



RAKIETA ILR-33 BURSZTYN 2K I ZASTOSOWANIE WYNIKÓW PROGRAMU W PROJEKTACH MIĘDZYNARODOWYCH

Zgromadzenie Ogólne Akademii Inżynierskiej w Polsce

9 grudnia 2022 r.

Adam Okniński

PLAN PREZENTACJI

Wstęp

Rakieta ILR-33 BURSZTYN

ILR-33 BURSZTYN 2K

Zastosowanie wyników

Wnioski

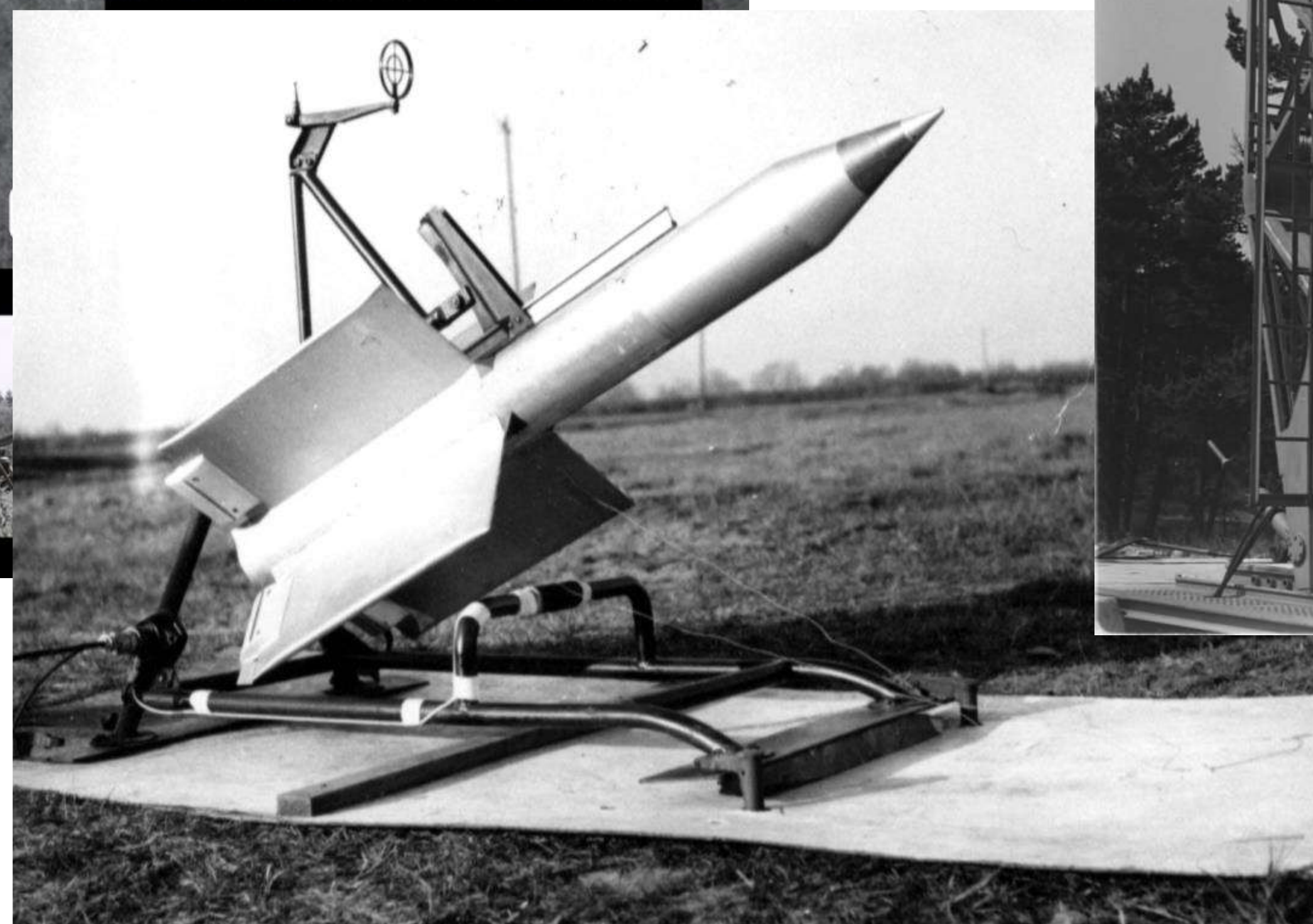


TRADYCJE RAKIETOWE W ŁUKASIEWICZ – INSTYTUCIE LOTNICTWA



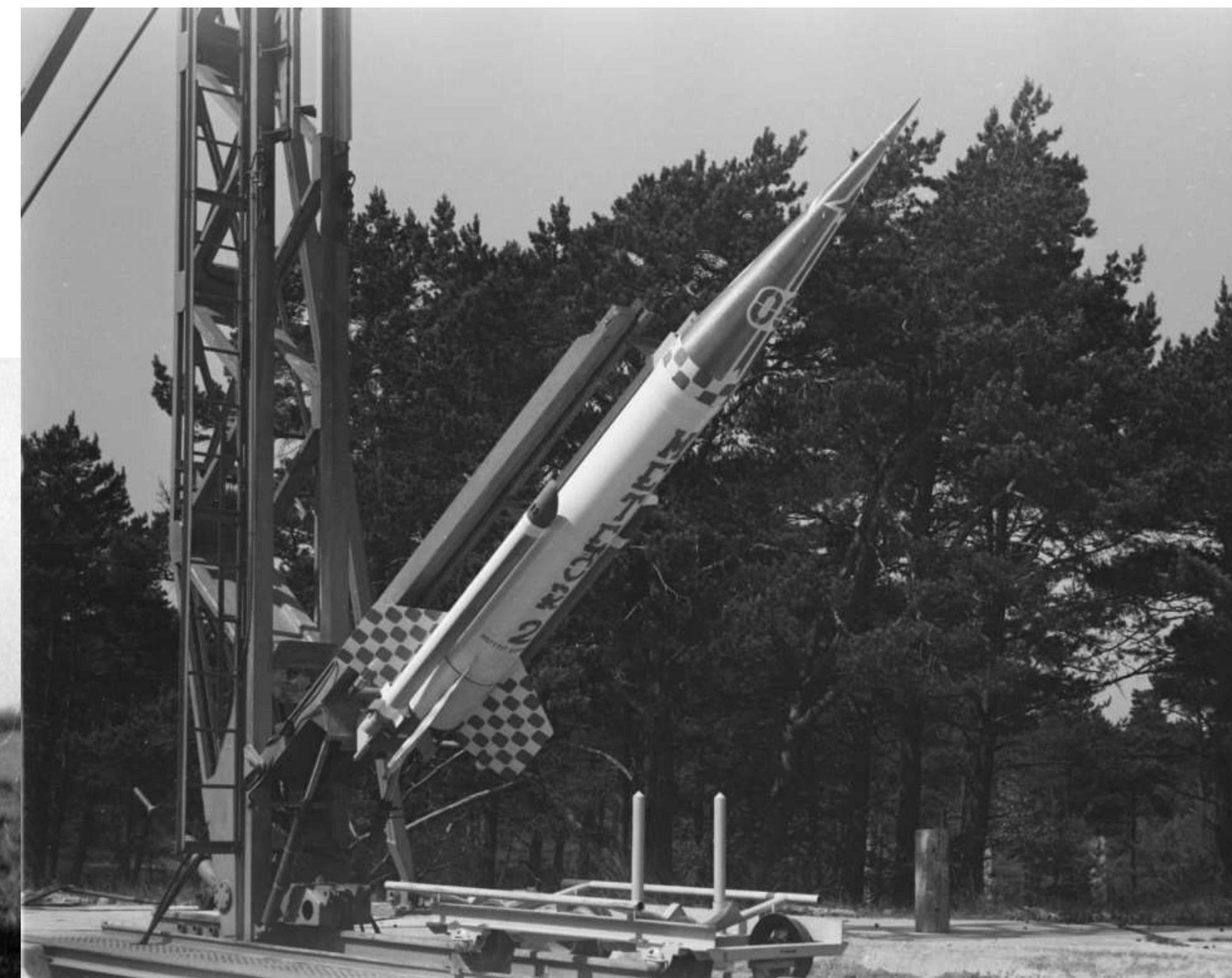
ZZ-30 - rakietą
z głowicą bojową
o masie 300 kg

Łukasiewicz - ILOT



RPP-1 *Diament*

Rochowicz, 2021



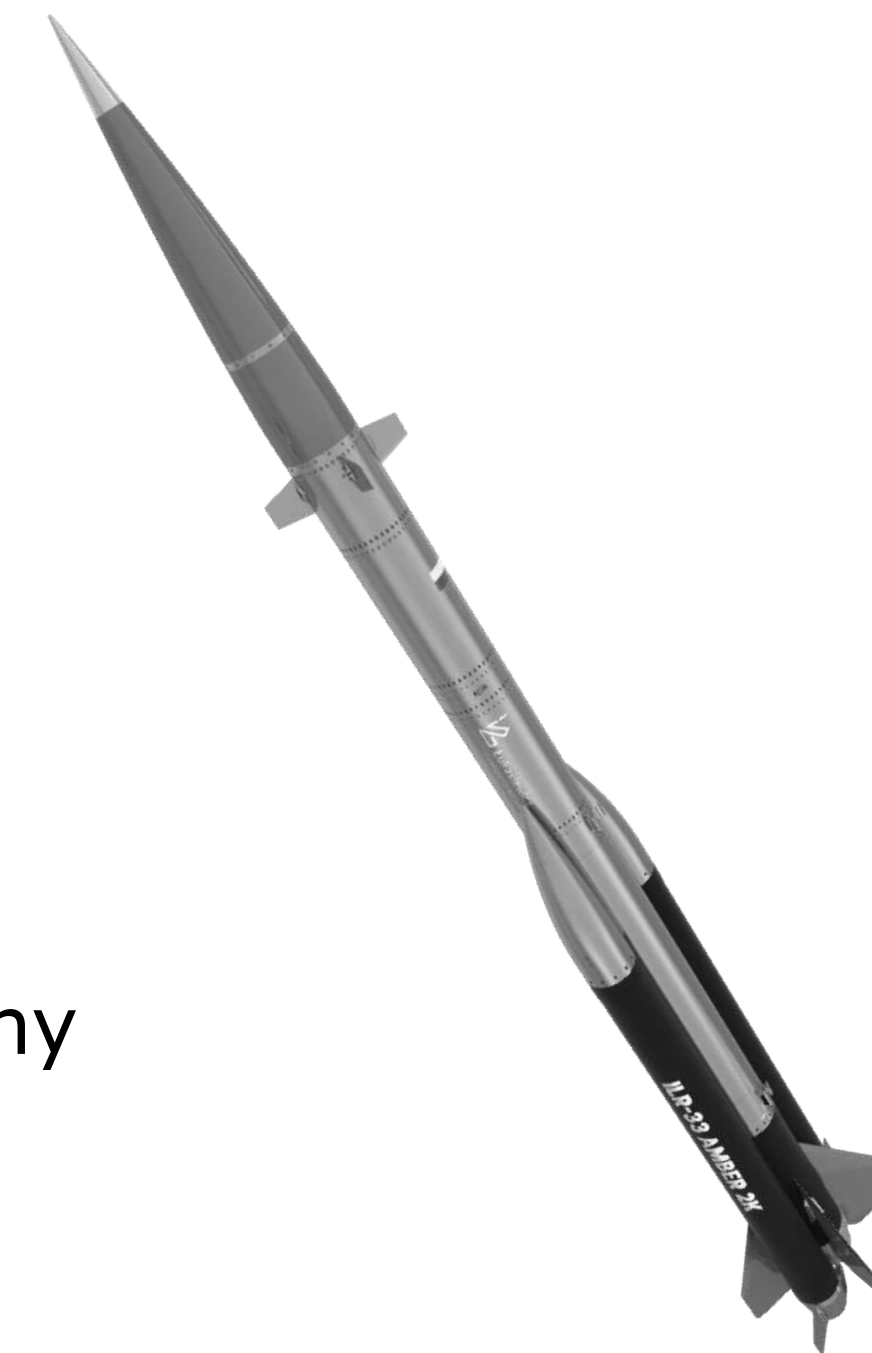
Meteor 2K

Łukasiewicz - ILOT

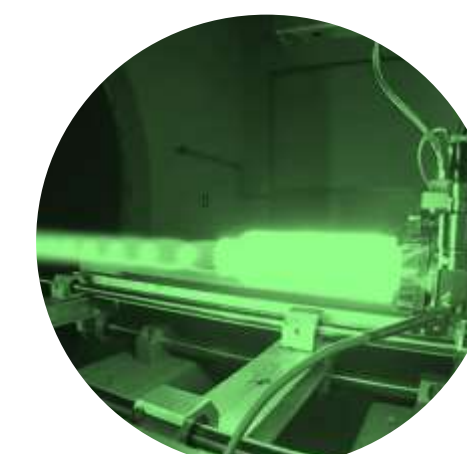
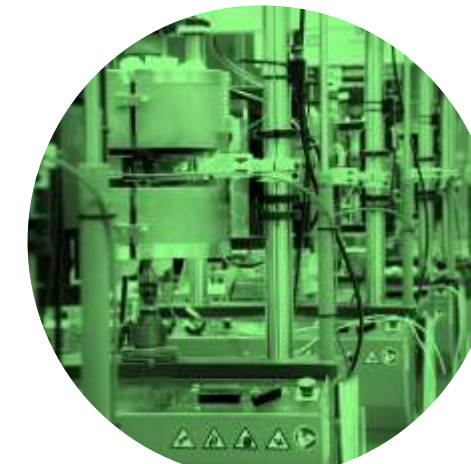
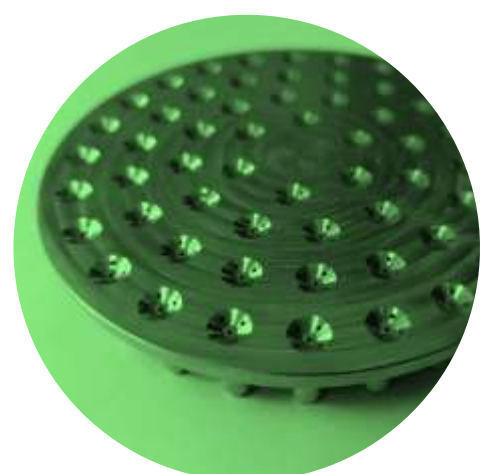
ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT LOTNICTWA DZIŚ



- Największy publiczny ośrodek B+R w Polsce, **koncentracja na zastosowaniach przemysłowych (>70% obrotów!), 20% obrotów związanych z projektami obronnymi**
- Ponad **1300 pracowników** i 96 lat B+R
- **Technologie raketowe** stanowią kluczowy tematy strategiczny i postępują inwestycje w nowoczesne zaplecze B+R
- **Współpraca z kluczowymi polskimi oraz europejskimi podmiotami** zajmującymi się technologiami raketowymi
- Rozwój napędów raketowych **do rakiet i satelitów – silniki na paliwa stałe, hybrydowe i ciekłe**
(dotychczas ciągi w zakresie: 1 - 50 000 N)



**INŻYNIERÓW
ROZWIJAJĄCYCH
TECHNOLOGIE
RAKIEWOWE**



NADTLENEK WODORU



 stężenie
99.99%

 czystość
MIL-PRF-1 6005F

 środowisko
ekologiczny

zastosowanie
efektywny



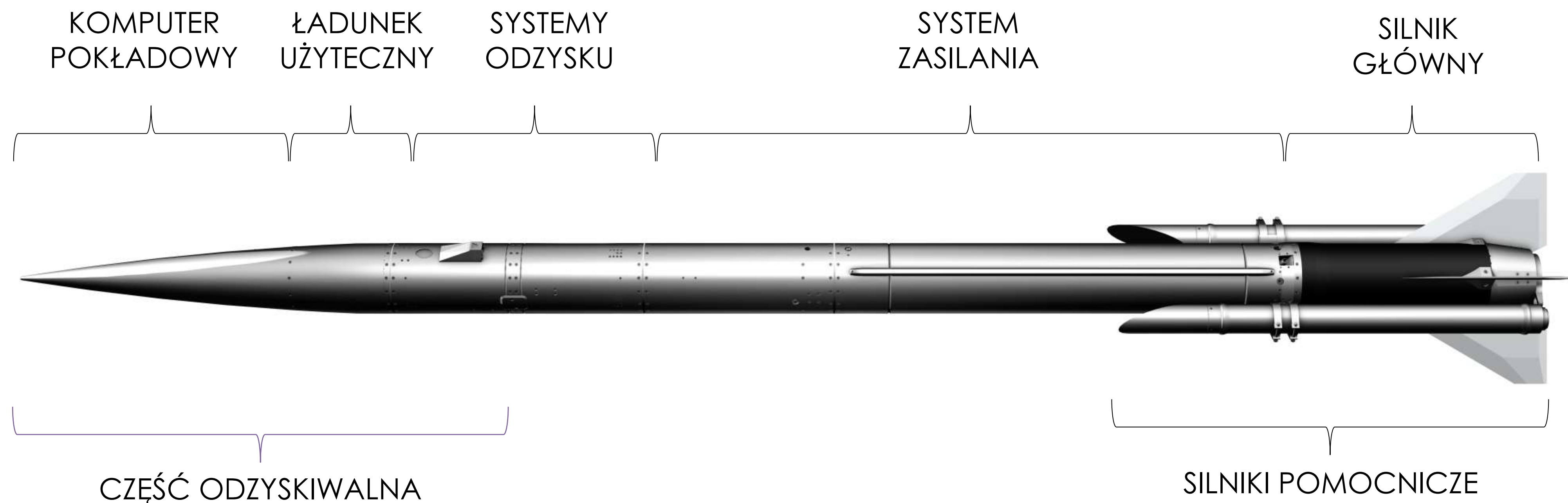
wytwarzanie
niski koszt



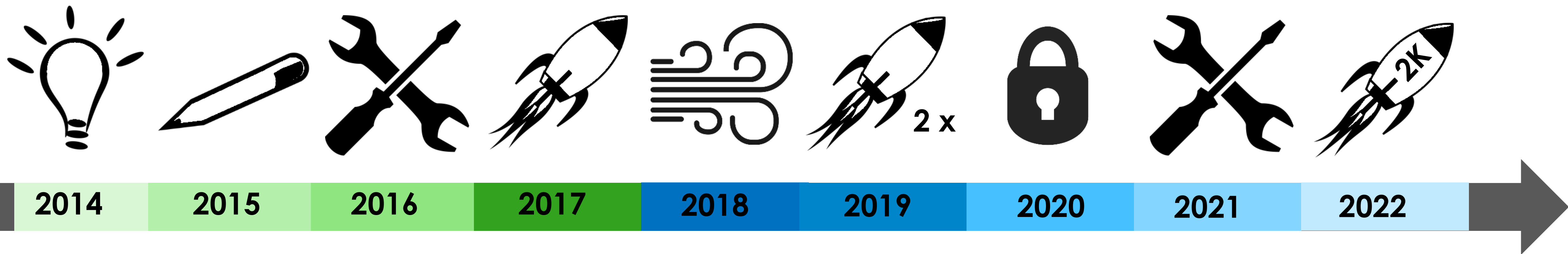
obsługa
bezpieczeństwo



ILR-33 BURSZTYN (WERSJA PODSTAWOWA)



