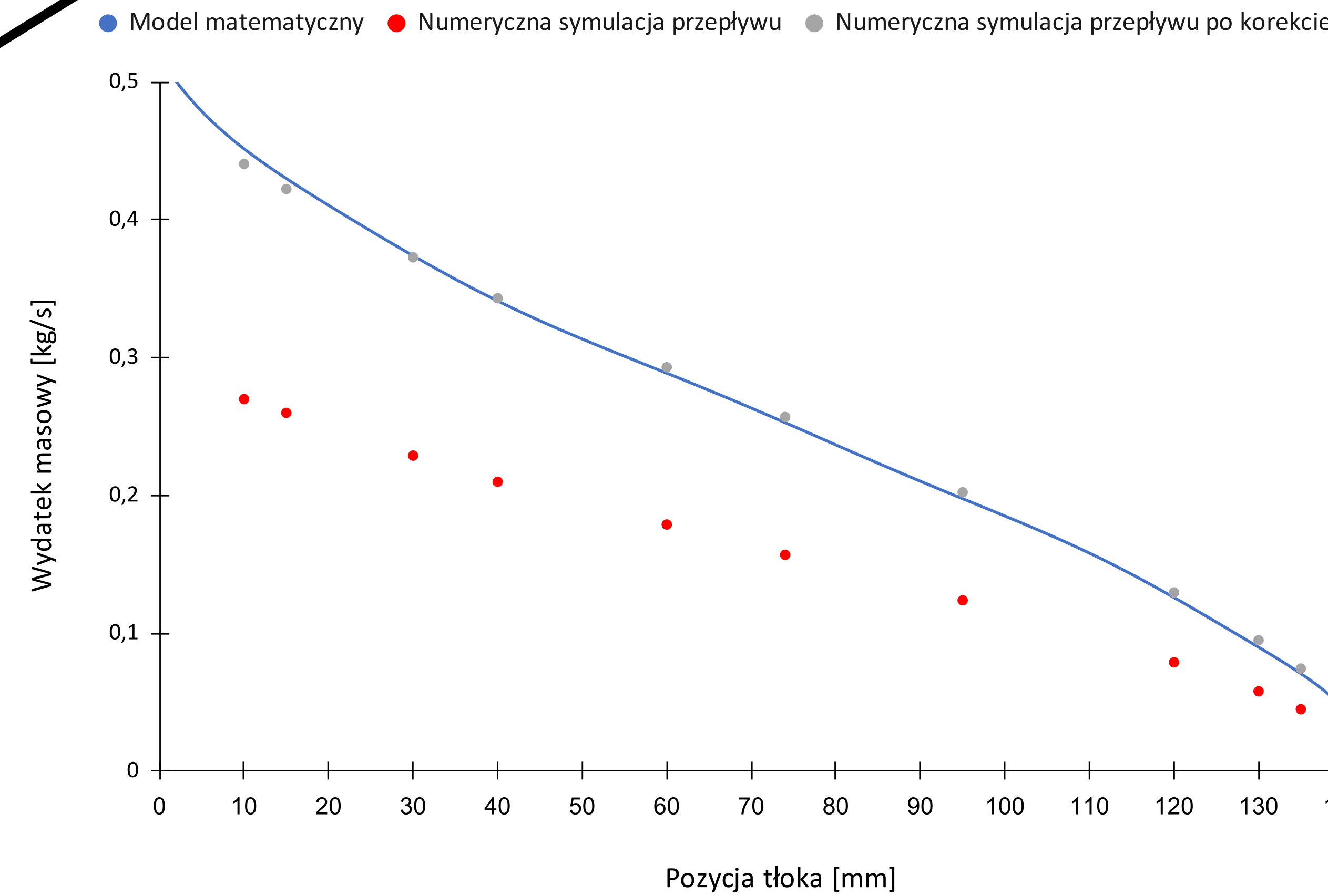
Wraz z ciągłym rozwojem lotnictwa bezzałogowego oraz aktualnie panującej sytuacji na świecie, w której mamy do czynienia z wojnami i katastrofami klimatycznymi, postęp ochrony przyziemiających obiektów jest istotnym kierunkiem badań. W opisywanym rozwiązaniu zastosowano hybrydowe połączenia spadochronu oraz poduszki absorpcyjnej. Połączenie to jest niezwykle efektywne. Ze względu na maksymalne ograniczenie elektroniki sterującej, jak i w pełni mechaniczne działanie zaworu upustowego układ jest lekki i bezawaryjny. Taka konstrukcja zapewni szybkie, celne i bezpieczne lądowanie.