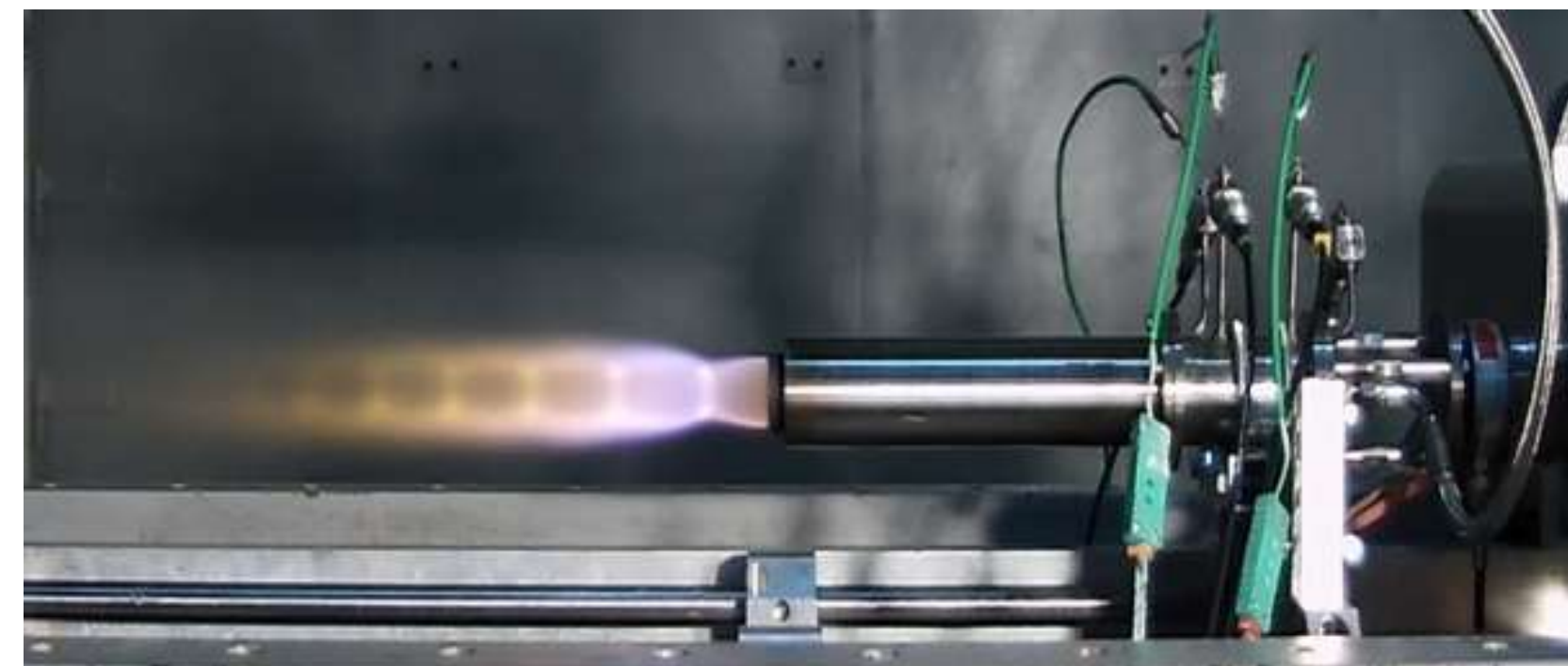
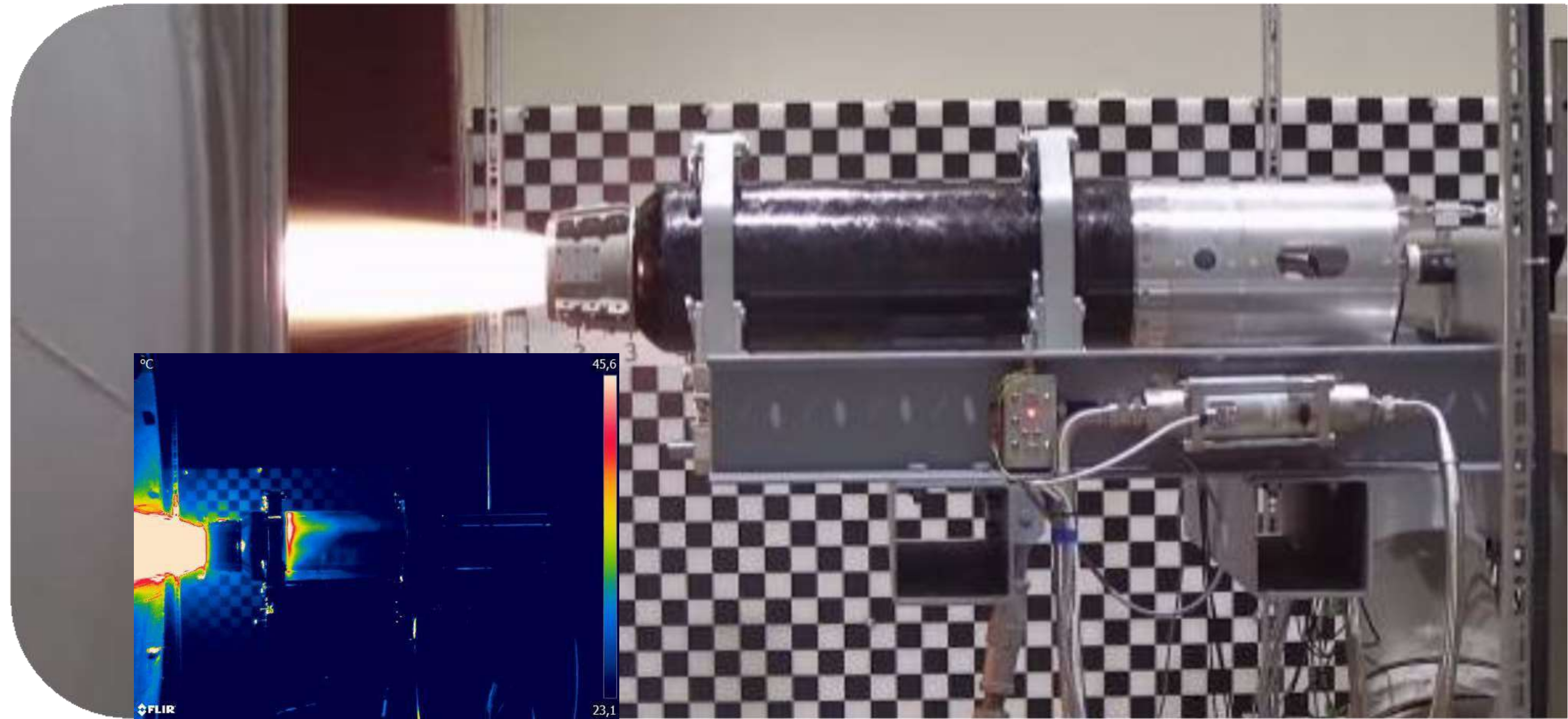
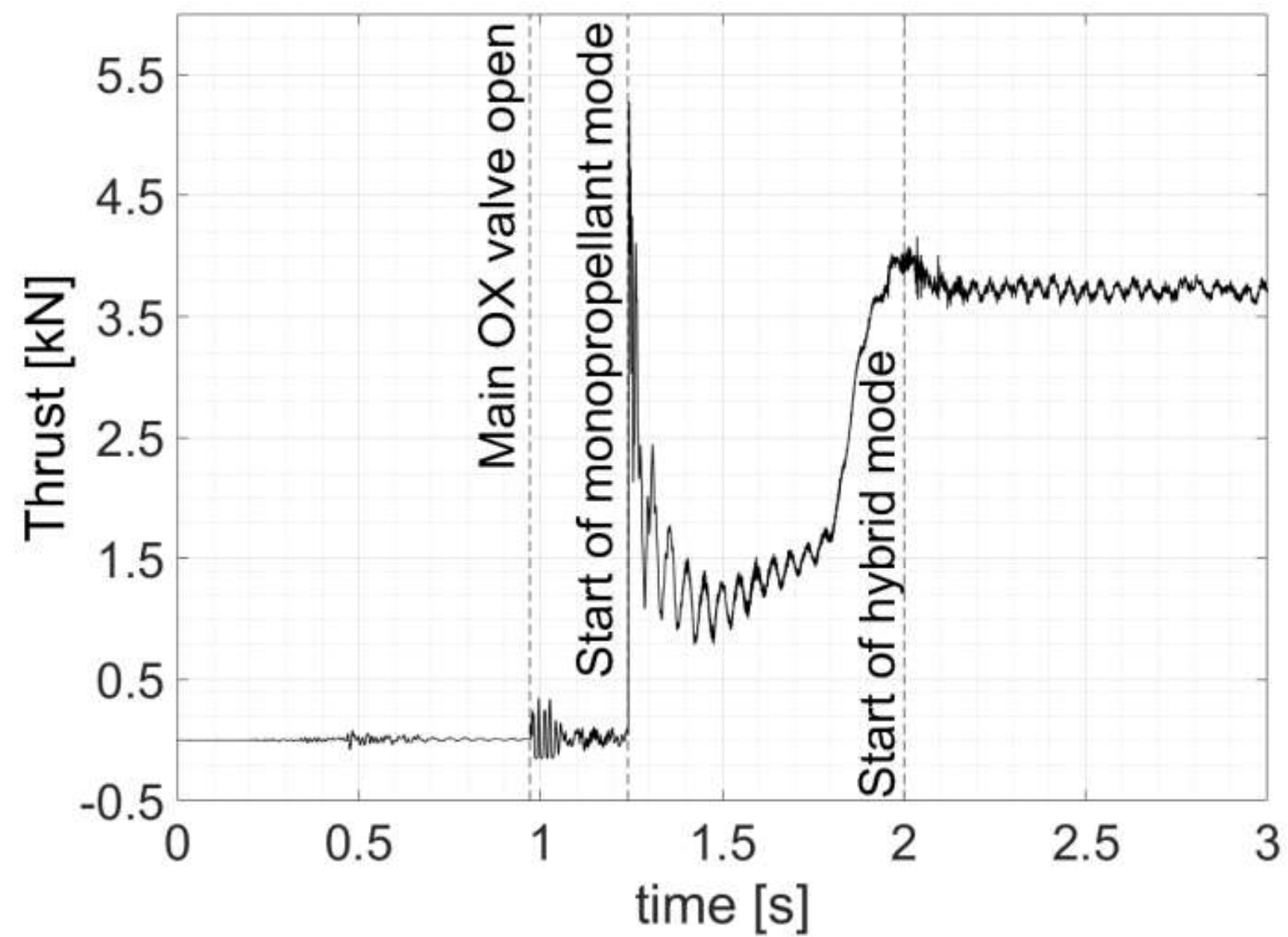
- Rakieta dwustopniowa (stopień główny i silniki pomocnicze)
- Napęd główny: hybrydowy
- Utleniacz: 98 % nadtlenek wodoru
- Średnica członu głównego: 230 mm
- Długość: 4.6 m



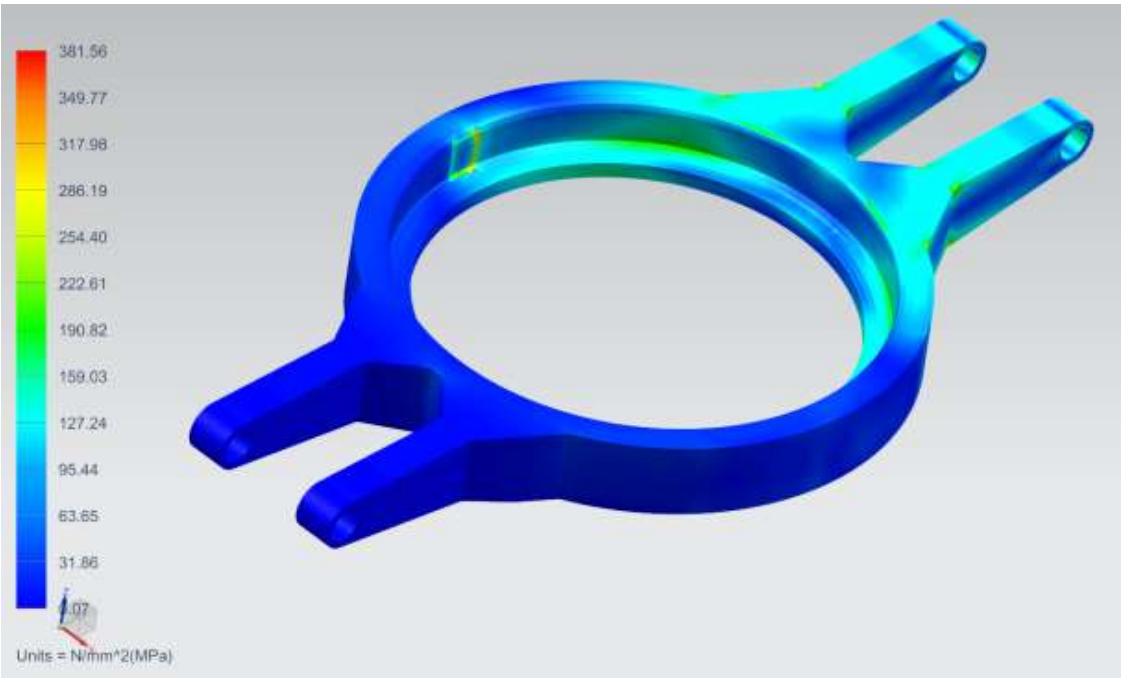
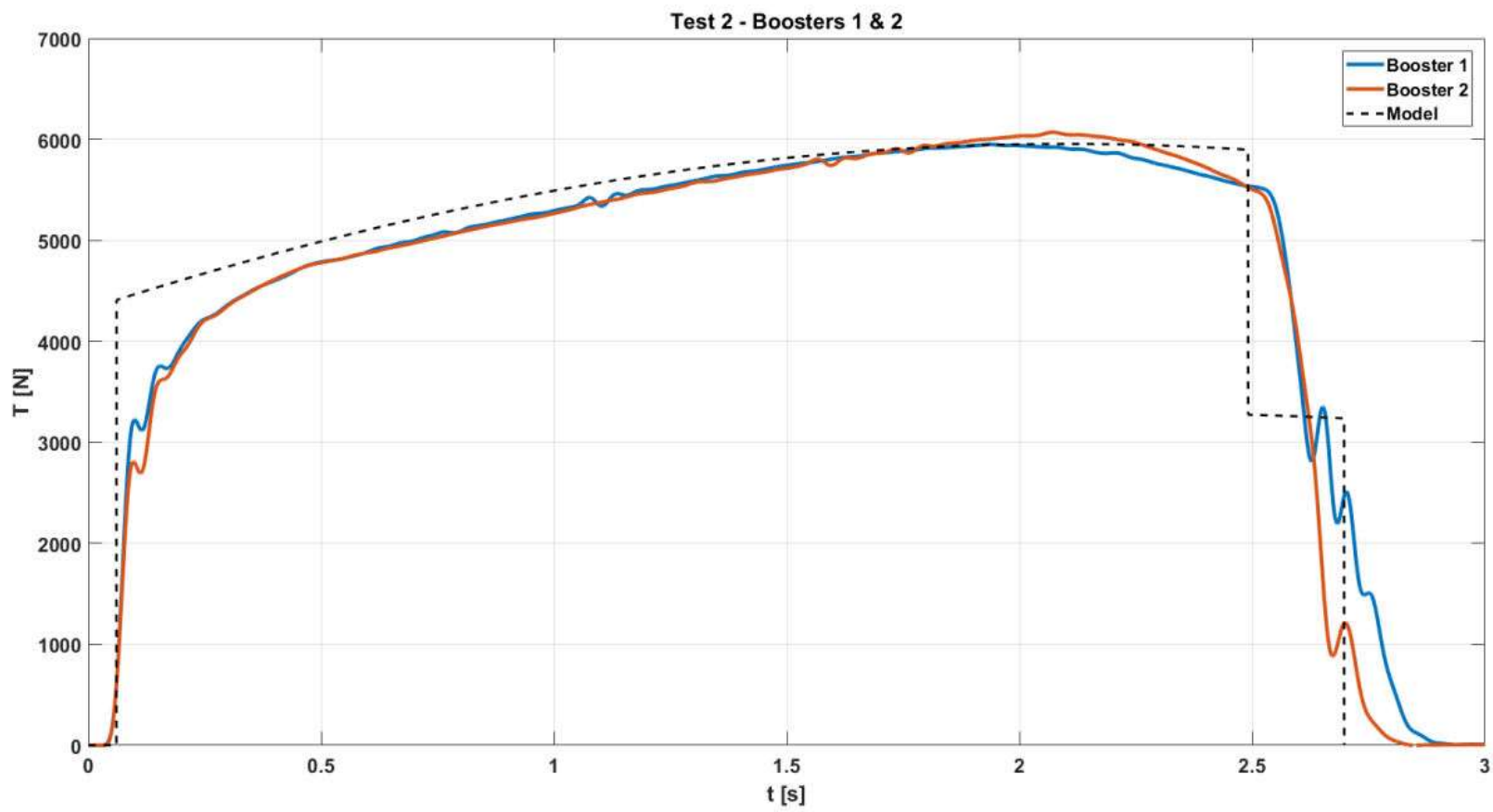
- 100% finansowanie ze środków subwencyjnych Łukasiewicz - Instytutu Lotnictwa
- CELE:
 - ❑ demonstracja nowoczesnych technologii rakiet w Polsce:
suborbitalnych, nośnych i wojskowych
 - ❑ budowa platformy do testów technologii raketowych i kosmicznych
 - ❑ pozyskanie kompetencji umożliwiających prace przy większych projektach

NAPĘD HYBRYDOWY – H_2O_2

**Pierwsza na świecie rakietą
wykorzystująca tak wysokie
stężenie H_2O_2 (>98%)**



SILNIKI POMOCNICZE

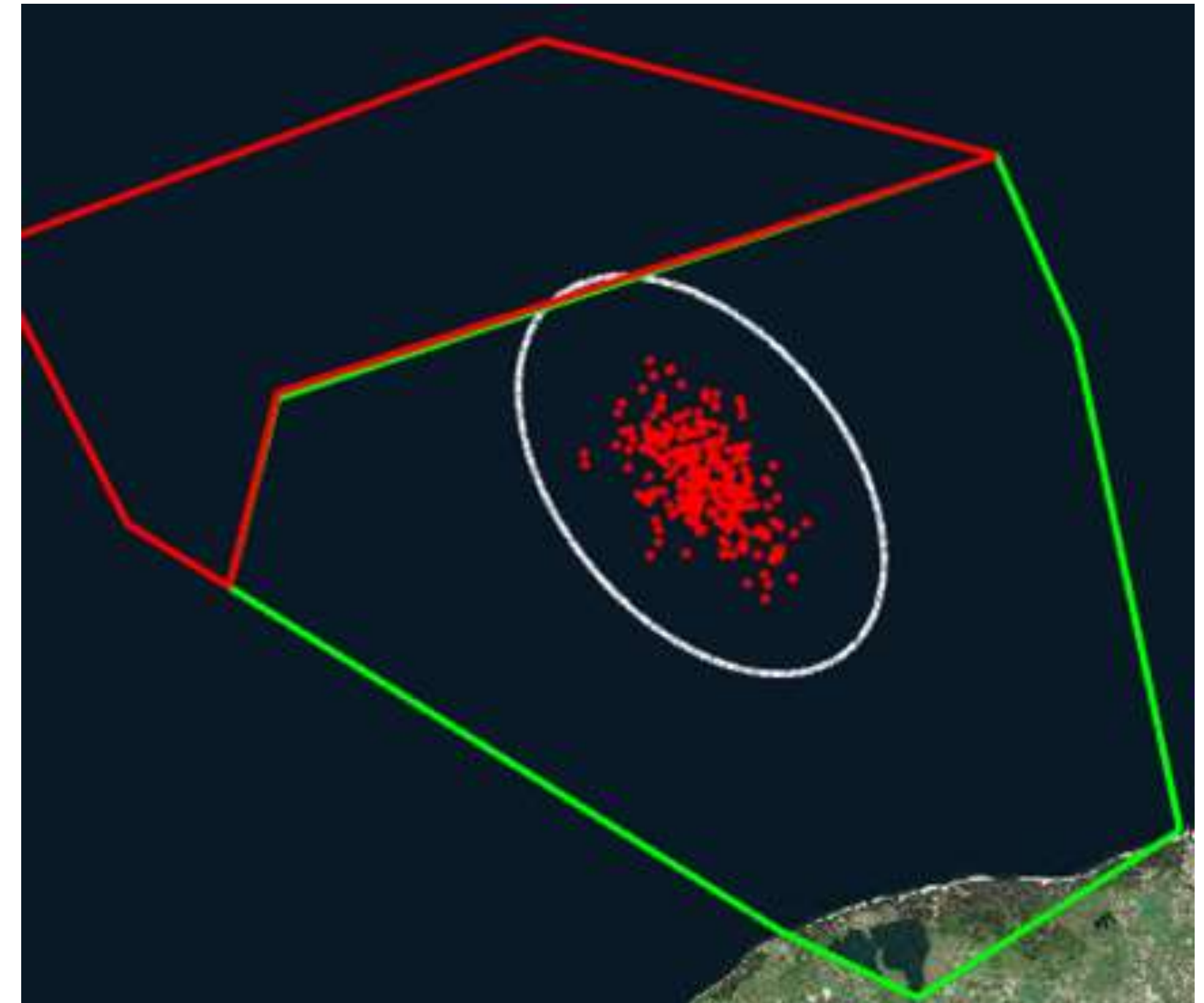


TESTY SYSTEMÓW

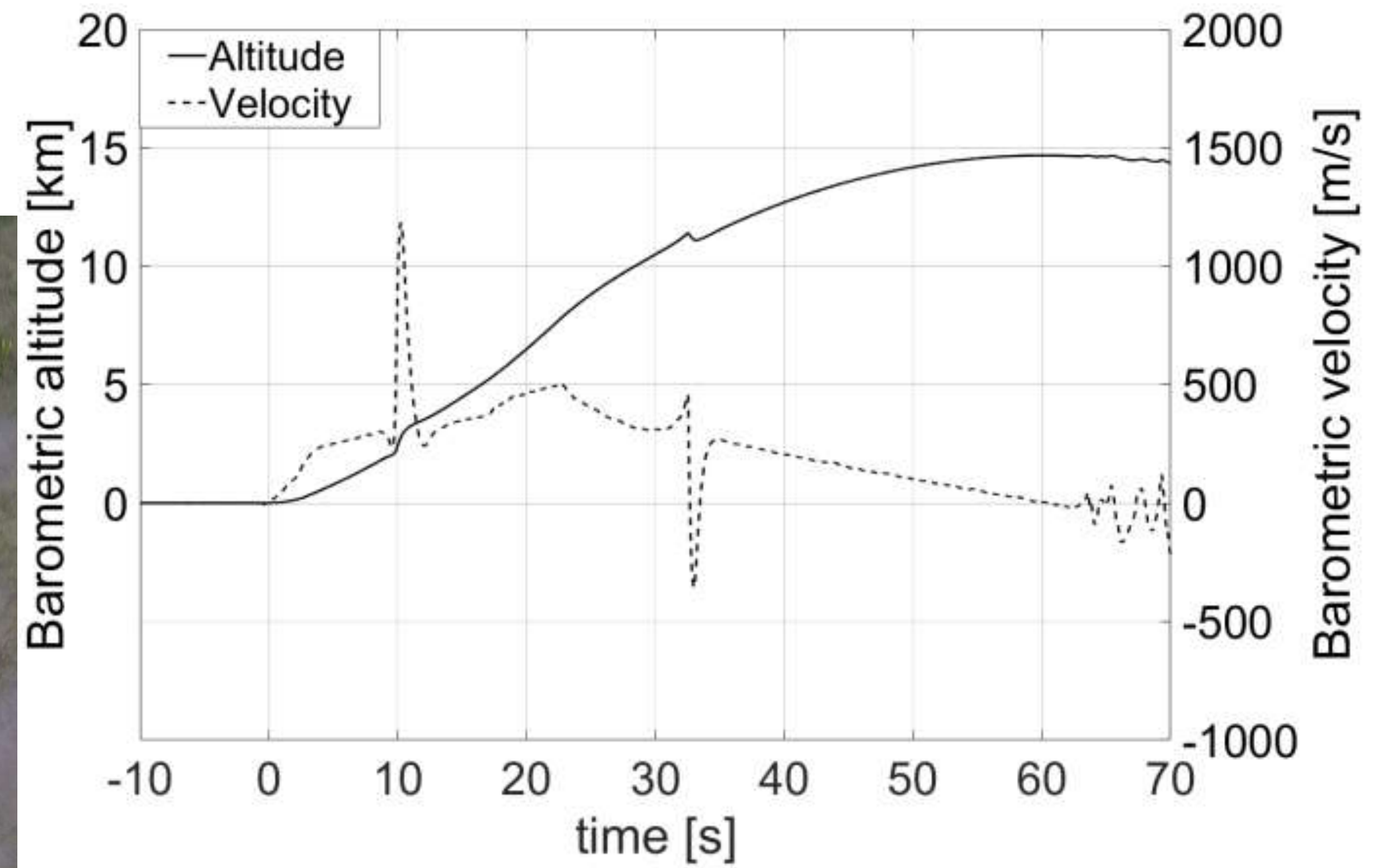
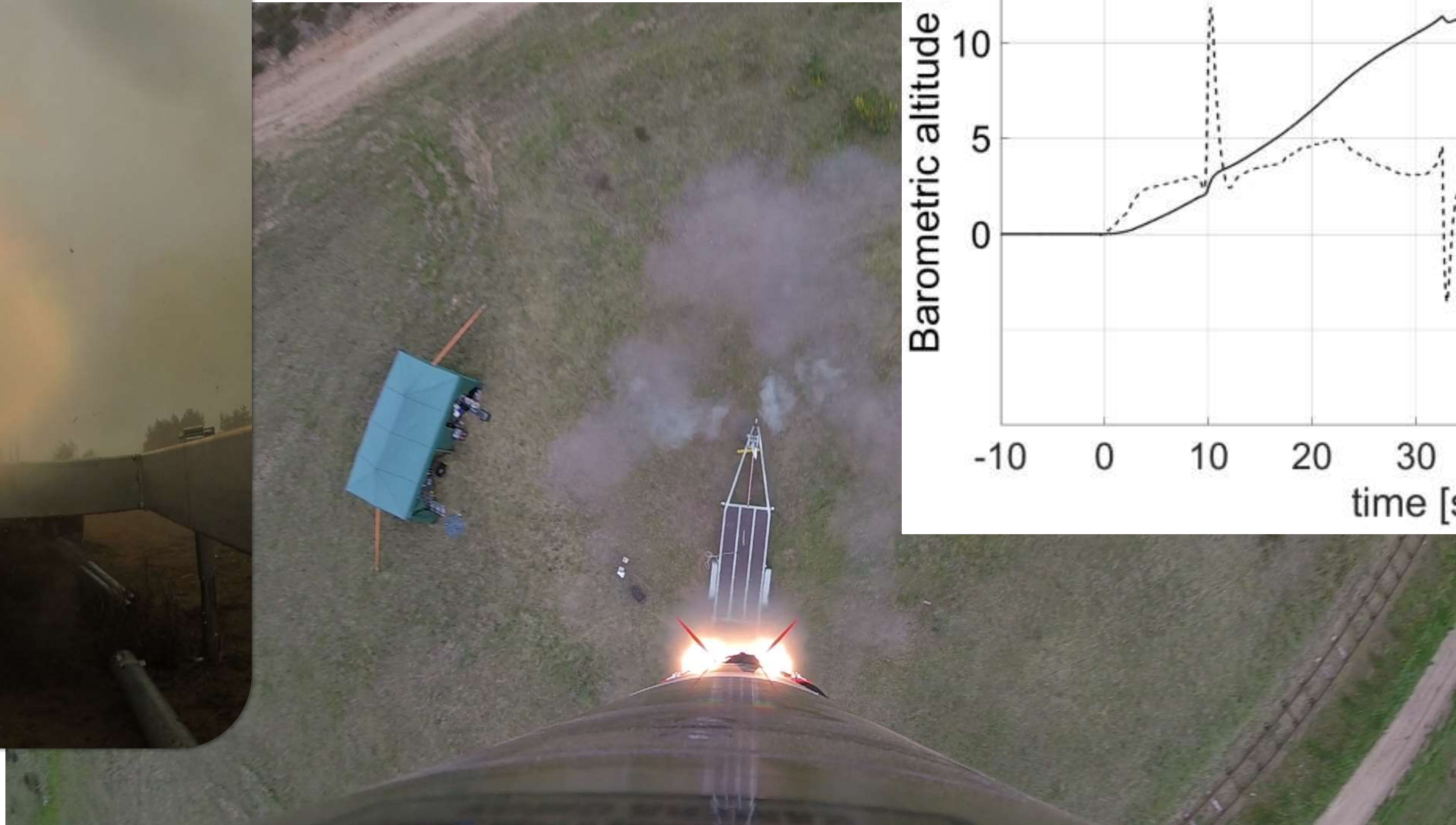


DLACZEGO TRUDNO JEST ZORGANIZOWAĆ START?

- Niezbędne warunki:
 - Przerwa w ćwiczeniach wojska
 - Odpowiednia pogoda (warunki wietrzne, morze)
 - Obecność OSORS
- Segmenty:
 - Kontrola misji
 - Stacja meteo
 - Wyrzutnia, system kontroli startu
 - System tankowania
 - Integracja systemów mechanicznych
 - Przygotowanie ładunku użytecznego
 - Zespoły odzysku systemów rakiety (samolot, BSP, łódź...)
 - Komunikacja
 - itp. ...



I START (2017)



II START (2019)



**III START
(2019)**



RAKIETA ILR-33 BURSZTYN

1

PIERWSZA NA ŚWIECIE
RAKIETA NA H_2O_2 (>98%)

I miejsce
w kategorii „**Przemysł**”
MIĘDZYNARODOWE TARGI WYNAŁAZKÓW
I INNOWACJI INTARG 2018

Platyna – Katowice 2018
Brąz – Norymberga 2018
Srebro – Moskwa 2019



- Rozwój napędów, w tym silników hybrydowych
- Rozwój systemów rakiet suborbitalnych i nośnych
- 20 zgłoszeń patentowych (8 patentów) w ciągu ostatnich lat
- Realizacja suborbitalnych eksperymentów naukowych i przemysłowych

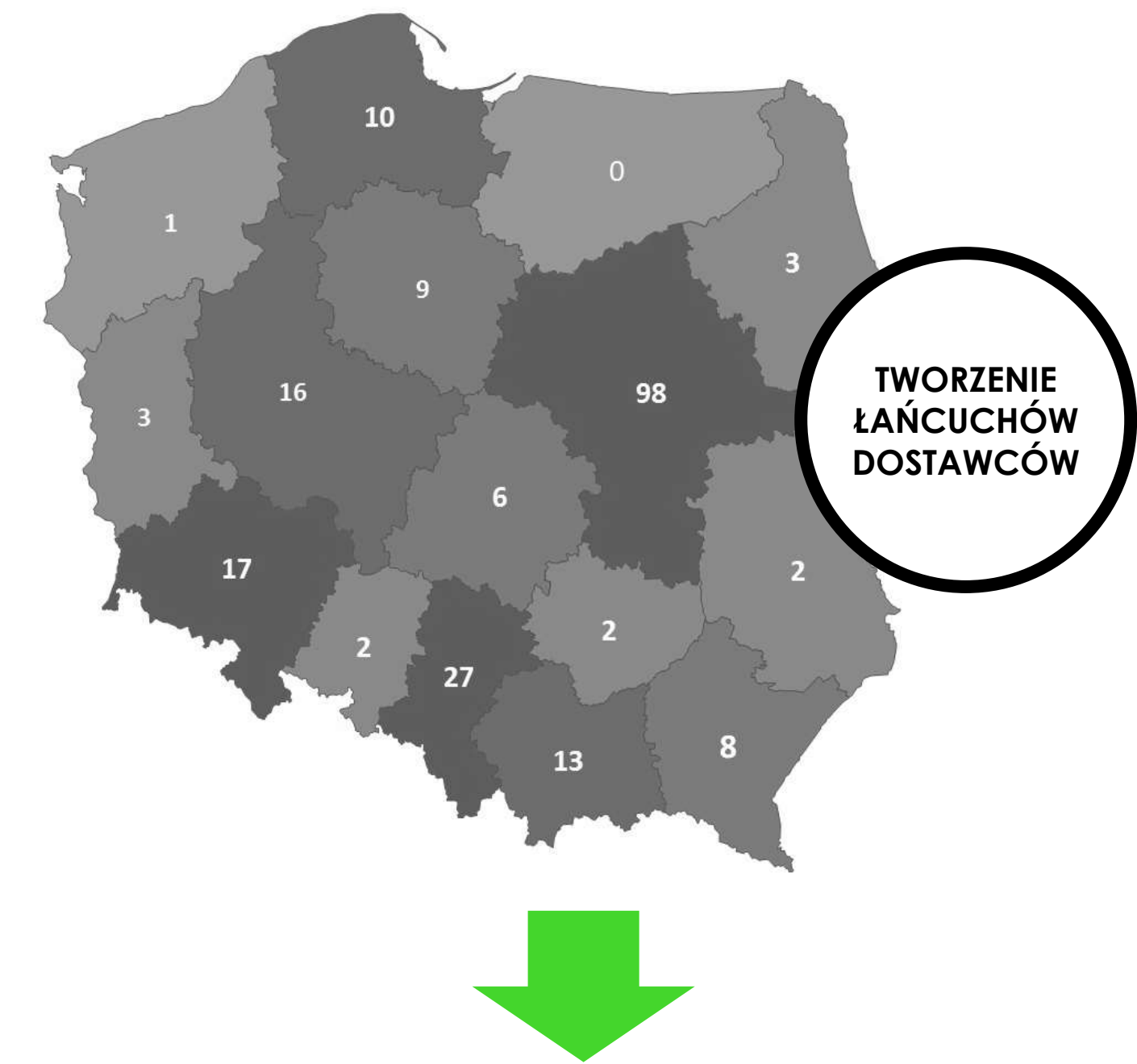
PODSUMOWANIE ROZWOJU RAKIETY ILR-33 BURSZTYN W WERSJI PODSTAWOWEJ

- Zrealizowano loty rakiety zakończone sukcesem i odzyskiem członu odzyskiwanego
- Pierwszy lot rakiety cywilnej z polskiego wybrzeża od czasów programu Meteor
- Zakończono kluczowy etapu rozwoju wersji ILR-33 BURSZTYN
- Rozszerzenie strefy morskiej i uzyskanie strefy UNLIMITED
- Możliwość przejścia do kolejnego etapu projektu

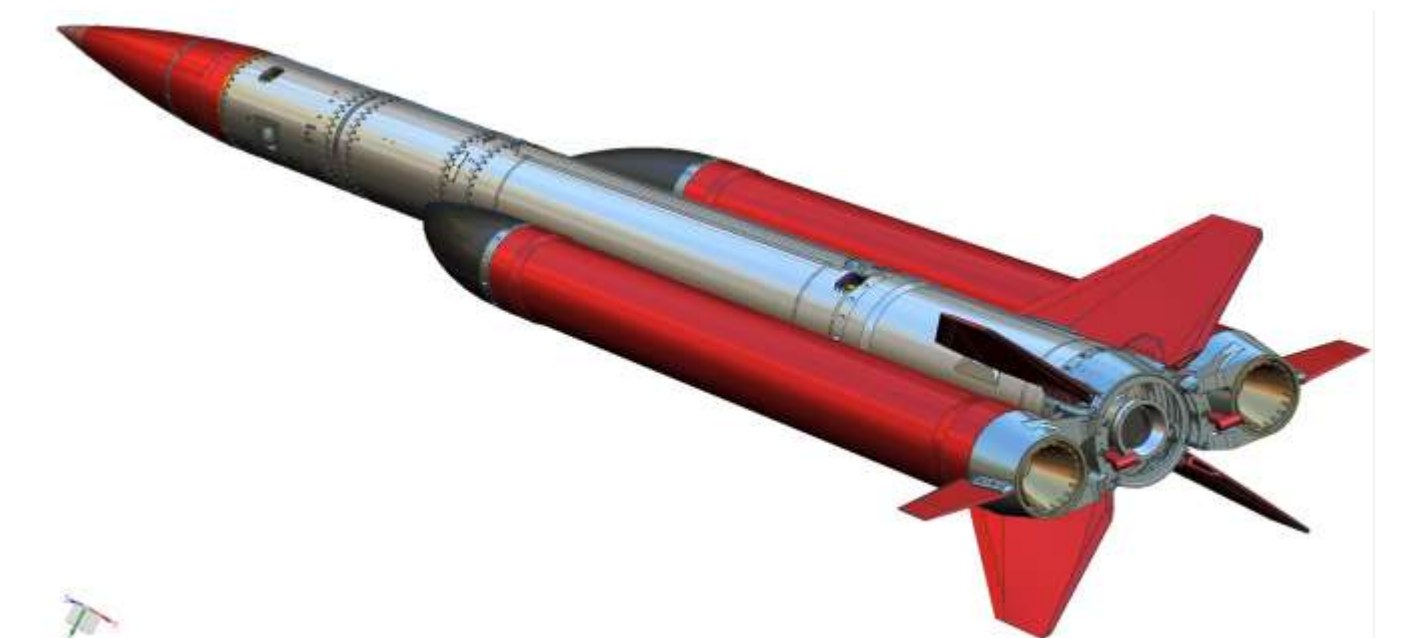




DOŚWIADCZNI SYSTEMOWE I JAKOŚCIOWE



RAKIETA ILR-33 BURSZTYN 2K



ILR-33 BURSZTYN 2K - ZAŁOŻENIA



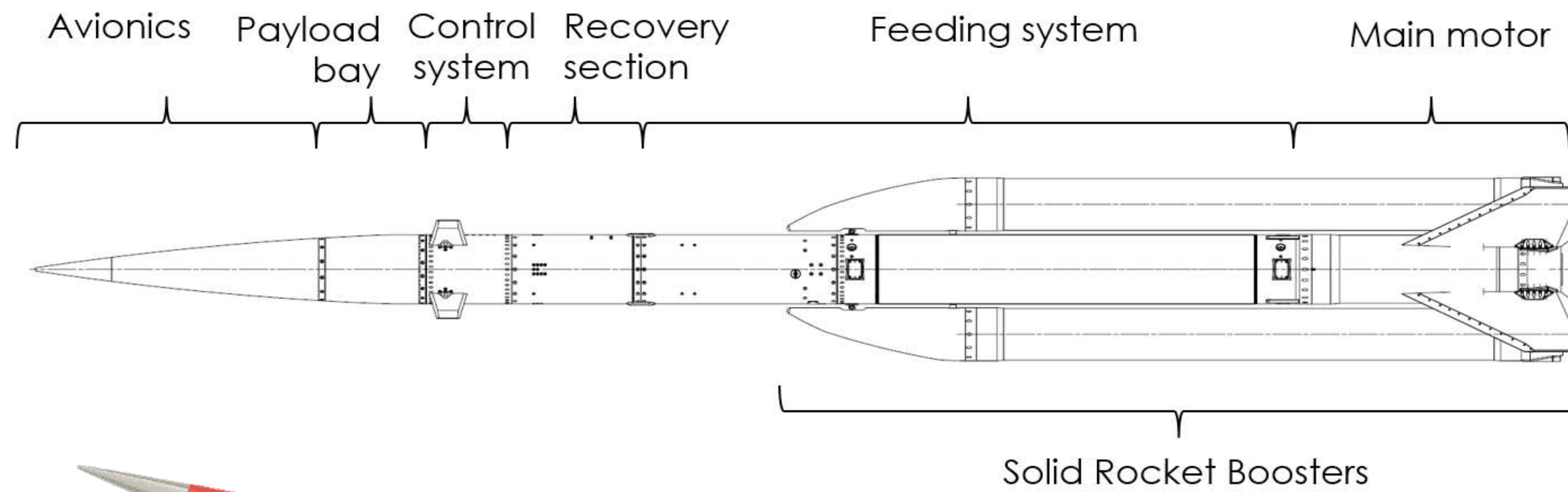
- Dostosowanie do potrzeb rynku: nauki i przemysłu
- Podwyższenie osiągnięć podstawowej wersji rakiety
- Podwyższenie bezpieczeństwa systemu

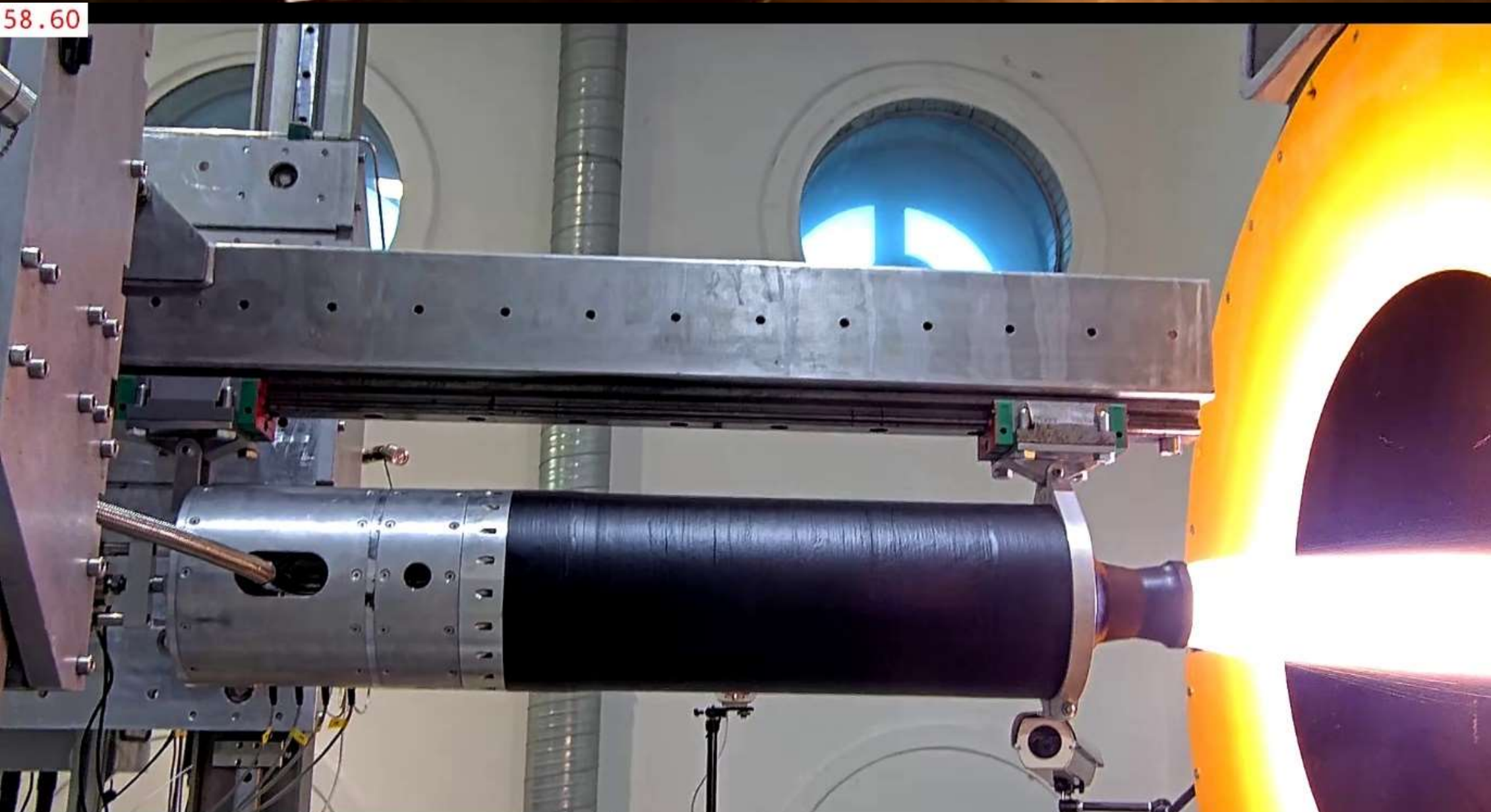
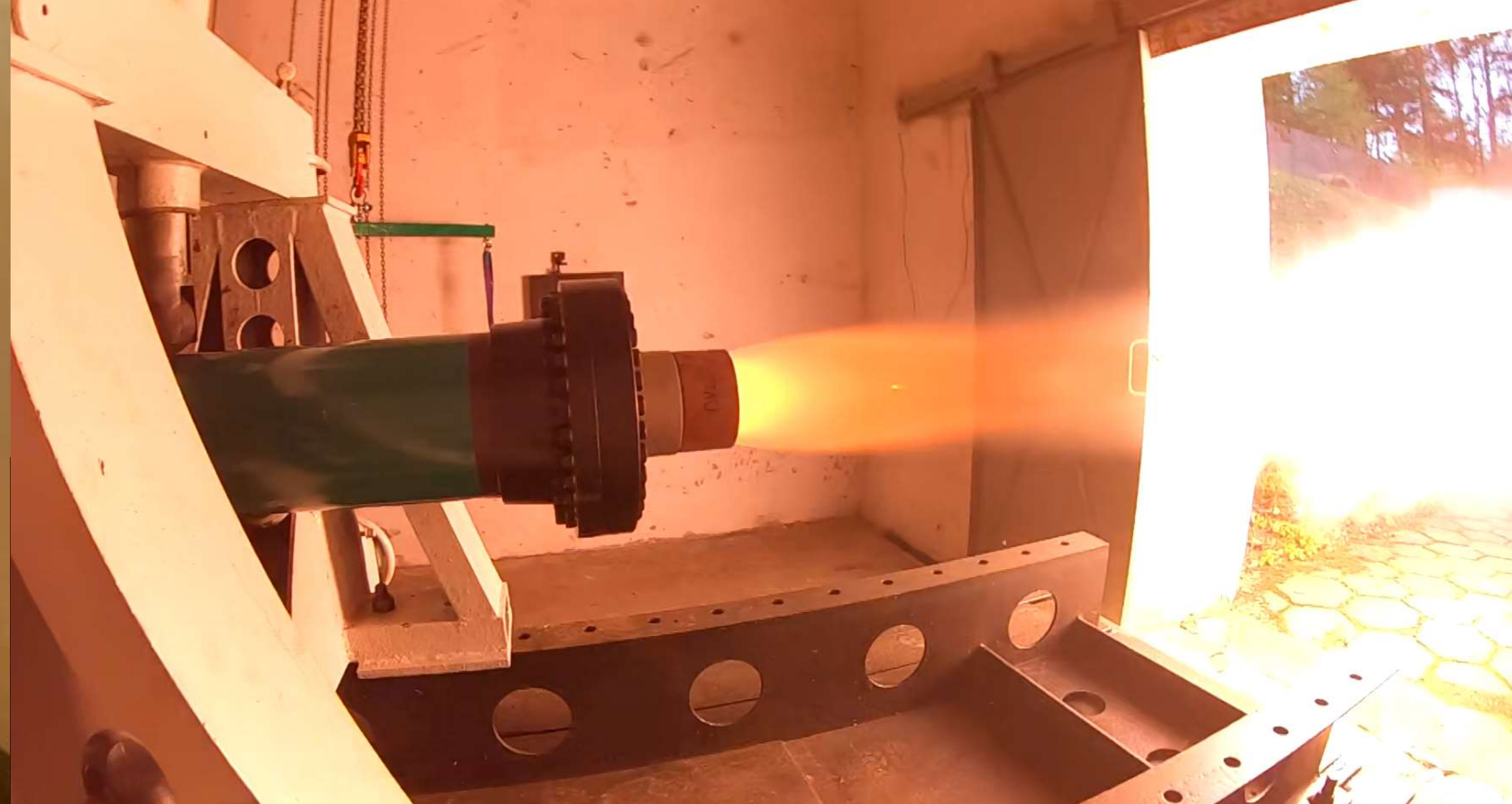
Pułap lotu [km] >100

Maksymalne przeciążenie [g_0] <15

Masa startowa [kg] < 300

ILR-33 BURSZTYN 2K









APLIKACJA PRZEMYSŁOWA: PROJEKT SUBCOM

Rozwój Innowacyjnych Systemów Łączności Dla Zastosowań Kosmicznych i Rakietowych



THORIUM
SPACE TECHNOLOGY



Wytworzenie prototypów segmentu raketowego i satelitarnego

Adaptacja platformy satelitarnej i ładunku użytecznego Thorium Space

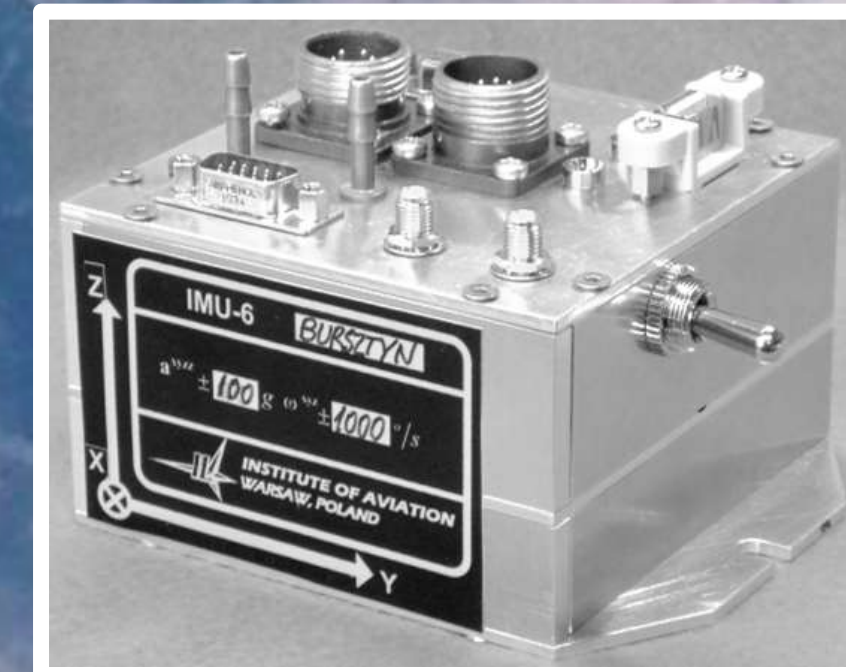
Kwalifikacja podsystemów w Łukasiewicz – Instytucie Lotnictwa (Centrum Testowania Małych Satelitów) i **wyniesienie 3 satelitów** w standardzie cubesat z modułami retransmisyjnymi na orbitę