Przedstawiona na powyższym rysunku koncepcja wyglądu kapsuły przed oraz po rozłożeniu spadochronu (1) oraz napompowaniu absorbera (2) ma na celu ukazanie ogólnego zamysłu projektu ochrony lądującego ładunku (3). Przed rozpoczęciem procedury opóźniania kapsuła jest zamknięta, co zapewnia integralność konstrukcji, natomiast po rozpoczęciu hamowania rozkładany jest w pierwszej chwili spadochron. Absorber adaptacyjny pompowany jest po osiągnięciu zadanej wysokości za pomocą mechanizmu pompującego (4), zasilanego z akumulatora pneumatycznego (5).

Podczas przyziemienia kluczową rolę spełnia zawór upustowy (6), który musiał zostać zaprojektowany tak aby absorber posiadał zdefiniowaną charakterystykę dyssypacji energii. Zakładanym rozwiązaniem był cylindryczny zawór posiadający otwory (7) o określonym polu powierzchni odpowiednio zmiennym wraz z ruchem tłoka (8) współpracującego ze sprężyną zaworu (9). Dzięki temu w czasie uderzenia możliwe jest kontrolowanie wypływu powietrza i zapewnienie ograniczenia opóźnień działających na kapsułę.

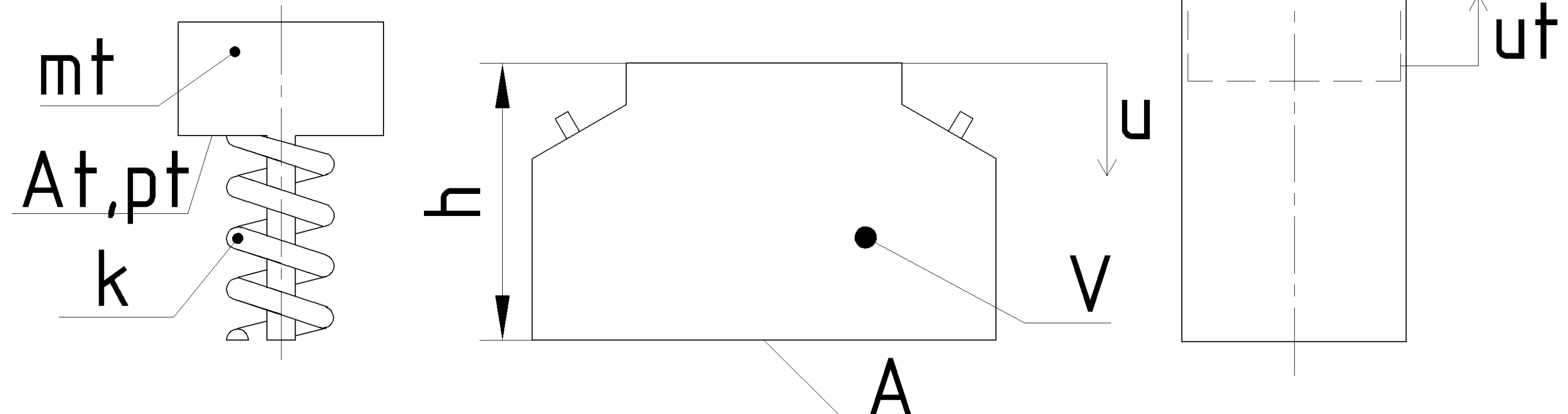
## Udoskonalanie iteracyjne



Udoskonalanie iteracyjne zaworu polegało na tworzeniu modeli matematycznych, modelowaniu geometrycznym komponentów oraz analizach przepływowych z wykorzystaniem numerycznej mechaniki płynów. Na powyższym wykresie przedstawiono przykładowy proces udoskonalania. Na podstawie stworzonego modelu matematycznego wyznaczono wydatek masowy zaworu zapewniający zakładaną dyssypację energii. Wykonano modele trójwymiarowe i przeprowadzono analizę numeryczną. Widoczne jest, że po przeprowadzeniu korekty parametrów zaworu w modelu matematycznym, a co za tym idzie również modeli geometrycznych, uzyskiwany jest wymagany wydatek masowy dla danych pozycji tłoka - stopniowego zamykania zaworu w czasie.