Testy komunikacyjne **ziemia-rakieta-satelita** (w tym loty suborbitalne rakiet opartych na rakiecie **ILR-33 BURSZTYN 2K**)

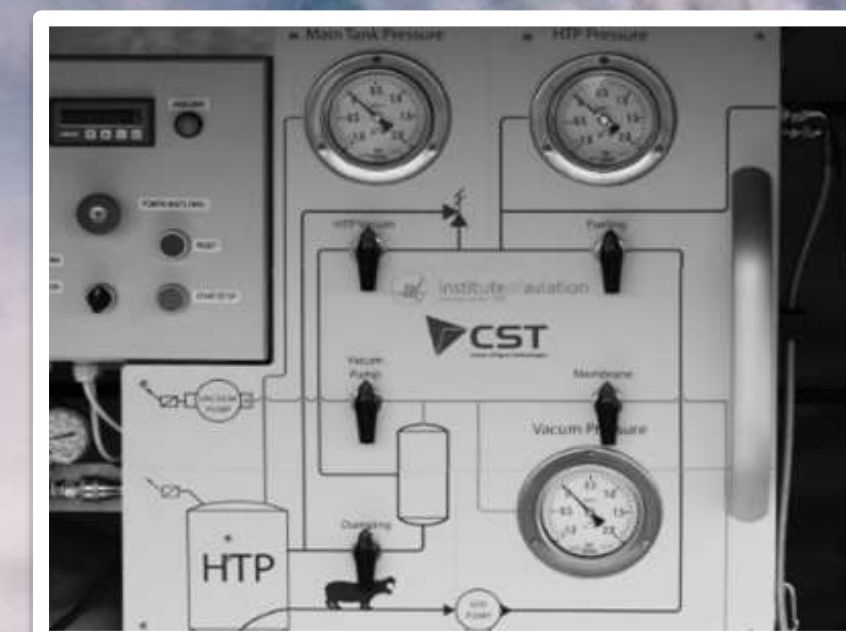


współfinansowanie NCBiR w ramach Działania 1.1 *Projekty B+R przedsiębiorstw*, Poddziałanie 1.1.1 *Badania przemysłowej i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa (konkurs 3/1.1.1/2020)*

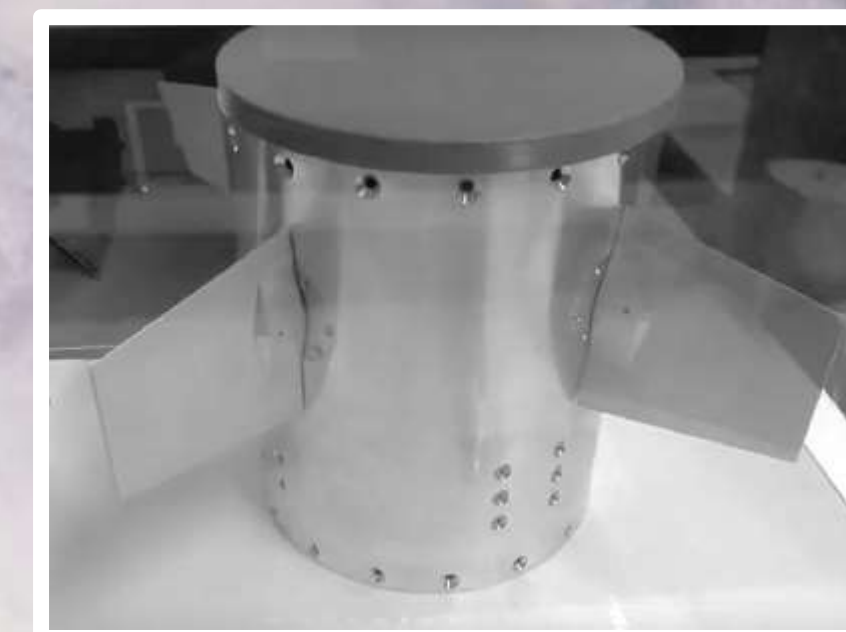
TESTOWANIE UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH



TESTOWANIE SYSTEMÓW NAZIEMNYCH



TESTOWANIE SYSTEMÓW STEROWANIA



***OFERTA:
TESTOWANIE
SYSTEMÓW
W LOCIE***

IMITATOR BALISTYCZNEGO CELU POWIETRZNEGO



Głowica rakiety
ILR-33 BURSZTYN



Możliwość uwolnienia ładunku
(lub kilku ładunków
do weryfikacji rozdzielczości radaru)

TESTY RADIOLOKACYJNEGO
SYSTEMU OBRONY
PRZECIWRAKIETOWEJ

PLATFORMA RAKIETOWA SŁUŻĄCA
JAKO IMITATOR BALISTYCZNEGO CELU
POWIETRZNEGO – **CELE SZKOLENIOWE**

**ZASTOSOWANIE NAPĘDU
HYBRYDOWEGO ZAPEWNIĄ:**

✓ MOŻLIWOŚĆ DOSTOSOWANIA
TRAJEKTORII DO WYMAGAŃ
ĆWICZENIA - **DOSTOSOWANIE
PROFILU MISJI LOTU IMITATORA**

✓ REALIZACJĘ MISJI
○ **ZRÓŻNICOWANYCH
PRĘDKOŚCIACH OPADANIA NA
RÓŻNYCH PUŁAPACH,
MOŻLIWOŚĆ MANEWROWANIA**

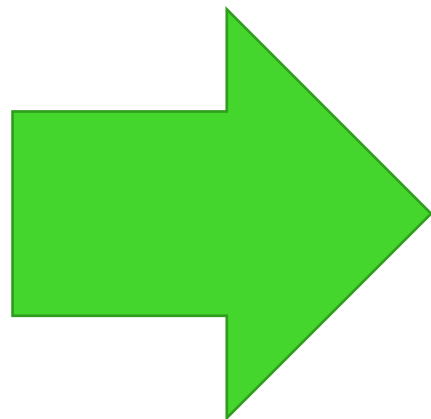
WYNIKI ROZWOJU RAKIETY BURSZTYN I BURSZTYN 2K

Technologia/komponent/system

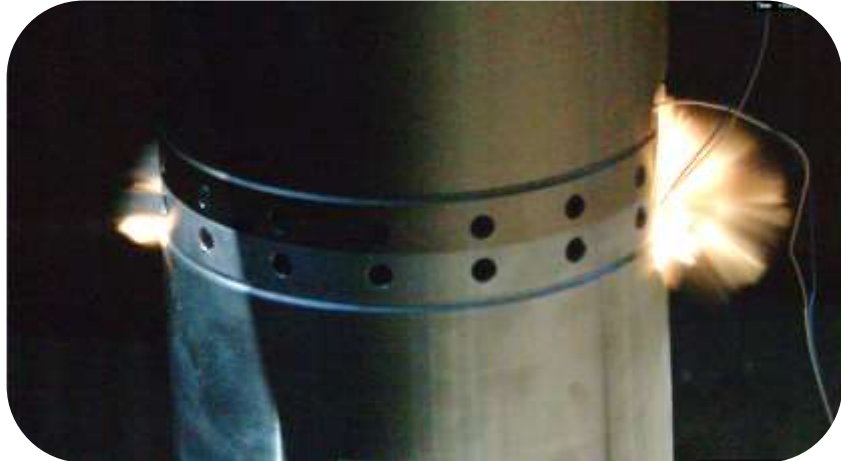
Nowe projekty:



- Technologia eksploatacja 98% HTP
- Systemy zasilania ciśnieniowego
- Zbiorniki ciśnieniowe
- Zawory
- Silniki na stały materiał pędny
- Izolacje ablacyjne
- Infrastruktura naziemna
- Elektronika i sterowanie
- Systemy deceleracji
- Materiały energetyczne
- Oprogramowanie symulacyjne
- Druk 3D w metalu
- Testowanie napędów rakietowych



X	X	X	
X	X	X	
X	X		
X			
X	X	X	X
X	X		
X	X	X	
	X		
	X		
X	X	X	X
X	X		X
X	X		
X	X	X	X



WSPÓŁPRACA ZAGRANICZNA



Airbus Defence & Space (UK, GER)
Thales Alenia Space (PL, UK, IT, FR)
OHB Systems (GER)
ONERA
CNRS
JAXA
DLR
GMV



ArianeGroup
AVIO
ArianeWorks
Nammo
CNES
NLR
INCAS
Euroconsult Group
Swedish Space Corporation



RAKIETY SUBORBITALNE JAKO KROK DO RAKIET NOŚNYCH

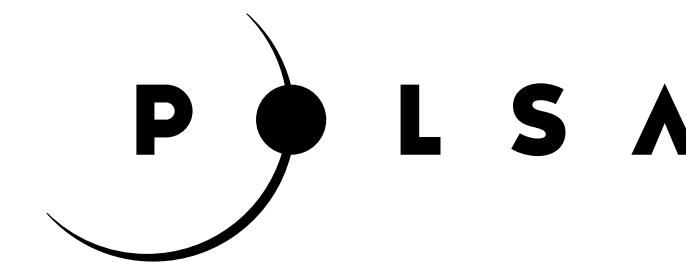
CEL

1. STWORZENIE MOŻLIWOŚCI **WYNOSZENIA POLSKICH ŁADUNKÓW** O MASACH 50-200 KG NA NISKĄ ORBITĘ OKOŁOZIEMSKĄ
2. ZAPEWNIENIE **BEZPIECZEŃSTWA NARODOWEGO**
3. ŚWIADCZENIE **USŁUG WYNOSZENIA** DLA PODMIOTÓW ZAGRANICZNYCH
4. ZWIĘKSZENIE **DOSTĘPNOŚCI** POLSKICH PODMIOTÓW DO PRZESTRZENI KOSMICZNEJ



**SKUMULOWANY ROCZNY WSKAŹNIK
WZROSTU RYNKU GLOBALNEGO > 15%**

@BusinessWire

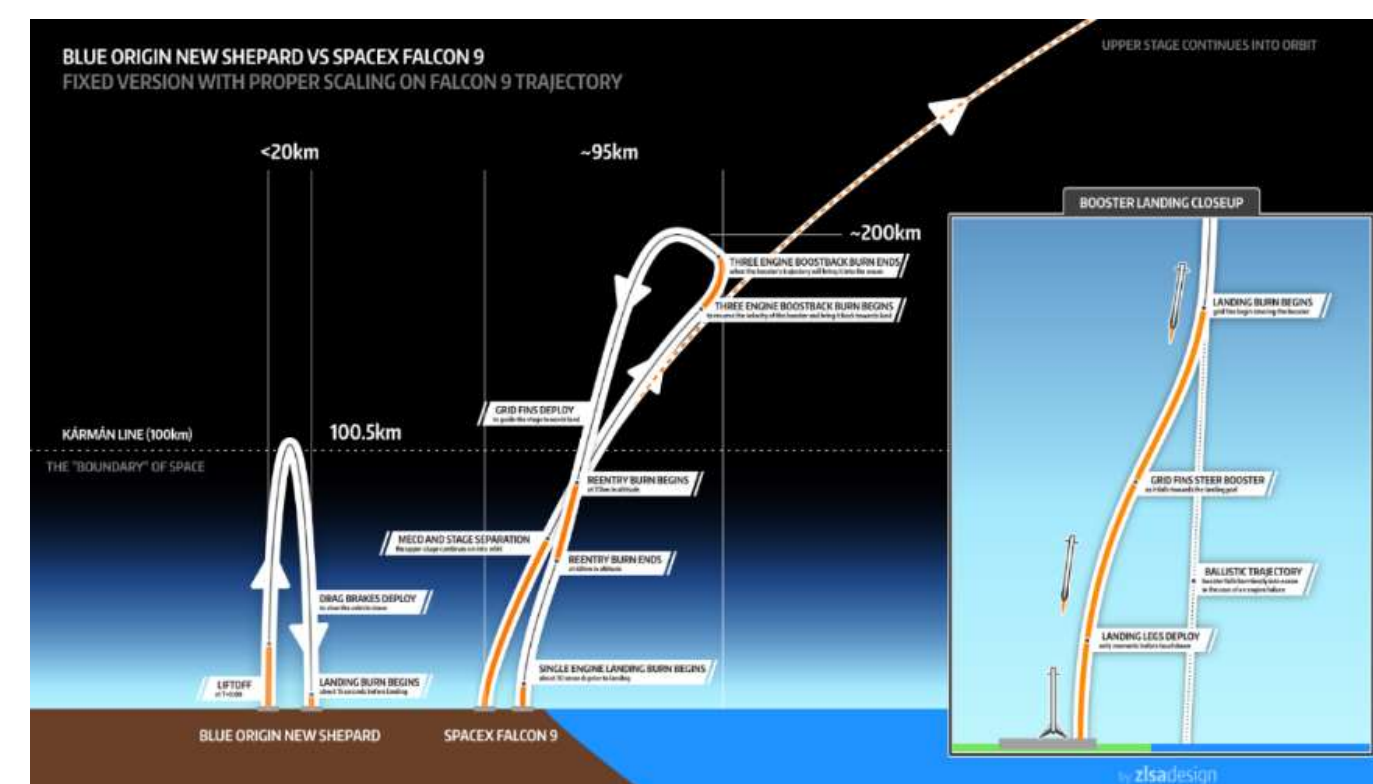


**ZREALIZOWANO LICZNE
STUDIA WYKONALNOŚCI MAŁYCH
RAKIET UMOŻLIWIAJĄCYCH
WYNOSZENIE SATELITÓW NA ORBITĘ**

SILNIKI O REGULOWANEJ WARTOŚCI CIĄGU

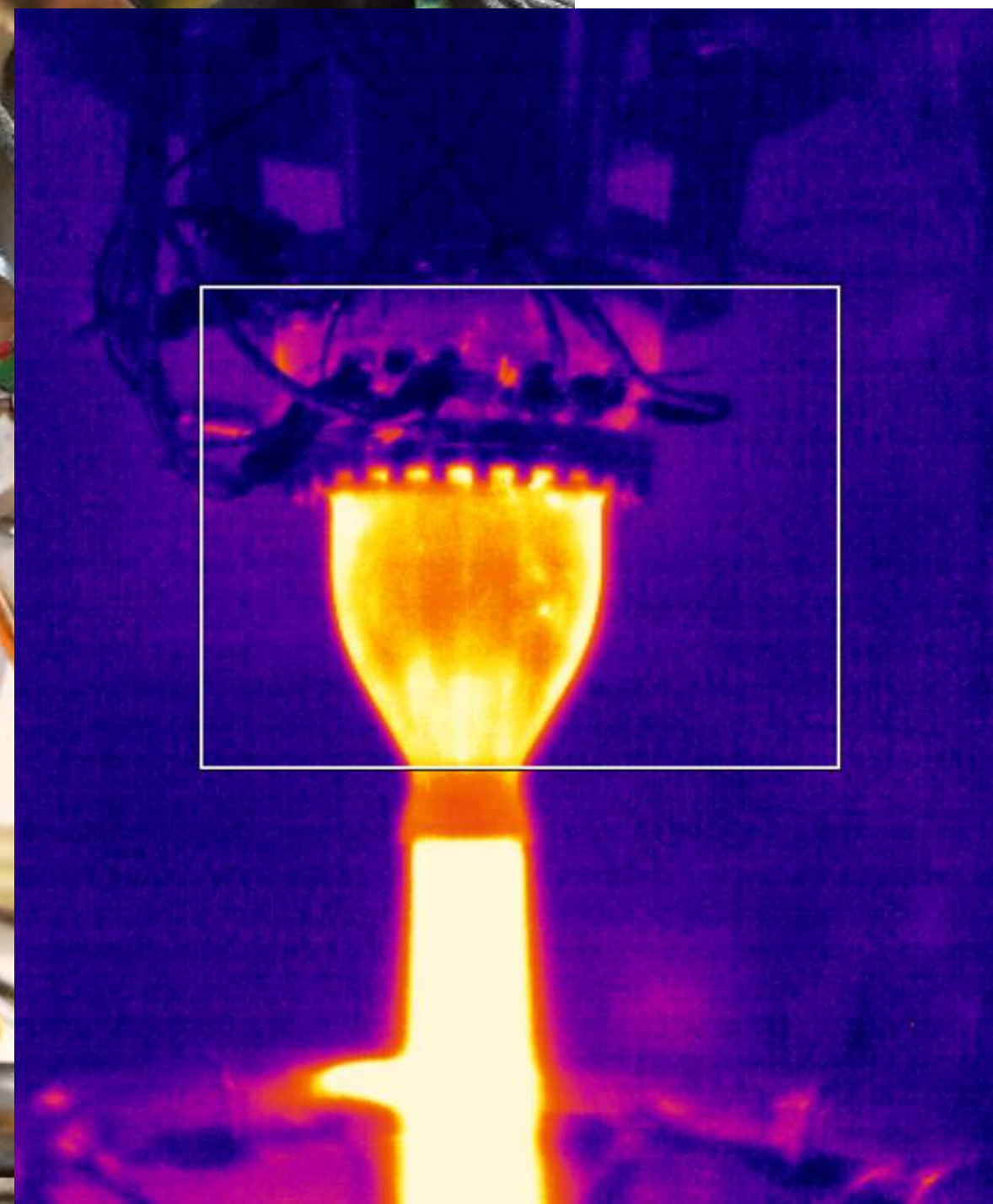
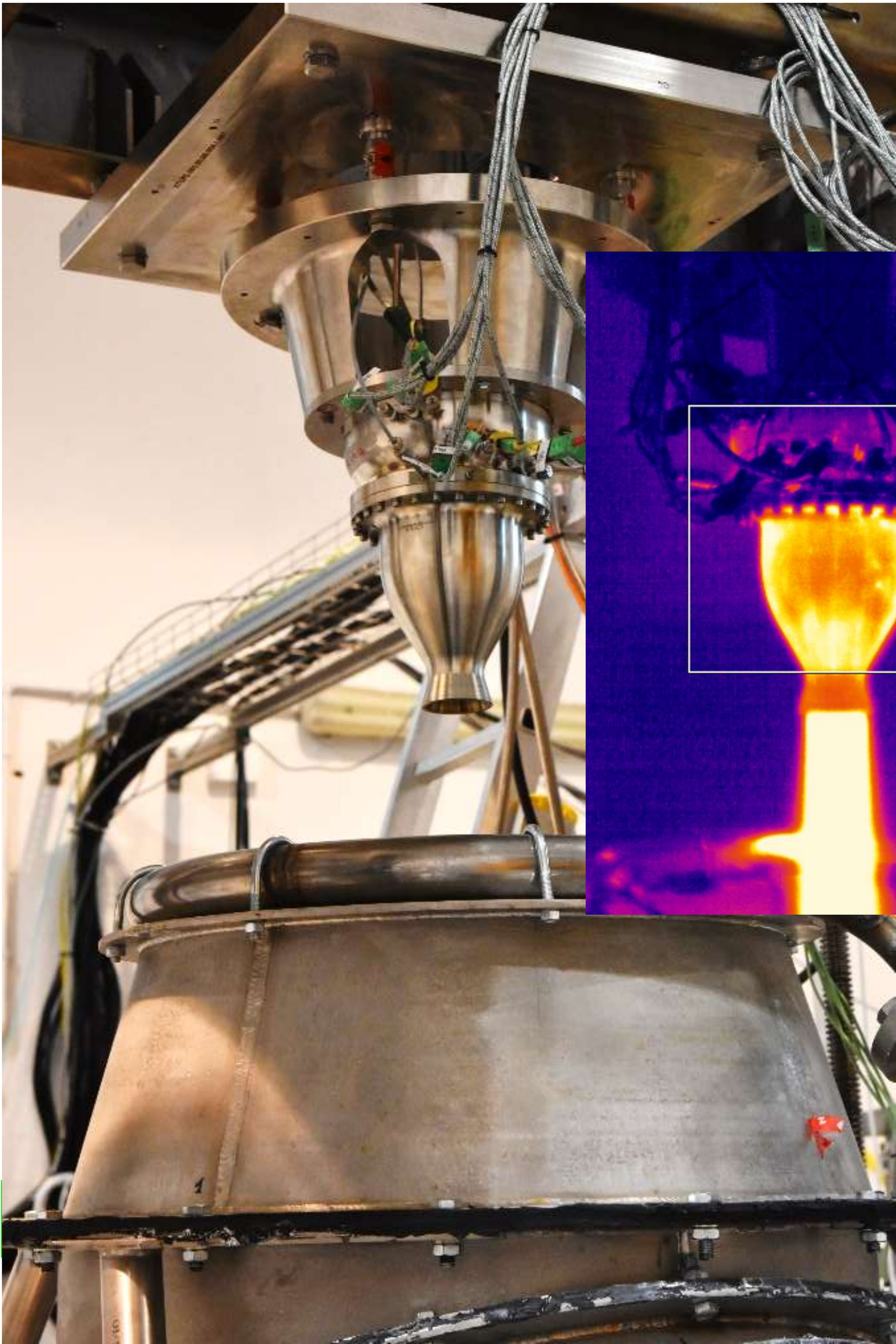


- ESA zakłada zastosowanie rozwijanej technologii **w demonstratorach lotnych** Agencji (ADAMP, DTV etc.)
- ESA wymienia szereg **misji księżycowych** jako finalną aplikację technologii (MoonNext, LSR, LLB1, LPSR, Lunar Resurs, Dark Side Observatory, Cargo Lander, EL3, HRLPM-1, HERACLES + misje komercyjne)
- Dodatkową szansę stanowi współpraca ze Stanami Zjednoczonymi (Artemis Accords)
- Technologia jest kluczowa **dla planowanych europejskich rakiet wielokrotnego użytku**



New Shepard & Falcon9
<https://bit.ly/2SsyzCV>

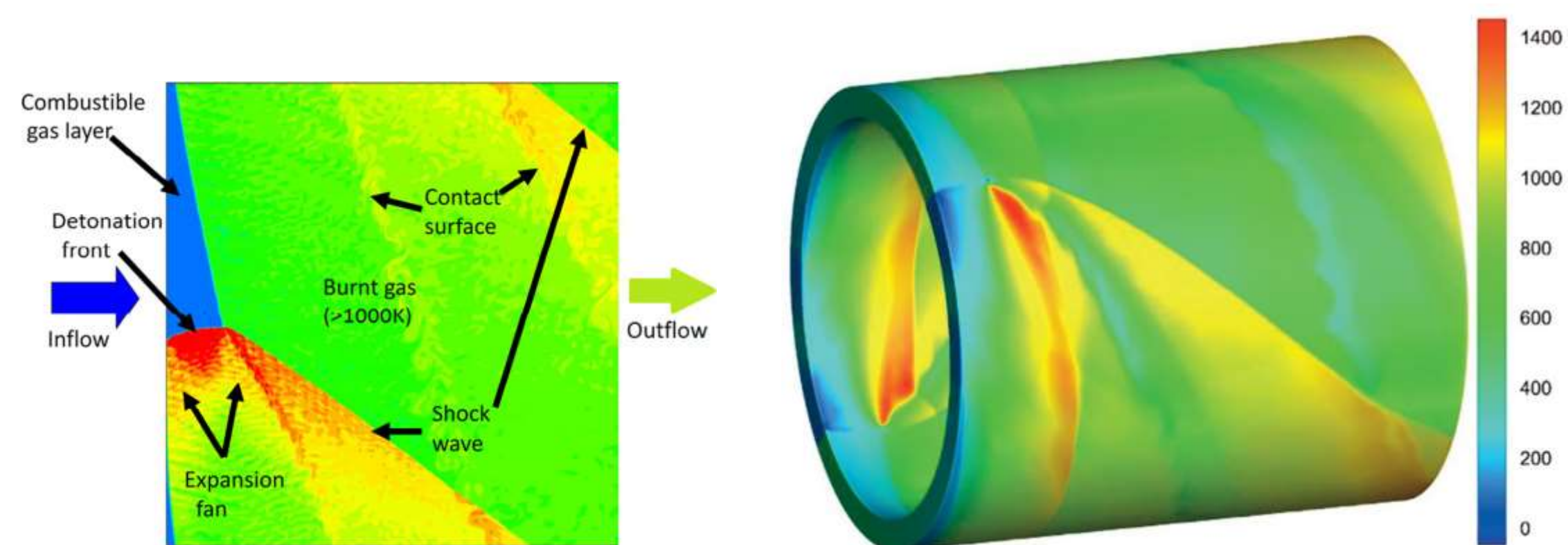




- Wykorzystanie 98% HTP jako utleniacza
- 110-10% ciągu (7%!!!)
- druk 3D



RAKIETY DETONACYJNE



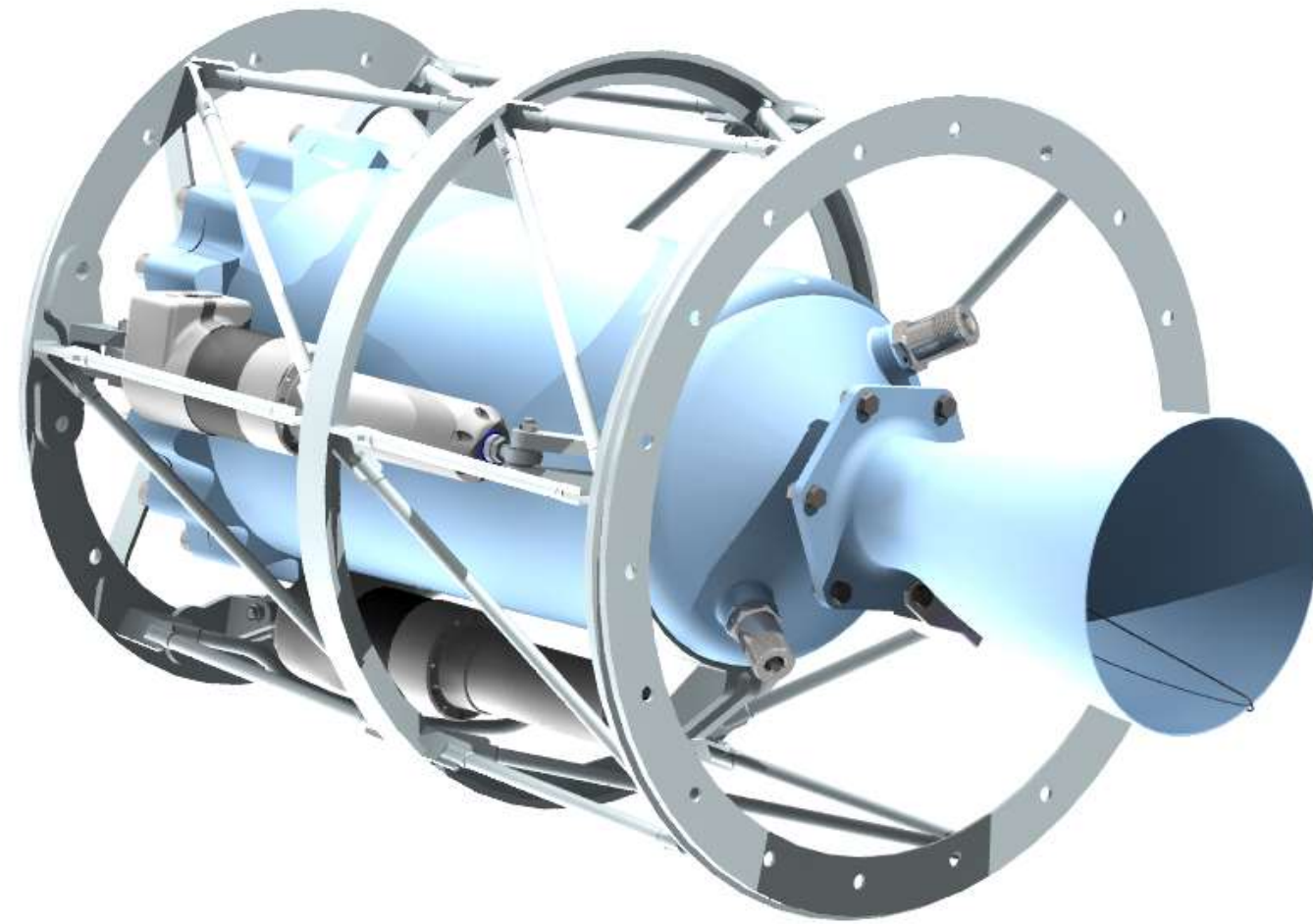
Hishida, M., Fujiwara, T., Wolanski, P.: (2009)



PIERWSZY NA ŚWIECIE SAMODZIELNY LOT RAKIETY DETONACYJNEJ

2021, Polska

DEORBITACJA SATELITÓW



WSPÓŁPRACA Z INTEGRATORAMI SATELITÓW
(DOCELOWI UŻYTKOWNICY!)



PRZEWODZENIE I REALIZACJA
SZEREGU PROJEKTÓW ESA



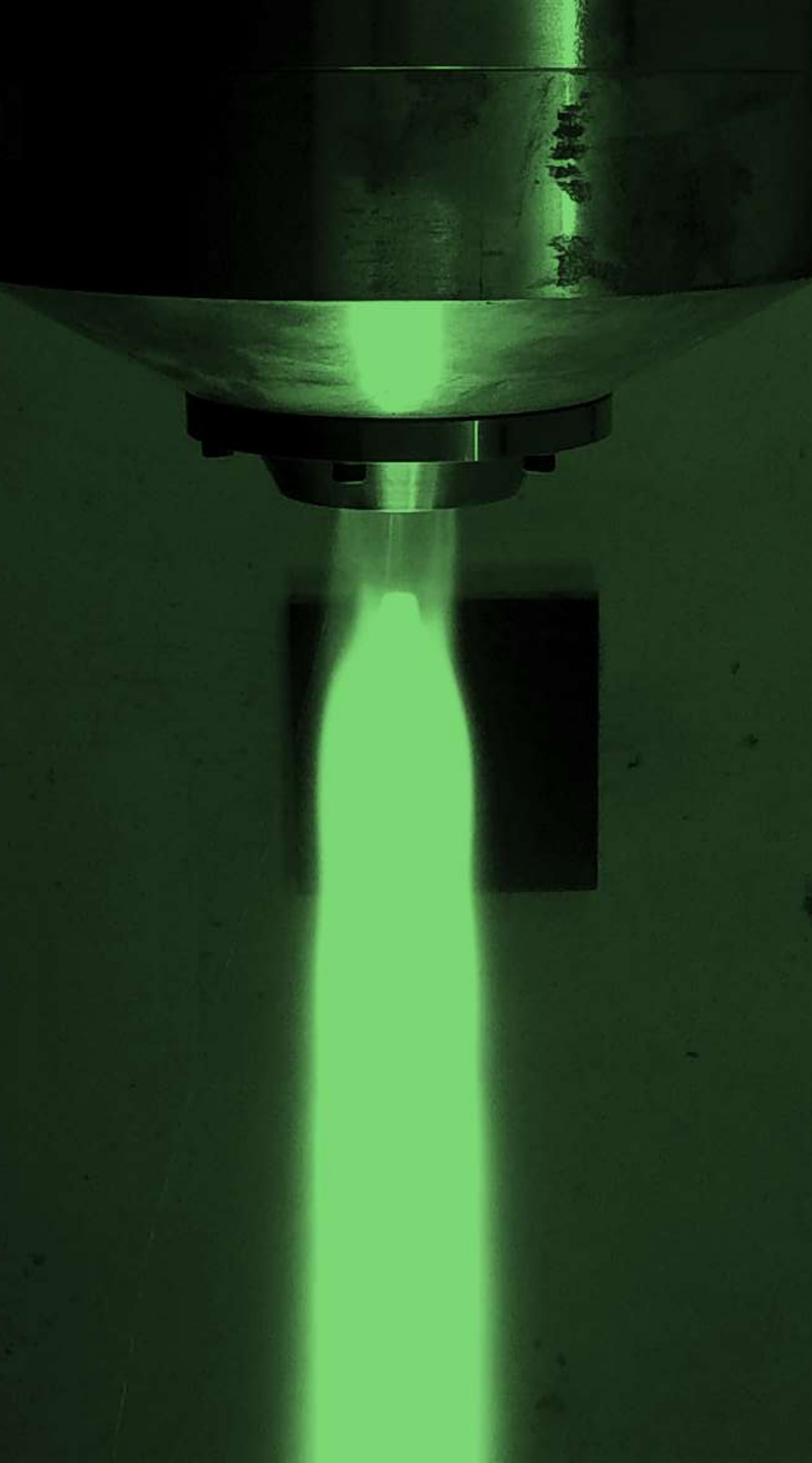
BRAK STAŁYCH PRODUKTÓW
SPALANIA (EKOLOGIA)



SILNIK NA STAŁY
MATERIAŁ PĘDNY

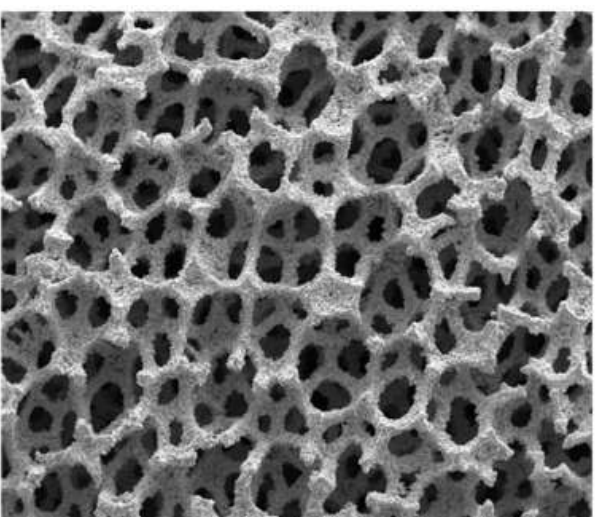
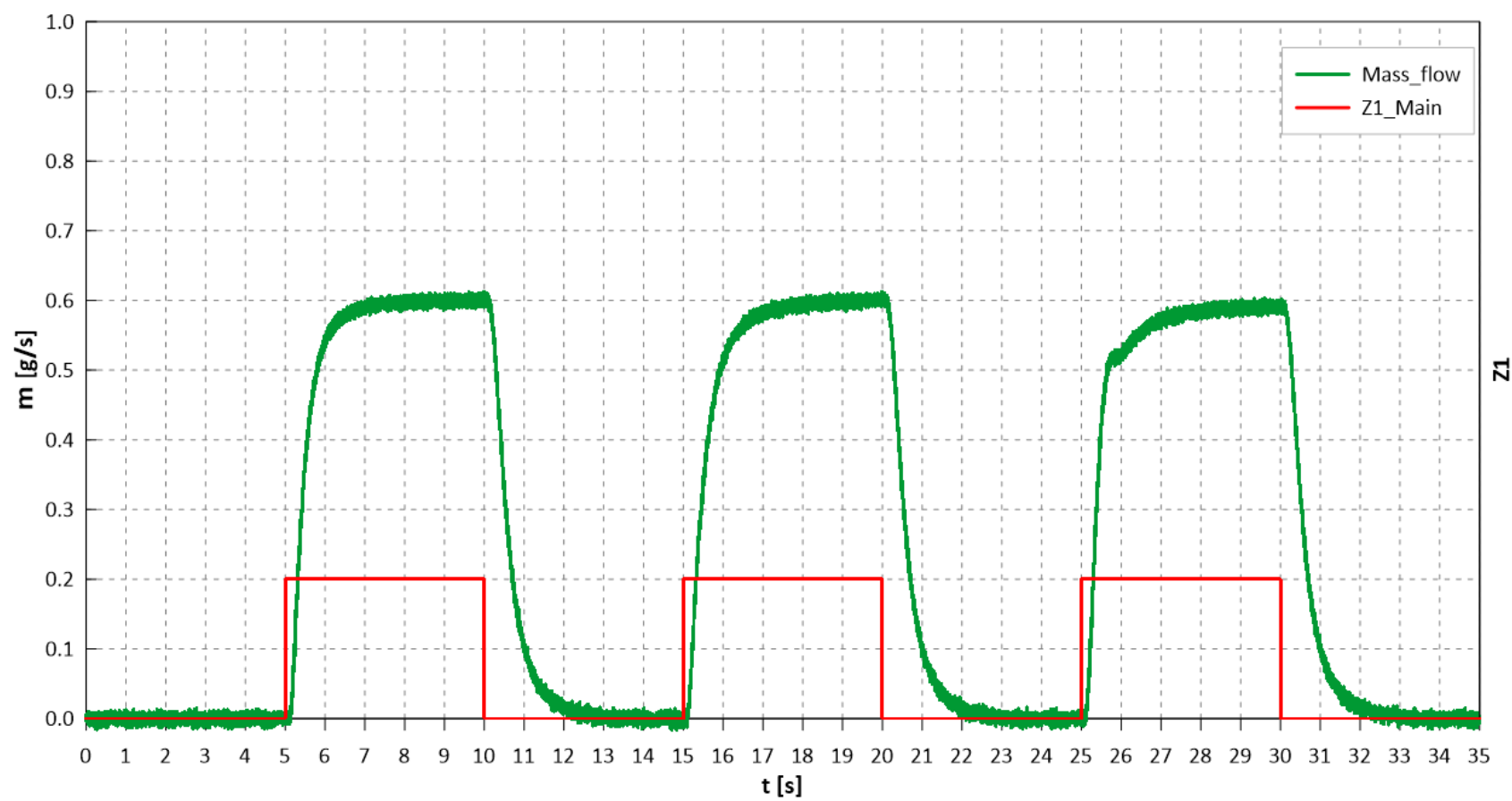
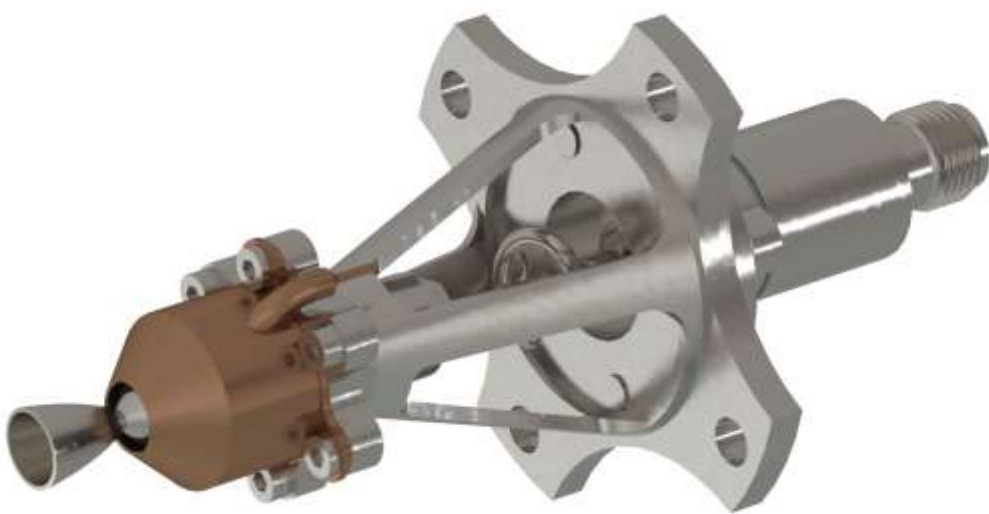


PLAN ROZWOJU GOTOWEGO
PRODUKTU

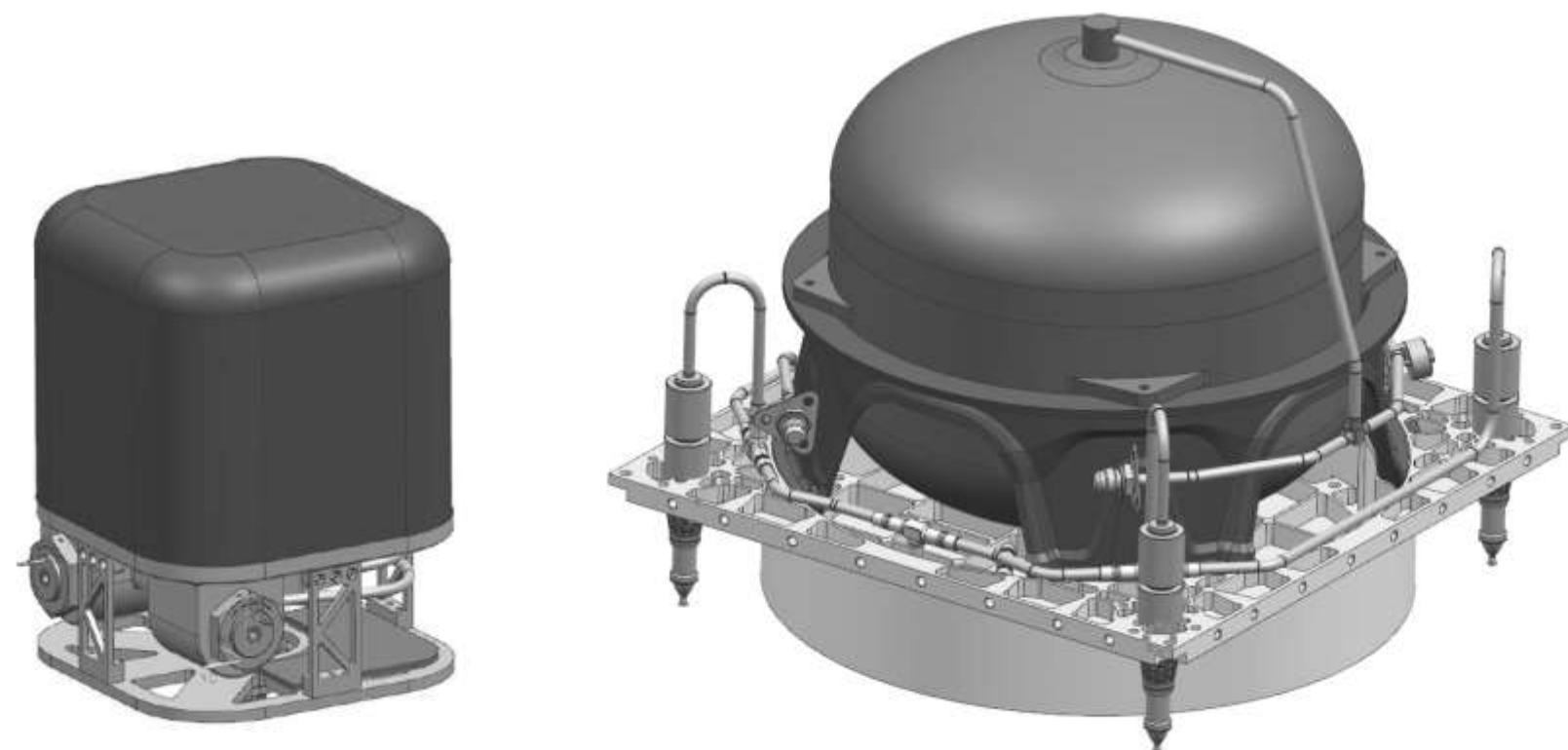
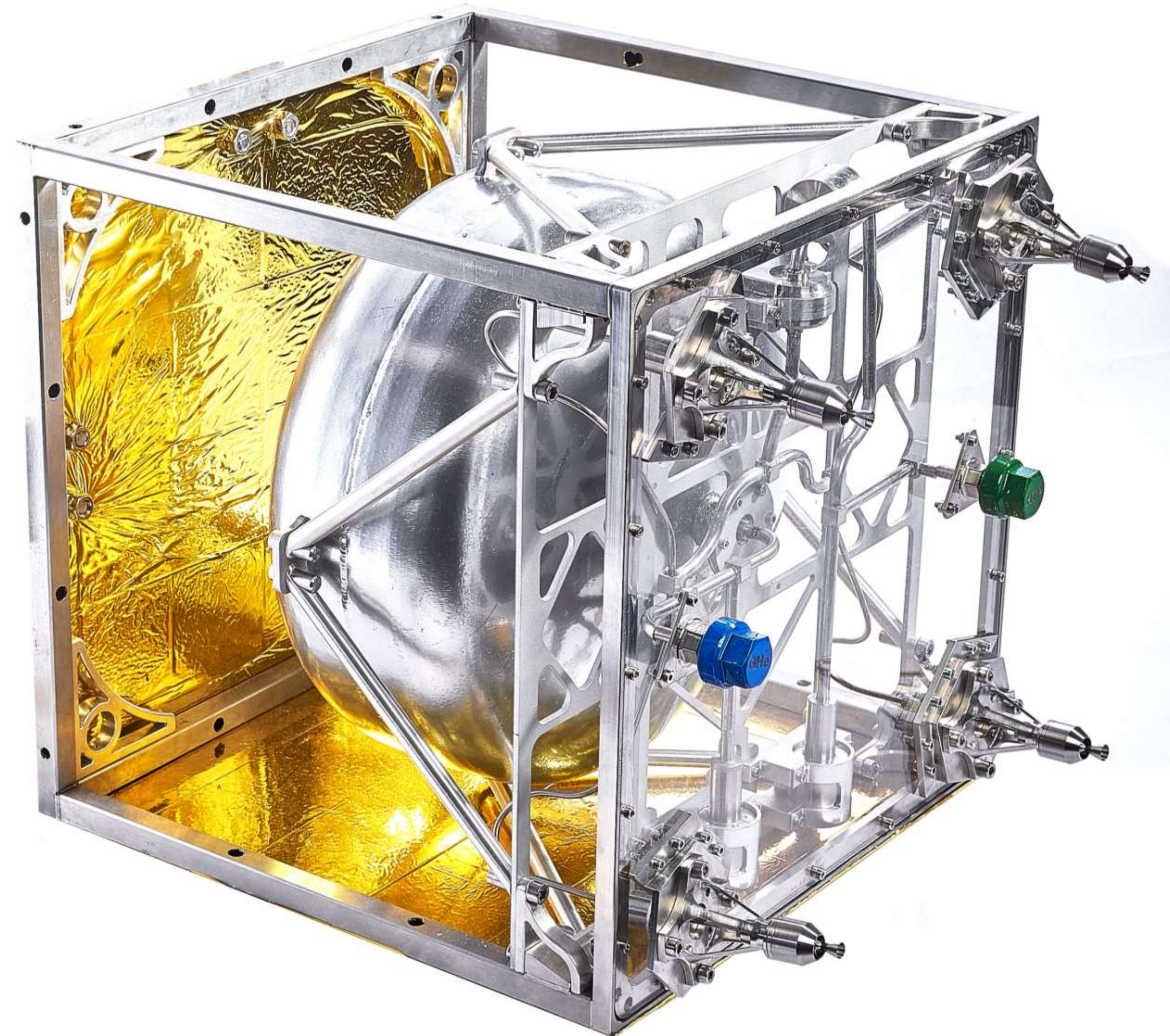
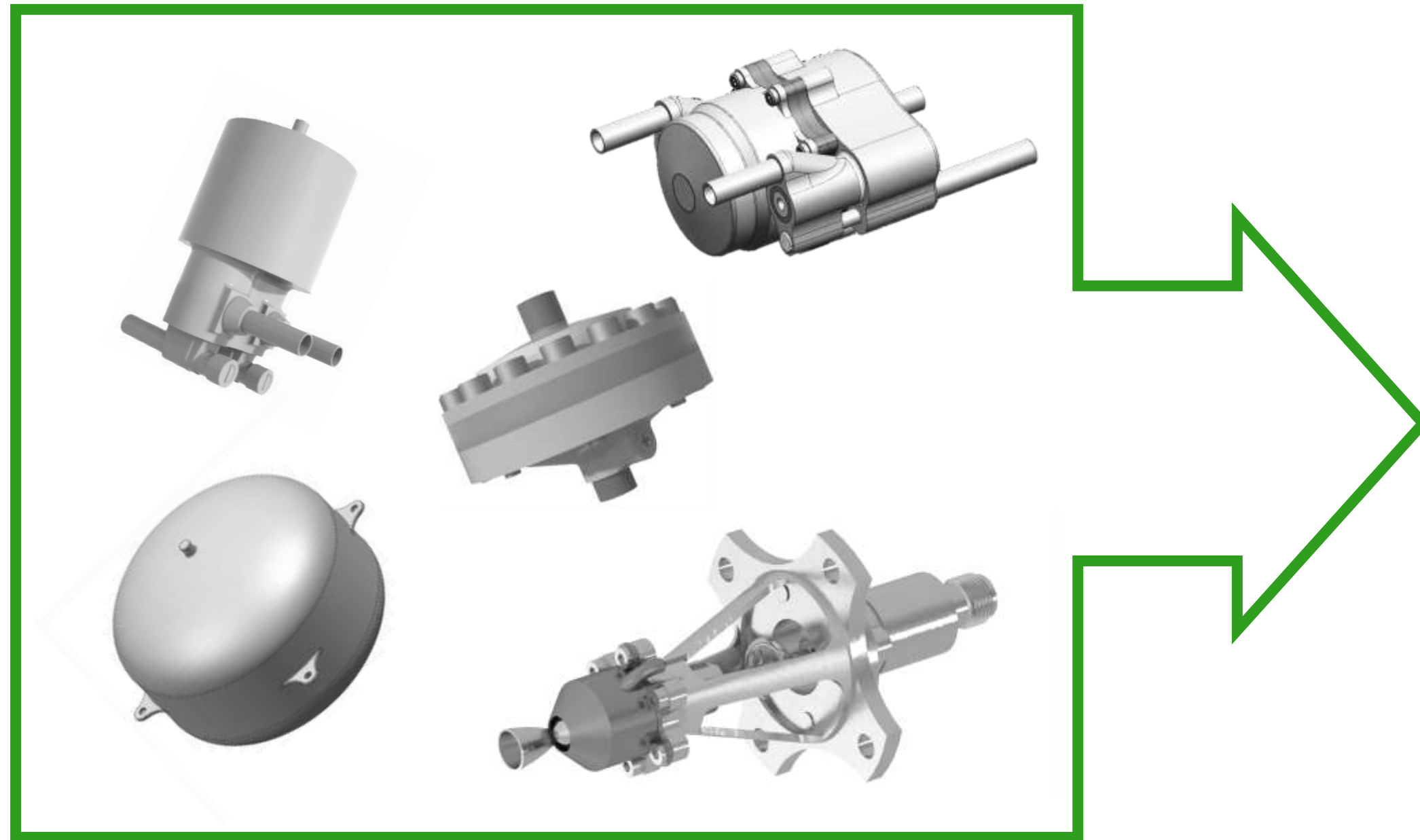