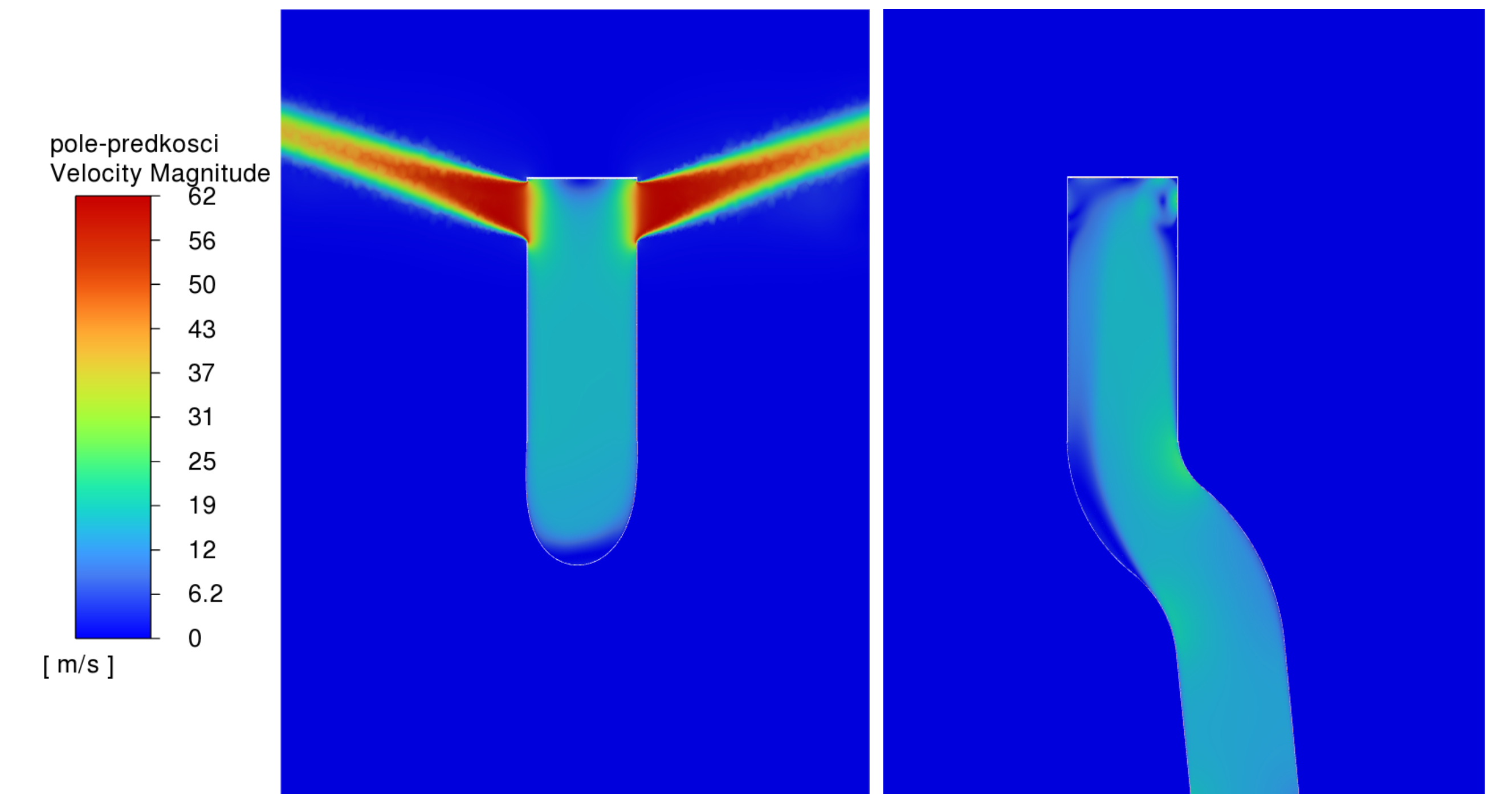
## Model matematyczny

$$\begin{cases}
 M\ddot{u} + (p - p_a)A = Mg \\
 \dot{m}c_p T = \dot{m}c_v T + m\dot{c}_v \dot{T} + p\dot{V} \\
 q = A_v(u_t, dv(hv)) \cdot \bar{f}(p, p_a, T) \\
 m_t \ddot{u}_t + k u_t = [p_t(p, A_v) - p_a] A_t \\
 pV = mRT \\
 V = A(h - u)
 \end{cases}$$