KATALIZATORY I SILNIKI NA JEDNOSKŁADNIKOWY MATERIAŁ PĘDNY

- Udana demonstracja działania silnika o czasie pracy około 3600 sekund



GREEN PROPULSION COMPONENTS AND SYSTEMS



PROJEKTY POLON I PIAST



POLON: Polski Moduł Napędowy

(NCBiR, Szybka Ścieżka dla Mazowsza)



Celem projektu jest opracowanie chemicznego ekologicznego napędu raketowego dla małego satelity oraz jego integracja z platformą Hypersat, rozwijaną przez Creotech Instruments



PIAST: Polish ImAging SaTellites

(NCBiR, SZAFIR)



Rozwój trzech nanosatelitów optoelektronicznych, które będą pierwszymi operacyjnymi polskimi satelitami z końcowym odbiorcą w postaci Sił Zbrojnych RP; projekt wpisuje się w potrzebę opracowania kompletnego satelitarne systemu rozpoznania obrazowego; Instytut odpowiada za rozwój dedykowanego systemu napędowego



creo TECH
Instruments S.A.



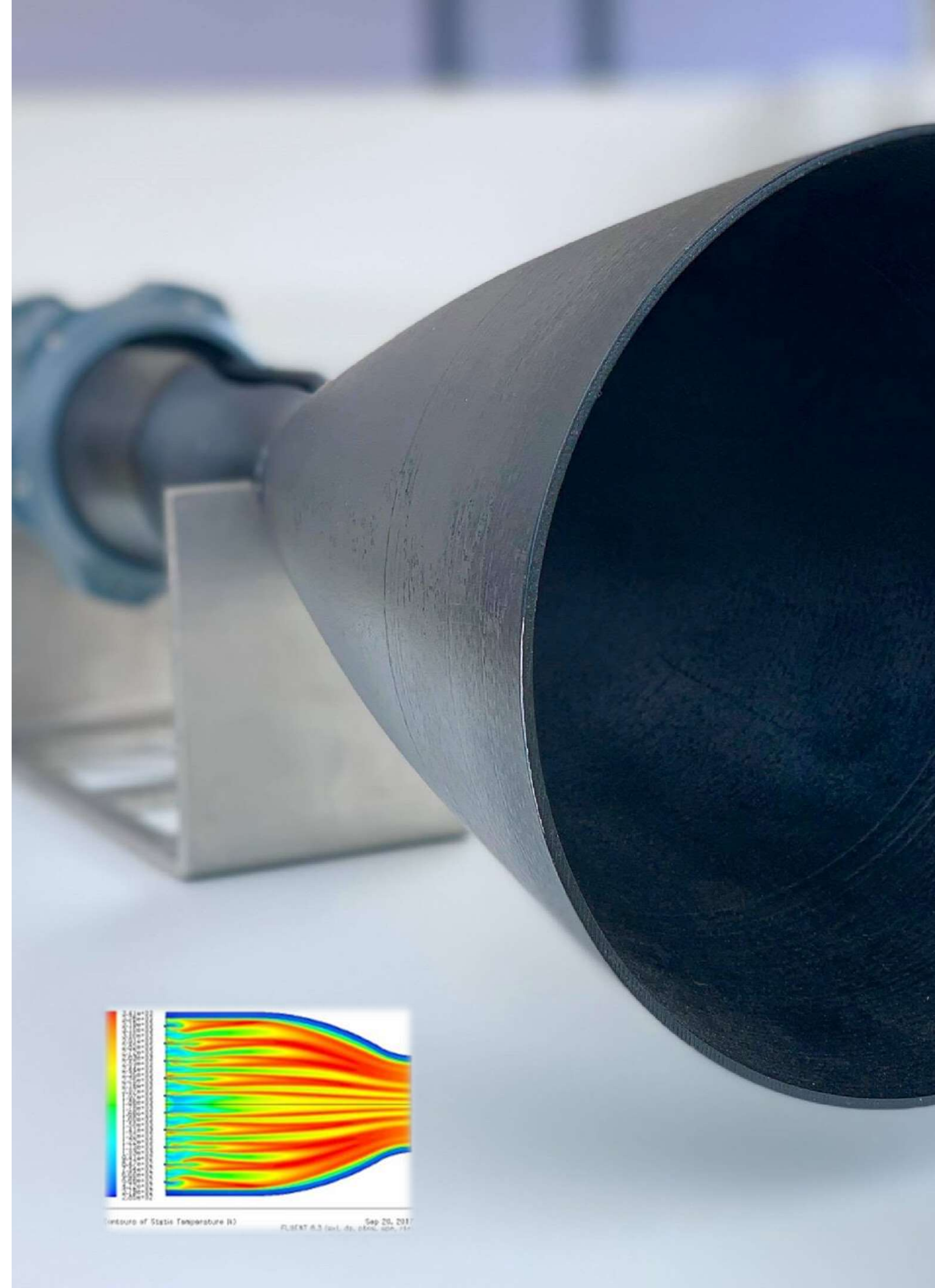
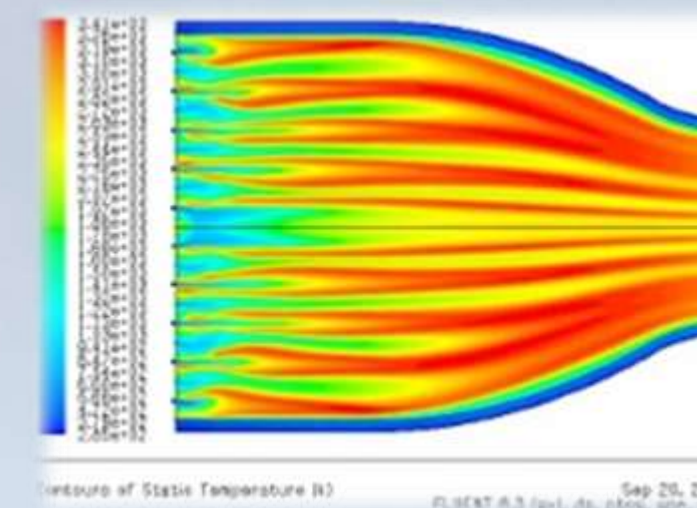
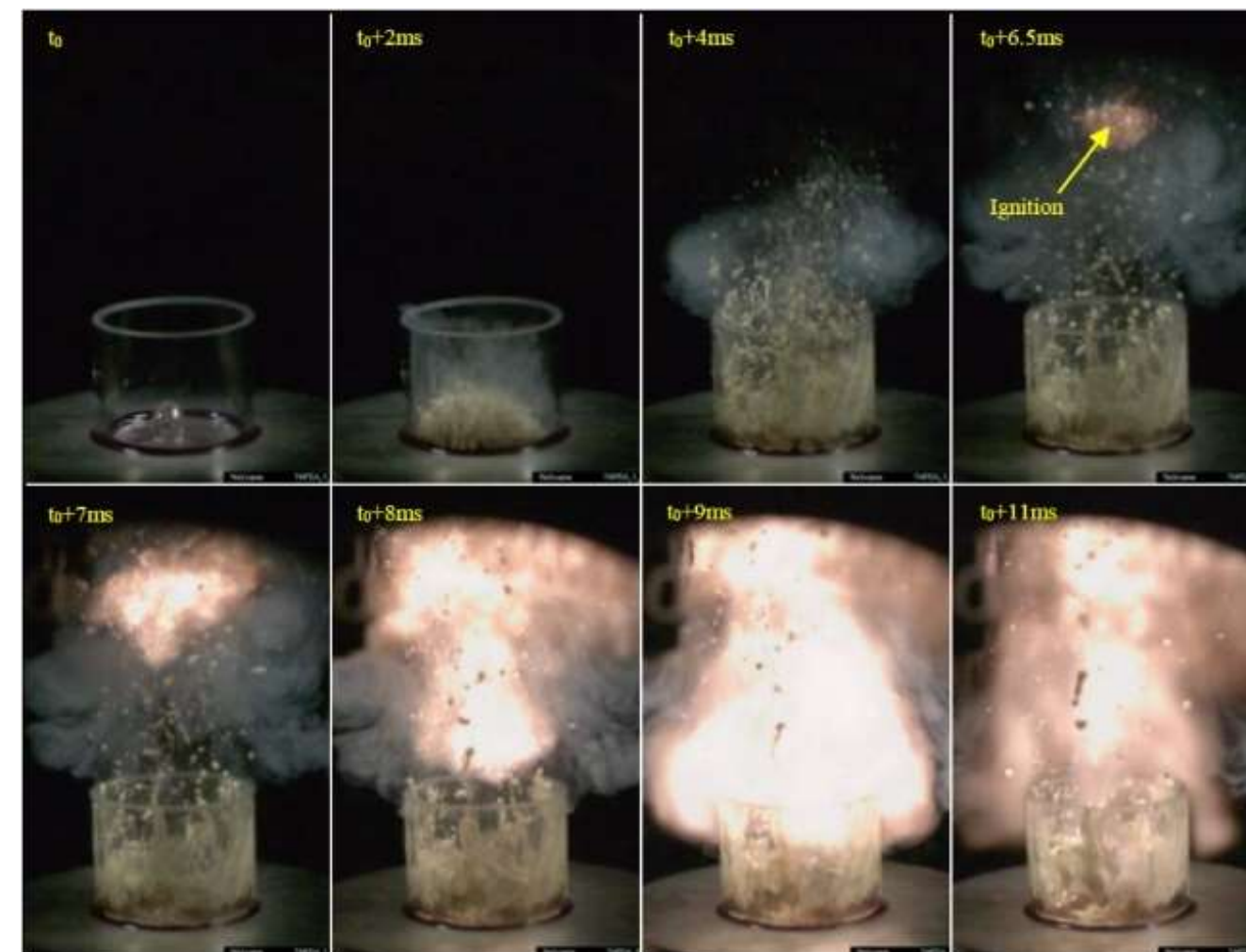
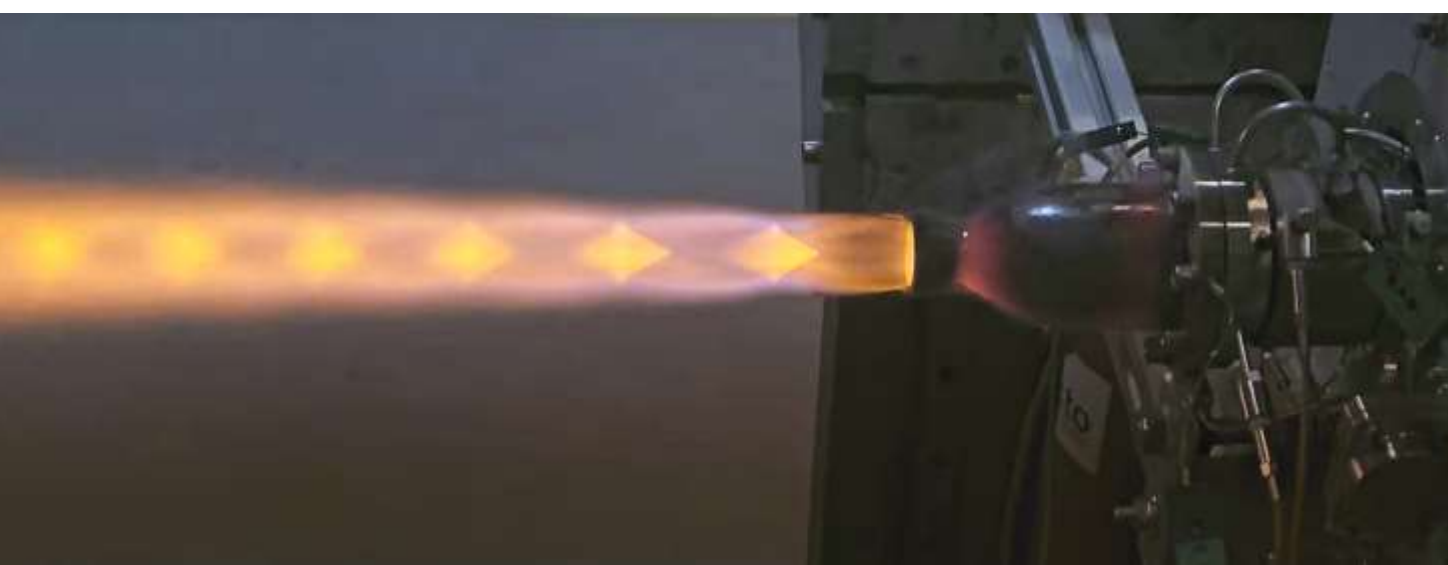
Scanway
imaging space



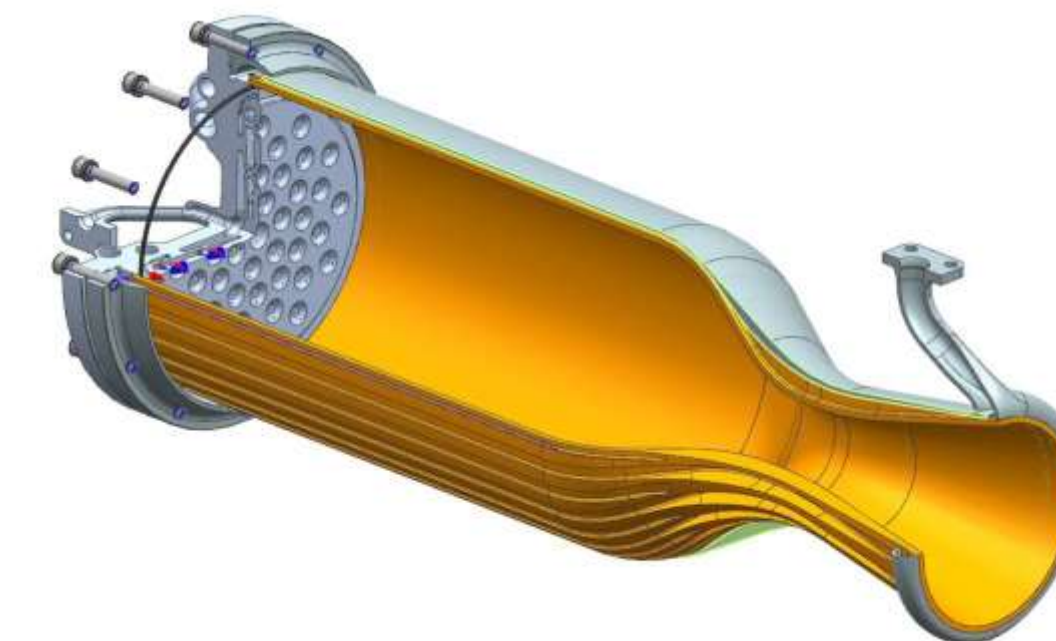
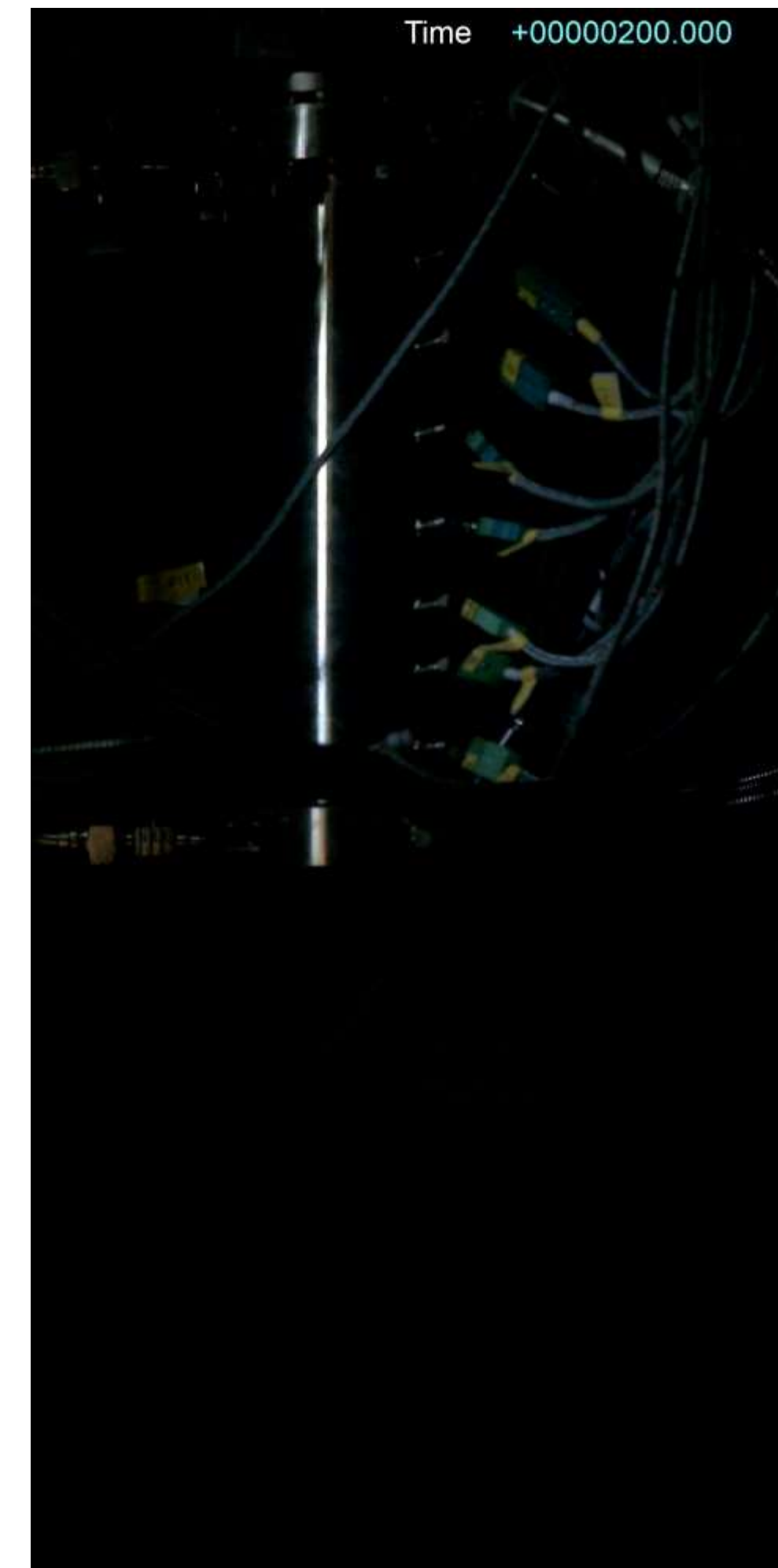
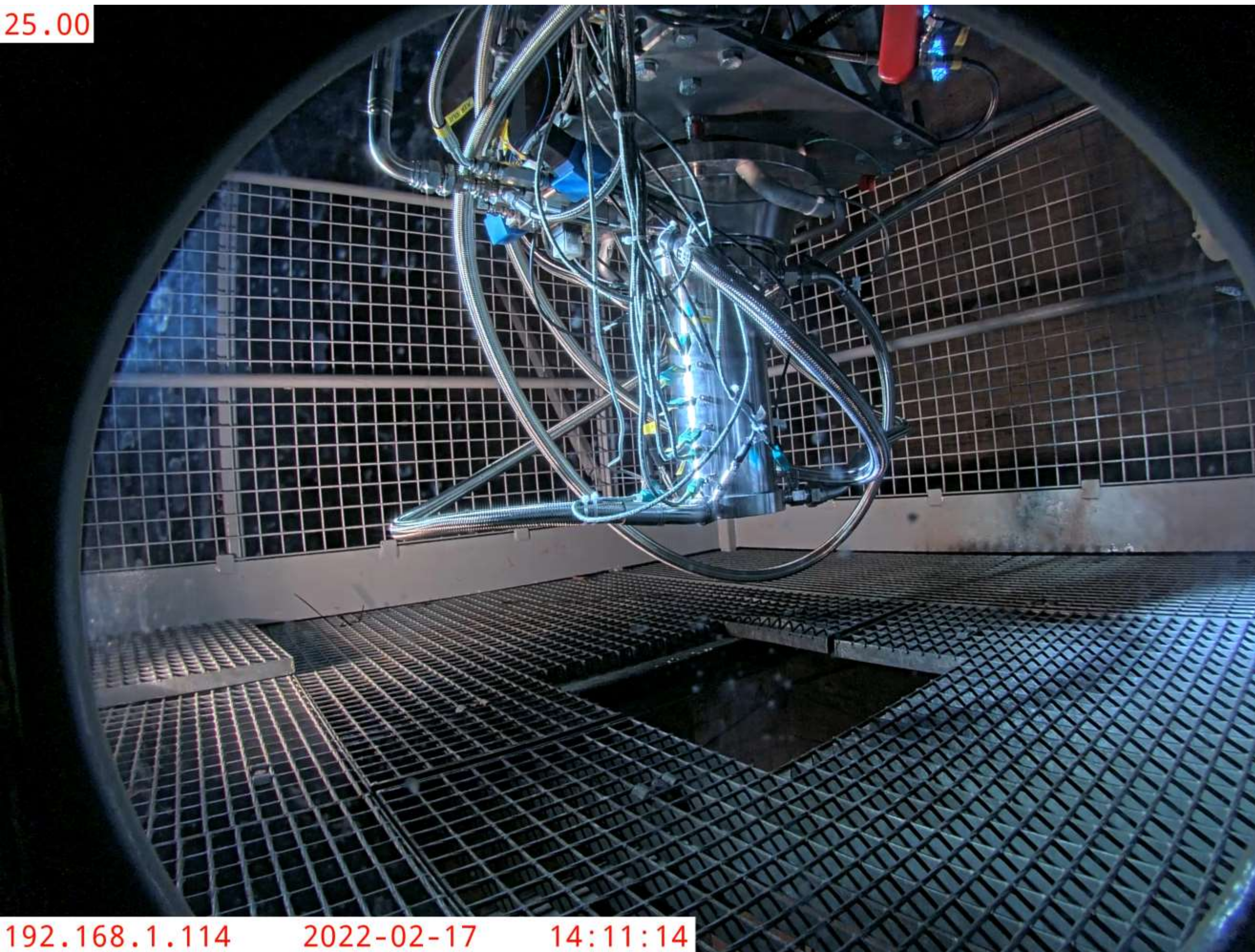
Łukasiewicz
Instytut Lotnictwa

NAPĘDY KOSMICZNE NA CIEKŁE MATERIAŁY PĘDNE

- SILNIKI SATELITARNE: KOREKCYJNE, DO ZMIAN ORBIT, DEORBITACYJNE, NAPĘDY LĄDOWNIKÓW
- TECHNOLOGIE SKALOWALNE DO MAŁYCH RAKIET
- WYKORZYSTANIE JEDNO- I DWU-SKŁADNIKOWYCH CIEKŁYCH EKOLOGICZNYCH MATERIAŁÓW PĘDNYCH



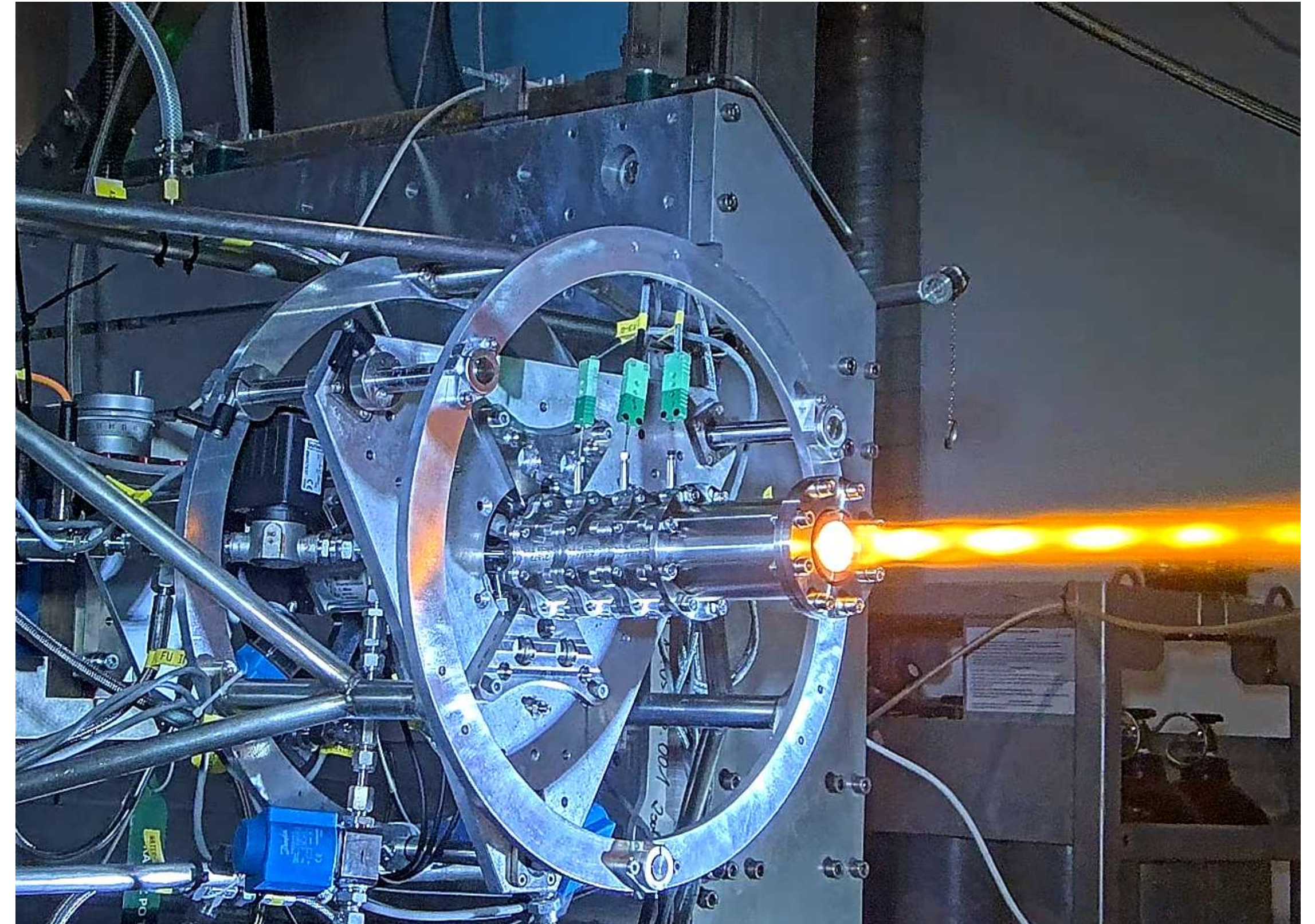
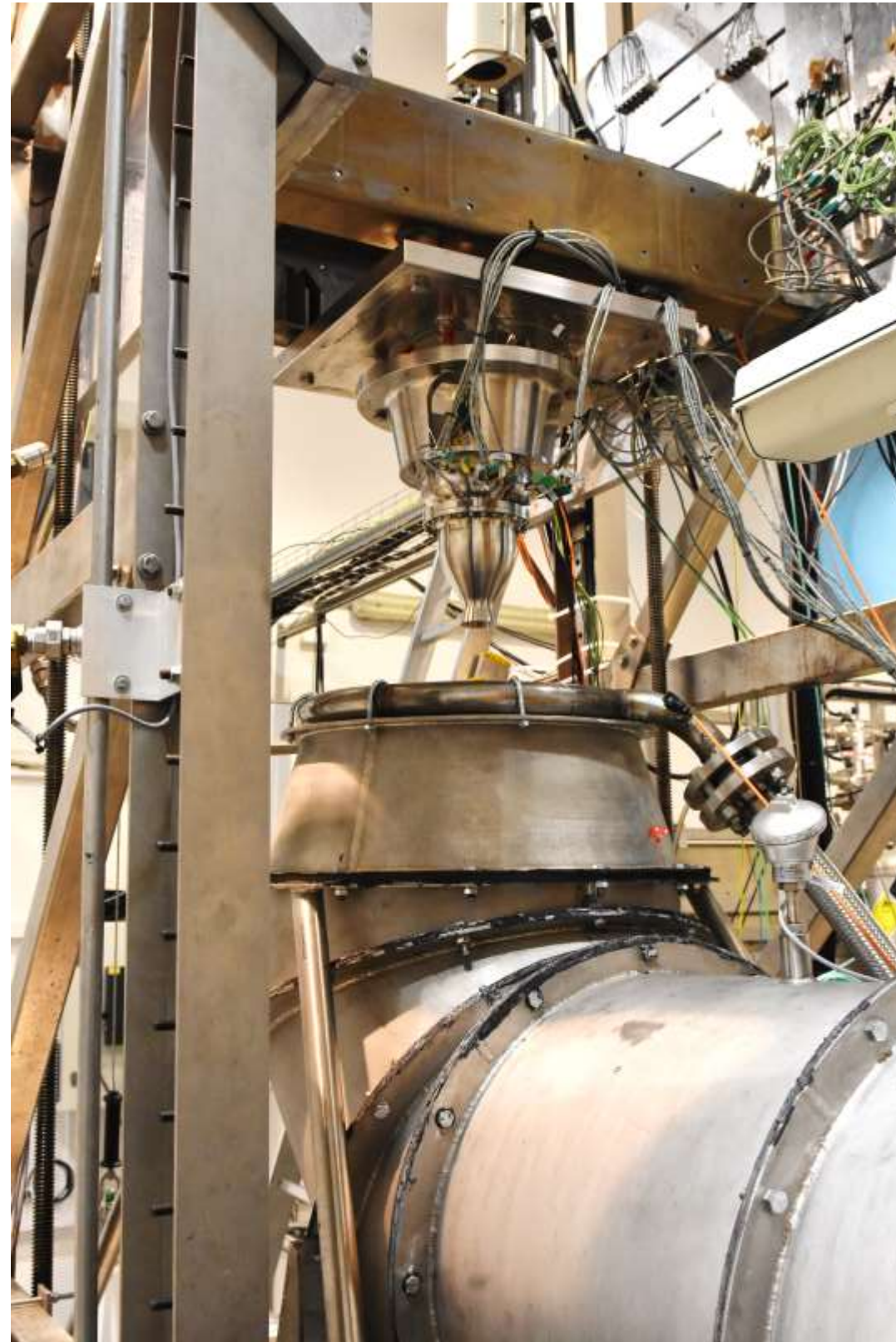
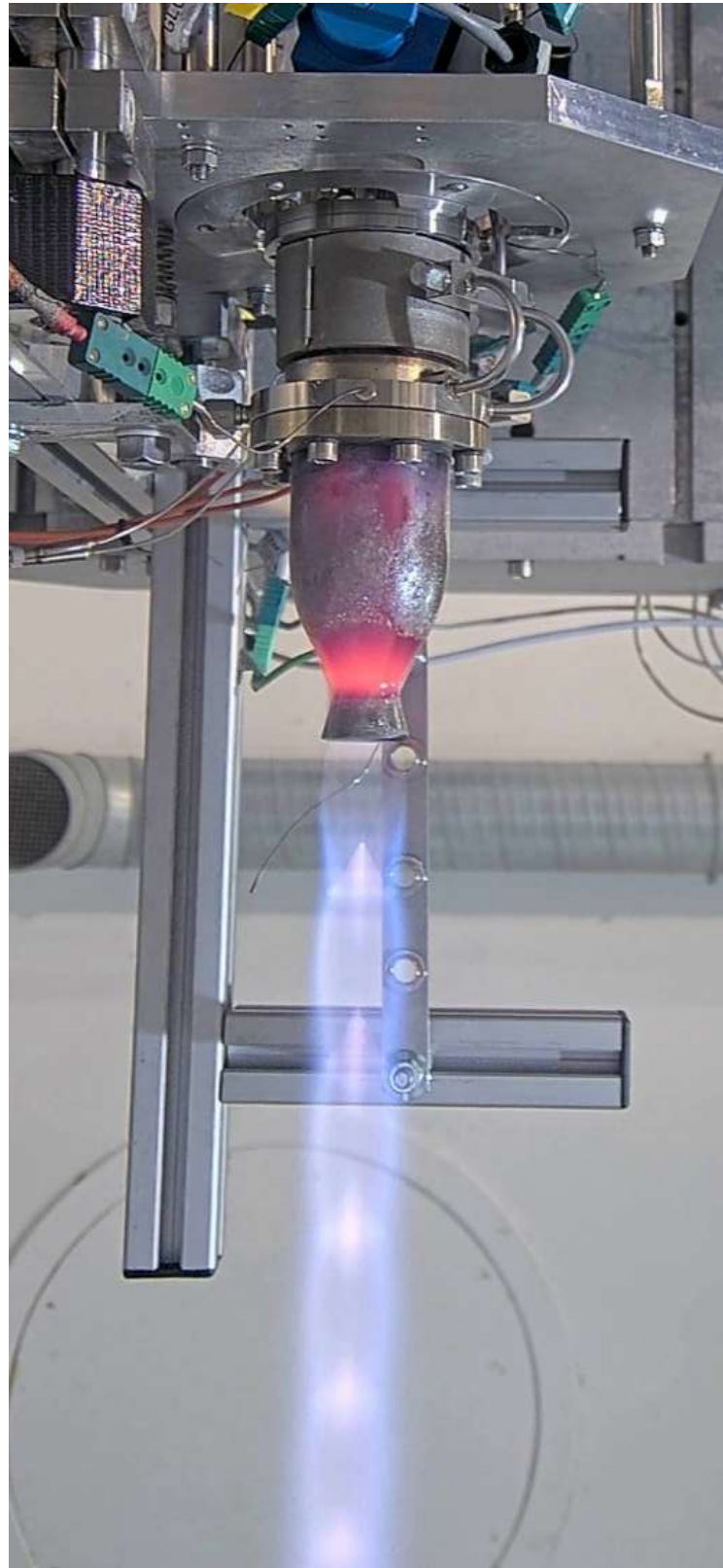
25.00



BR Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju w ramach umowy na wykonanie
i finansowanie projektu realizowanego na rzecz
obronności i bezpieczeństwa państwa w ramach konkursu
nr 8/2016

Unikalne zaplecze do testów napędów rakietowych w Ł-ILOT (3 HAMOWNIE SILNIKÓW RAKIETOWYCH DZIAŁAJĄCE JUŻ DZIŚ!)



TESTY NAPĘDÓW RAKIETOWYCH



NOWA INFRASTRUKTURA

dofinansowanie unijne
z Regionalnego Programu
Województwa Mazowieckiego
na lata 2014-2020



OBECNA INFRASTRUKTURA

I MIEJSCE W EUROPIE
NIDAYS CONFERENCE (2017)

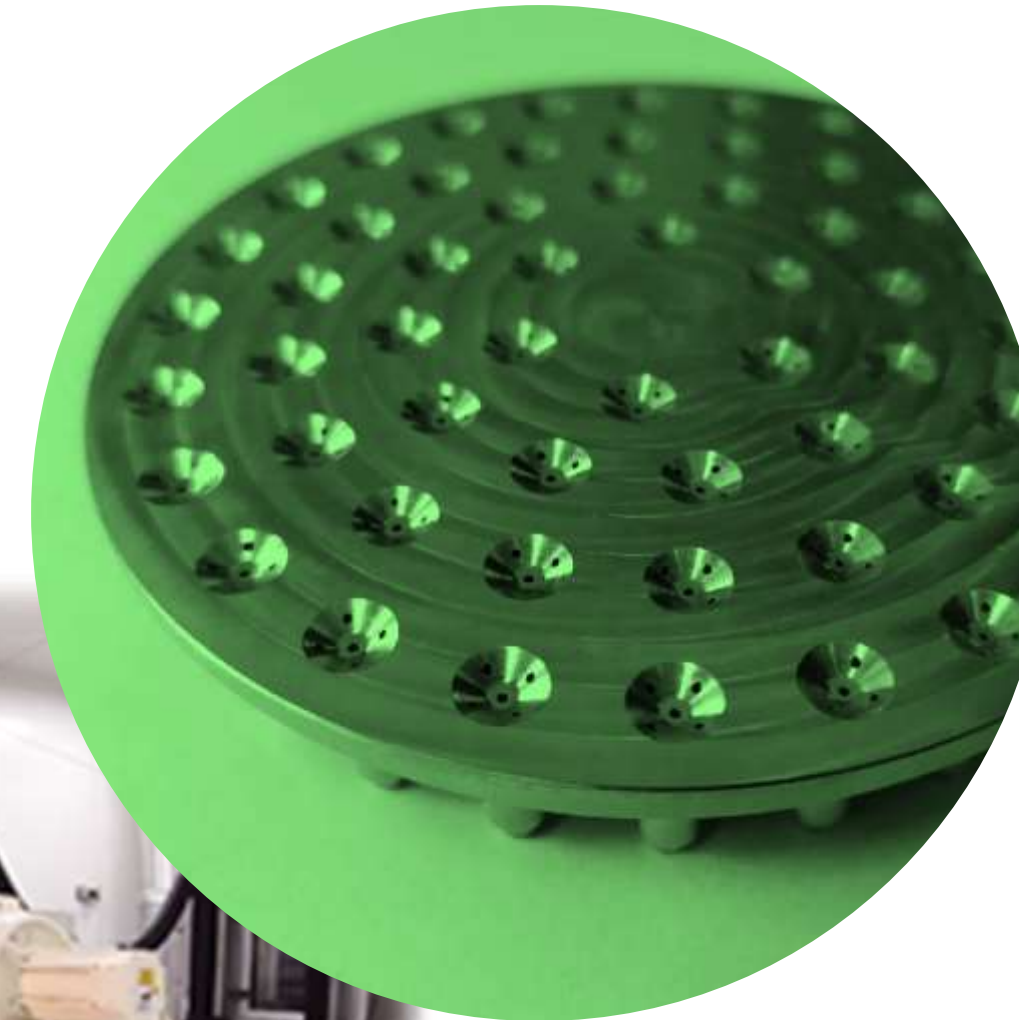
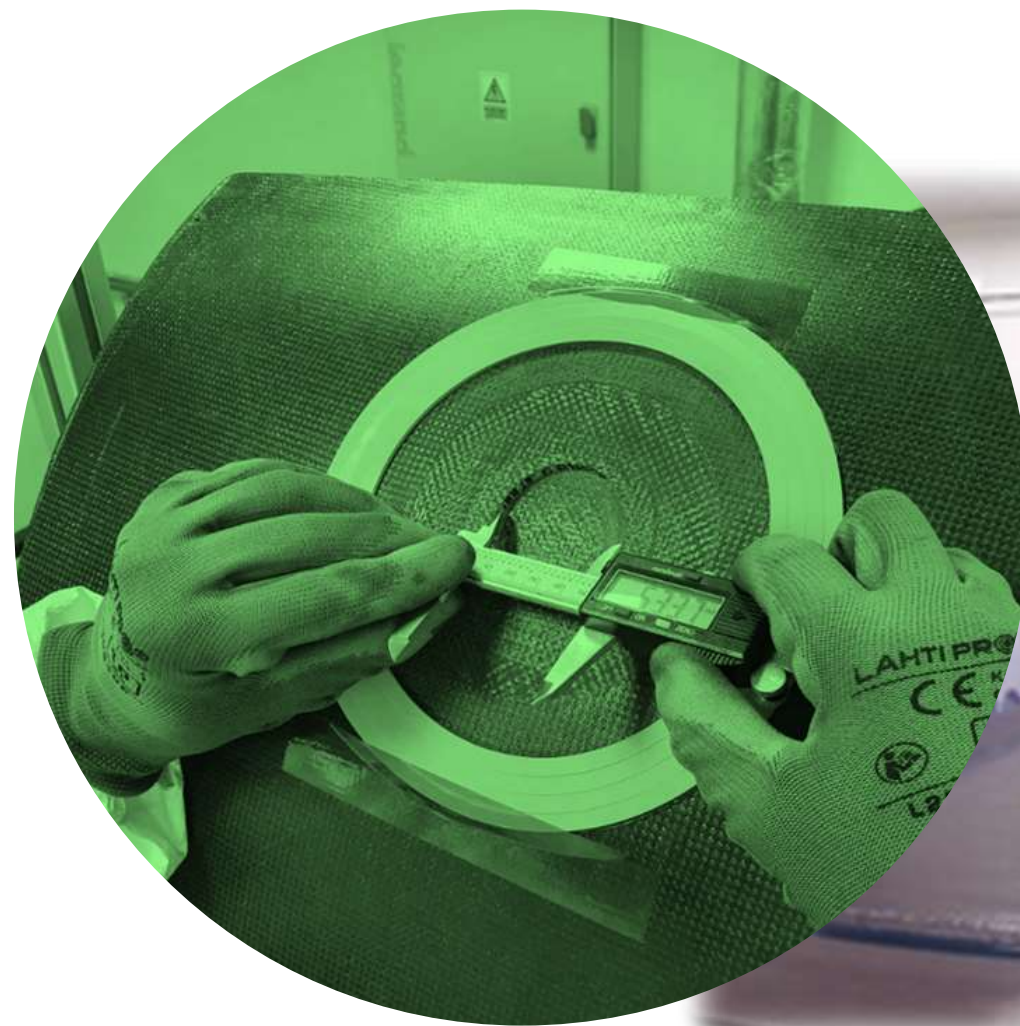