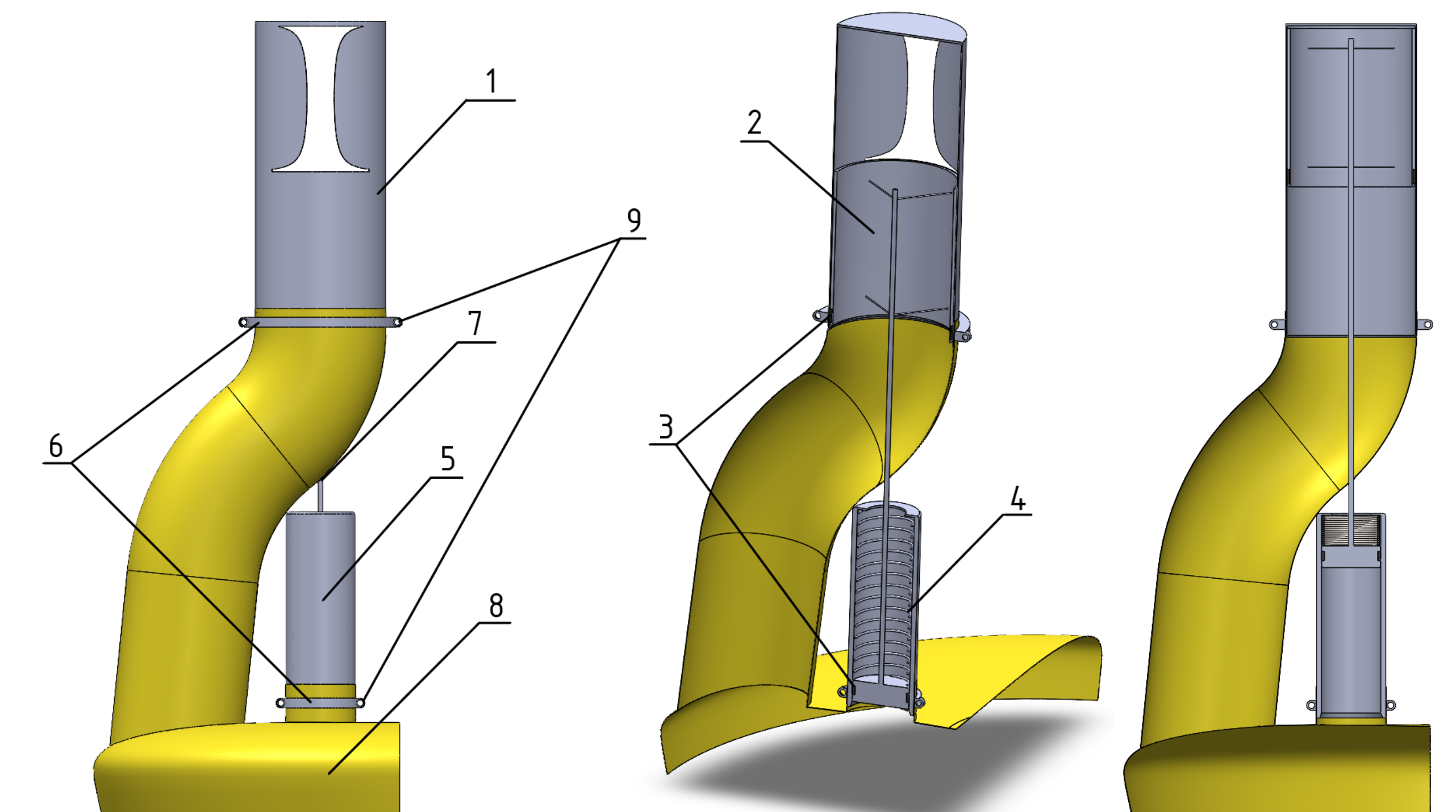
Model matematyczny urządzenia został oparty o powyższy układ równań. Równania te umożliwiają wyznaczenie odpowiedniego kształtu otworu przy założonych wymaganiach konstrukcyjnych. Na znajdujących się pod nim schematach przedstawione zostały najważniejsze z oznaczeń w celu ułatwienia interpretacji równań.

## Analizy przepływowe



Na powyższym rysunku przedstawiona została jedna z kilkunastu przeprowadzonych analiz numerycznych przepływu zaworu. W tym przypadku widoczne są dwa przekroje osiowe ukazujące rozkład prędkości wypływającego (przez zamknięty w połowie zawór) gazu znajdującego się w poduszce absorpcyjnej.

## Projekt urządzenia



Fundamentalną częścią tego złozenia jest tuleja zewnętrzna (1) wraz z tłoczkiem zaworu (2). Pierścienie prowadzące (3) zapewniają prawidłową pracę tłoka. W dolnej części tłoka znajduje się również sprężyna (4) zamknięta w tulei tłoka (5). Ilustracja ta zawiera również uchwyty zaciskowe (6), gumowe uszczelnienie (7) oraz fragment poduszki absorbera (8). Uchwyty zaciskowe zawierają otwory mocujące zawór do kapsuły (9).

## Podsumowanie

Temat podjęty w pracy dyplomowej okazał się złożonym i kompleksowym problemem do rozwiązania. Zaprojektowany został ekonomiczny absorber o możliwości skalowania ładunku od drobnej elektroniki, przez ochronę małych i dużych dronów, aż do pojazdów pancernych zrzuconych podczas desantu. W ramach współpracy nad projektem z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN złożono wniosek patentowy pt. „Device and method for protecting dropped cargo” o numerze: 445205 Projekt jest nadal rozwijany, a dalsze prace ukażą się w publikacji naukowej pt. „Effective design of an adaptable airbag-based protection system against impact loading”.