INTERDYSCYPLINARNOŚĆ

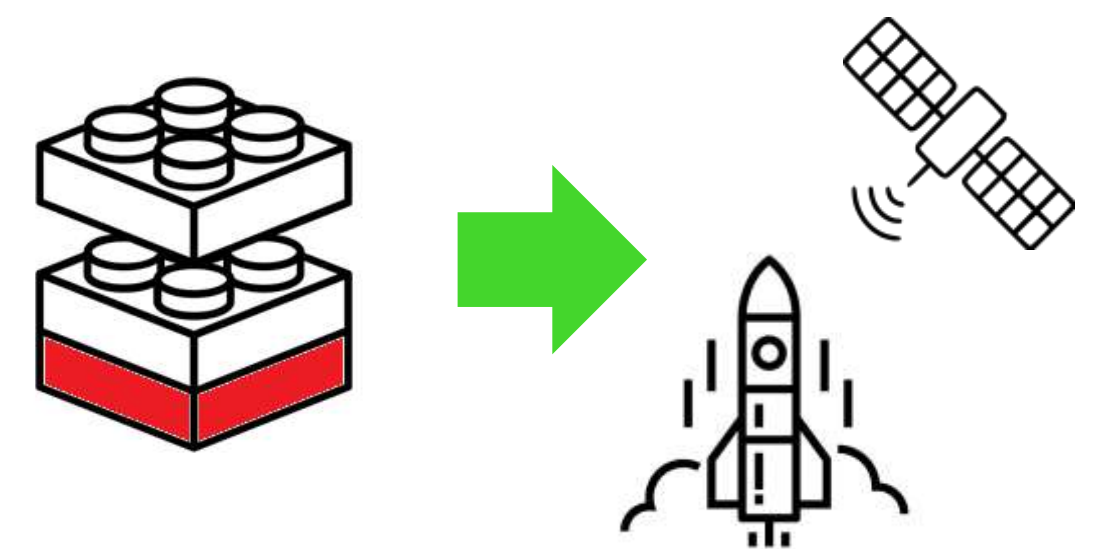


INNE OBSZARY ROZWOJU TECHNOLOGII KOSMICZNYCH

TECHNOLOGIE KOMPOZYTOWE



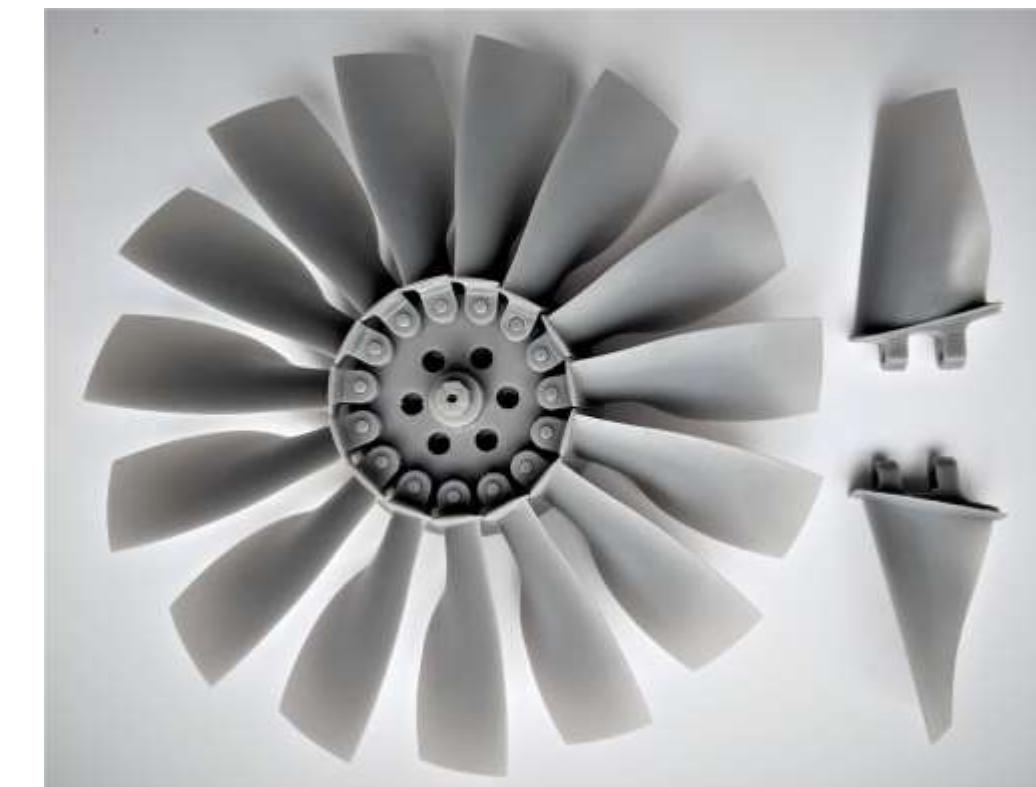
ZAAWANSOWANE TECHNOLOGIE WYTWARZANIA



TESTY MATERIAŁÓW I KOMPONENTÓW

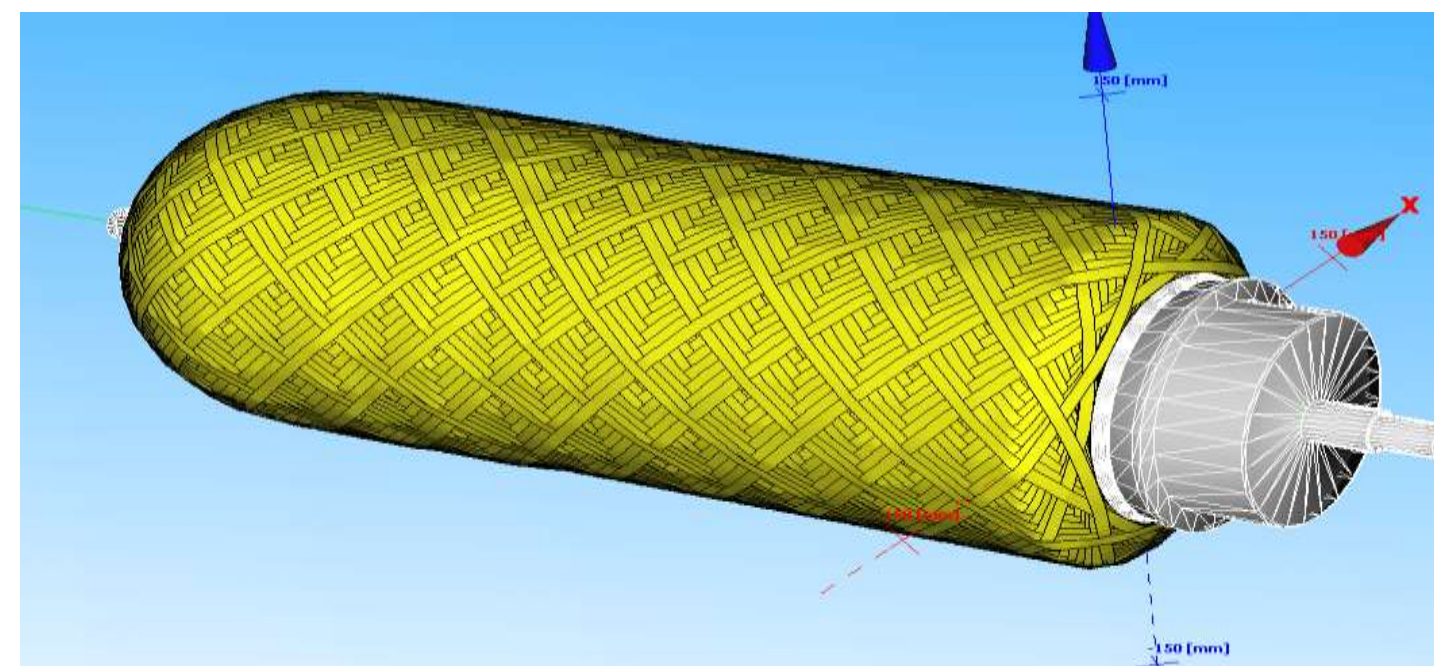
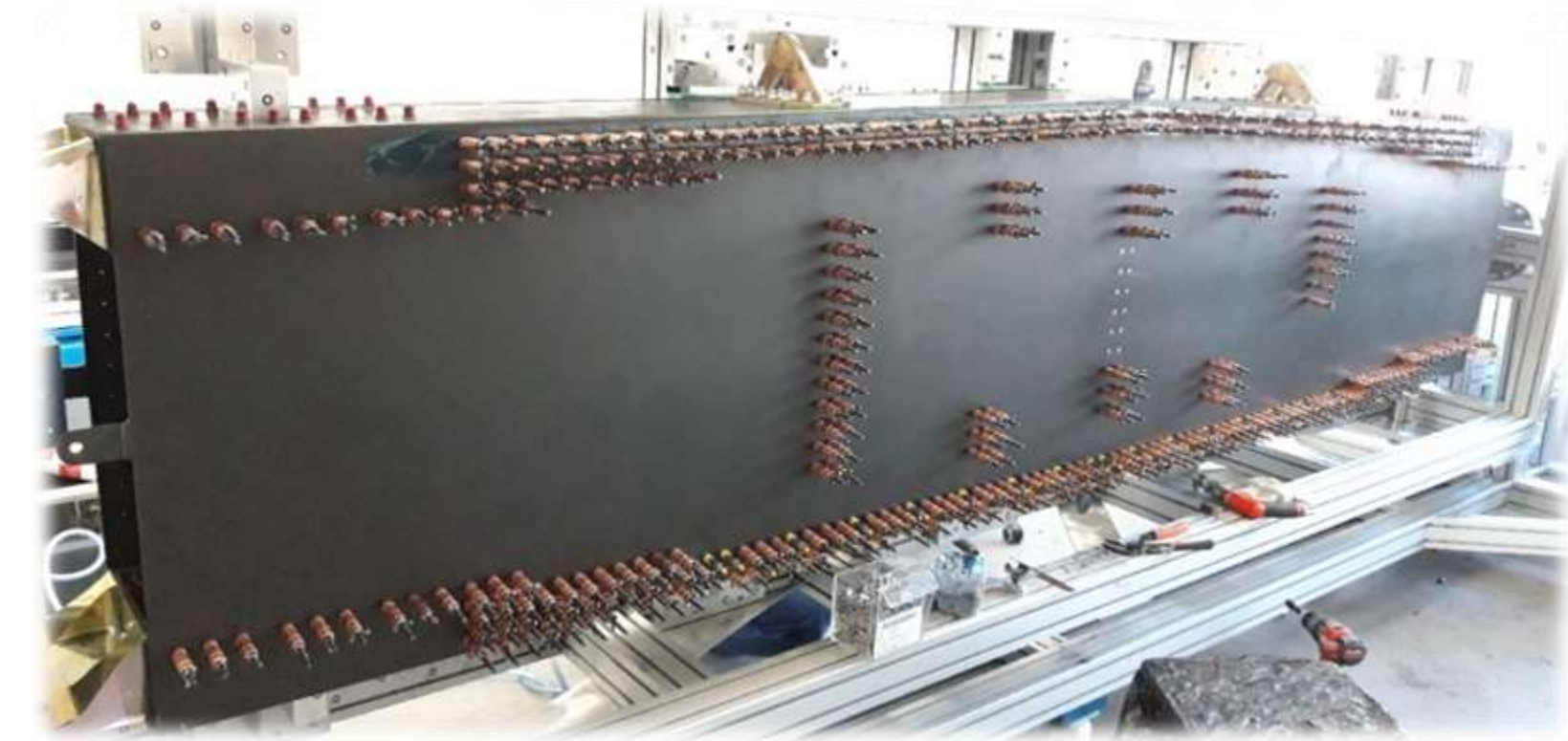
INNOWACYJNE TECHNOLOGIE WYTWARZANIA

- Technologia przyrostowa wytwarzania z metali i tworzyw
- Całościowe wytwarzanie wewnątrz Ł-ILOT
 - Modelowanie 3D i ciągła aktualizacja najlepszych praktyk projektowych dla wytwarzania przyrostowego
 - Optymalizacja parametrów procesu
 - Wysoka gęstość i dokładność wymiarowa
 - Obróbka termiczna
 - Obróbka CNC po wydruku (3x & 5x osiowa)
 - Kontrola jakości
 - Testy materiałów (NDT, XCT, SEM)
 - Testy wytrzymałościowe (statyczne, dynamiczne, zmęczeniowe, XRD, zniekształceń)
 - Kontrola geometrii (CMM, skan 3D)



STRUKTURY KOMPOZYTOWE

- Możliwości dotyczące B+R i wytwarzania struktur raketowych (silniki raketowe, zbiorniki ciśnieniowe, struktura nośna, powierzchnie sterowe itd.)
- Testowanie i wspierające czynności obsługowe
- Przeprowadzanie testów materiałów, włącznie z badaniami nieniszczącymi
- Projektowanie struktur kompozytowych i analizy wytrzymałości
- Rozwój technologii wytwarzania
- Technologie termoplastyczne
- Zautomatyzowane nawijanie kompozytów
- Kontrola jakości
- Opracowywanie napraw

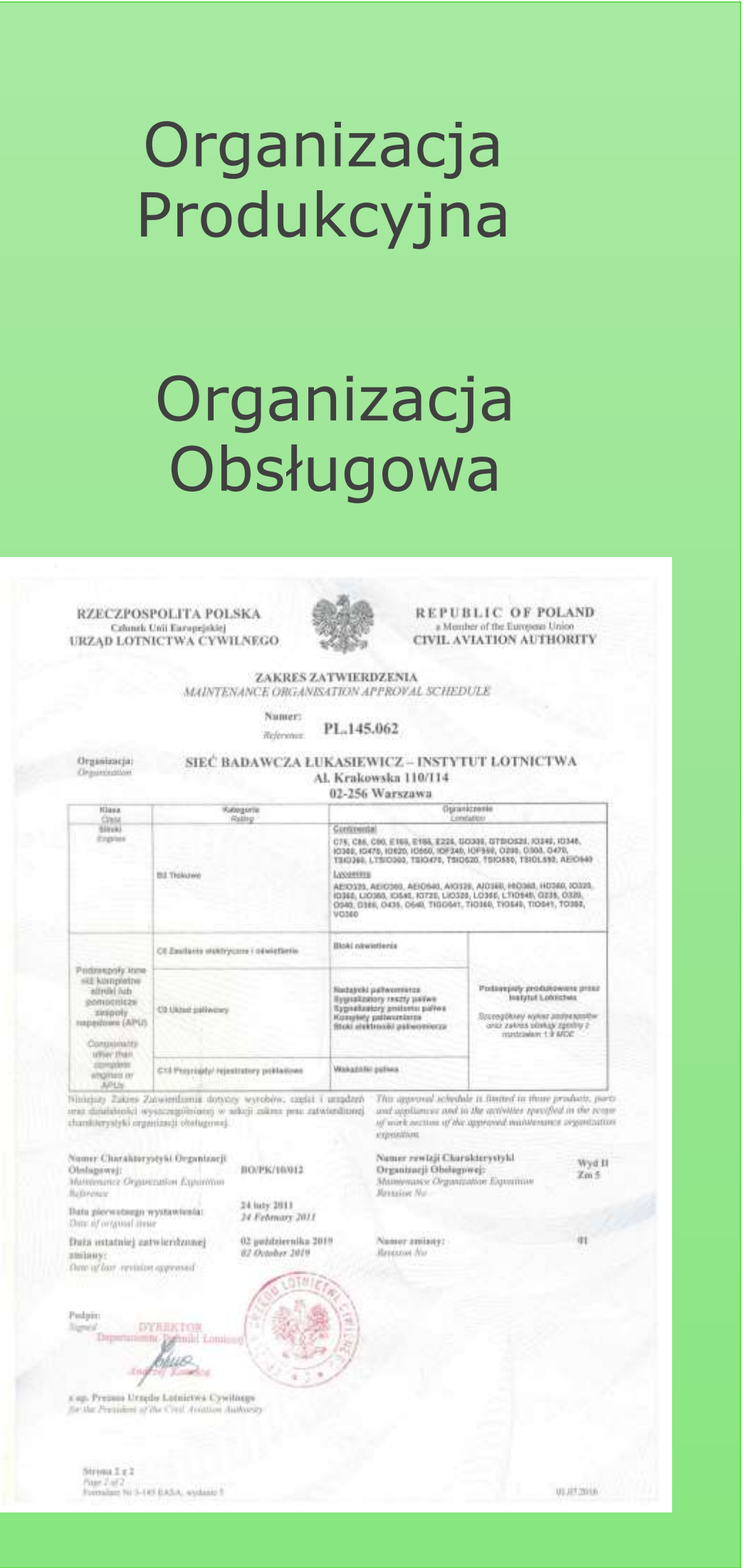


AWIONIKA I STEROWANIE

(m.in. DLA RAKIET)



- B+R:**
- Komputerów pokładowe
 - Stacje naziemne
 - Autopiloty
 - Systemy stabilizacji
 - Radiowysokościomierze
 - Paliwomierze



BADANIA ŚRODOWISKOWE

POLSKIE CENTRUM TESTOWANIA MAŁYCH SATELITÓW

- **TVAC** (ang. Thermal Vacuum chamber) – 3.5 m³
- **Wytrząsarki** (drgania sinusoidalne i losowe w połączeniu z wilgotnością, temperaturą, możliwość badań w mobilnym cleanroom'ie ISO 7, badania uderowe)
- **Komory klimatyczne** (szeroki zakres temperatur, gradienty temperatury, cykle termiczne, wilgotność)
- **Termobarokomora** (temperatura i ciśnienie, dekompresja)
- **Komora solna** (badanie odporności na korozję w różnych temperaturach i wilgotnościach)
- Inne: **komora słoneczna**, **komora pyłowa**, komora deszczowa, badanie odporności na osady kondensacyjne (szron i rosa)



Standard **DO-160**
(ang. Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment)

POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI
POLISH CENTRE FOR ACCREDITATION



Sygnatariusz EA MLA
EA MLA Signatory

CERTYFIKAT AKREDYTACJI LABORATORIUM BADAWCZEGO ACCREDITATION CERTIFICATE OF TESTING LABORATORY Nr AB 132

Potwierdza się, że: / This is to confirm that:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ -
INSTYTUT LOTNICTWA**
LABORATORIUM BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH
Aleja Krakowska 110/114
02-256 Warszawa

spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02
meets requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard

Akredytowana działalność jest określona w Zakresie Akredytacji Nr AB 132
Accredited activity is defined in the Scope of Accreditation No AB 132

Akredytacja pozostaje w mocy pod warunkiem przestrzegania
wymagań jednostki akredytującej określonych w kontrakcie Nr AB 132
This accreditation remains in force provided the Laboratory observes
the requirements of Accreditation Body defined in the Contract No AB 132

Akredytacji udzielono dnia 22.10.1997 r.
Accreditation was granted on 22.10.1997



DYREKTOR
POLSKIEGO CENTRUM AKREDYTACJI
Lucyna Olborska
LUCYNA OLBORSKA

Warszawa, 18 lutego 2020



Wnioski

P L S A

2 projekty



2 projekty



25 projektów



6 projektów



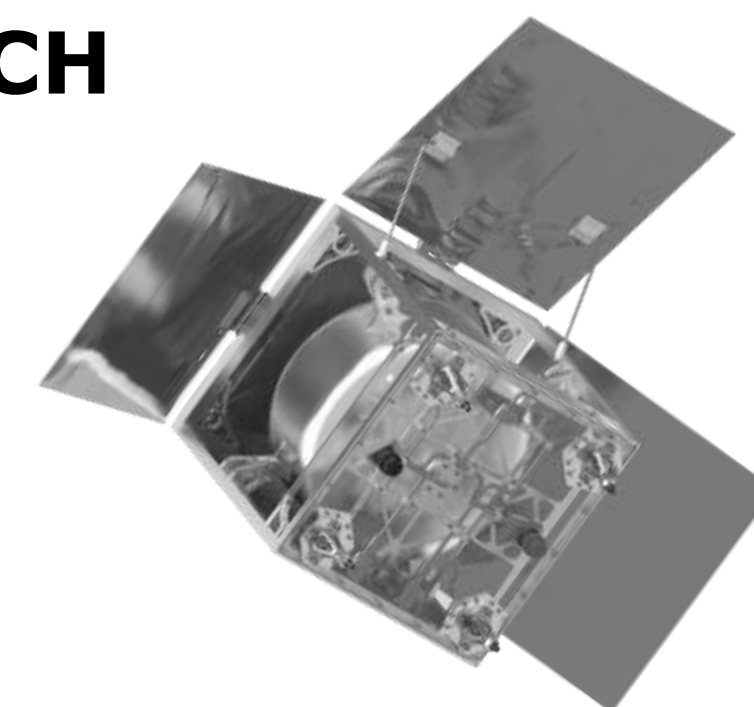
6 projektów

PROGRAM BURSZTYN MA NA **CELU ROZWINIĘCIE KOMPETENCJI W ZAKRESIE RAKIET SUBORBITALNYCH NOWEJ GENERACJI**, A SAMA KONSTRUKCJA ILR-33 BURSZTYN 2K STANOWI EFEKTYWNĄ **PLATFORMĘ TECHNOLOGICZNĄ DO REALIZACJI TESTÓW W LOCIE**

KLUCZEM ZAPEWNIENIA DALSZEGO ROZWOJU JEST ROZBUDOWA POTENCJAŁU BADAWCZEGO ŁUKASIEWICZ - ILOT POPRZECZ INWESTYCJE W ZAPLECZE I **POZYSKIWANIE PARTNERÓW PRZEMYSŁOWYCH W KRAJU I ZAGRANICĄ**

INSTYTUT JEST OTWARTY NA WSPÓŁPRACĘ POD KĄTEM **WYNOSZENIA EKSPERYMENTÓW**, JAK I **ROZWOJU TECHNOLOGII RAKIETOWYCH**

EFEKTEM PRAC JEST POZYSKANIE **SZEREGU PROJEKTÓW ZEWNĘTRZNYCH**, W TYM MIĘDZYNARODOWYCH, W PROGRAMACH OBRONNOŚCIOWYCH I DOTYCZĄCYCH TECHNOLOGII KOSMICZNYCH





AL. KRAKOWSKA 110/114, 02-256 WARSZAWA, POLAND

+48 22 846 00 11 | ILOT@ILOT.EDU.PL | WWW.ILOT.EDU.PL

