

Autorzy:

Franciszek Rudzki

Michał Czechowski

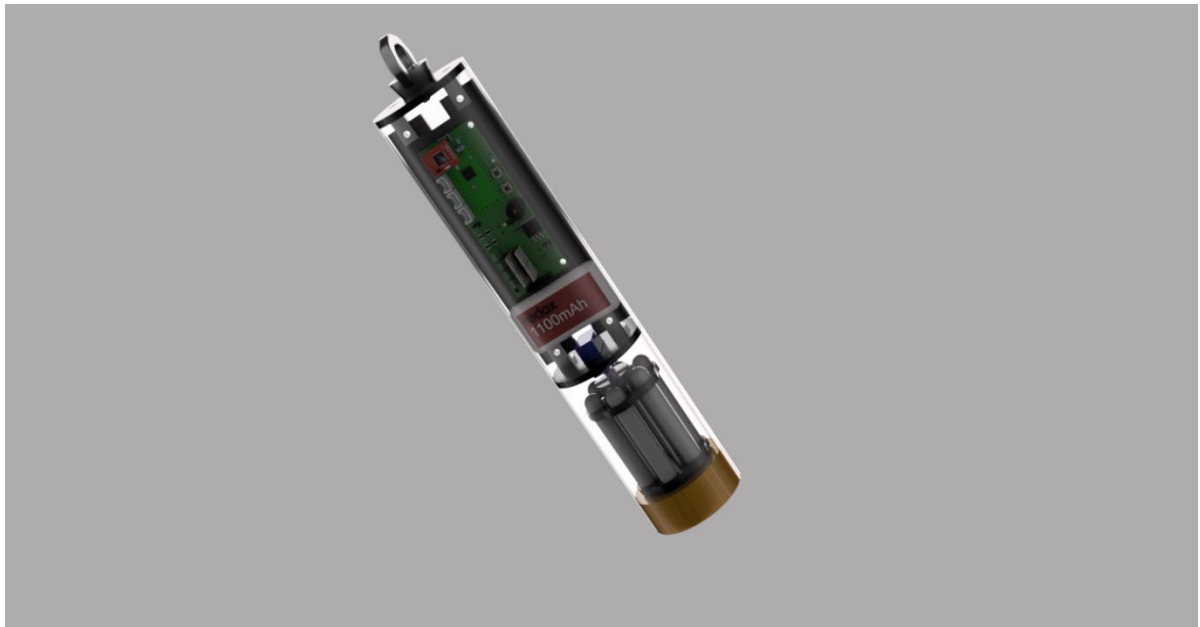
Seweryn Pacer

Opieka merytoryczna:

Barbara Popek

Bożena Surma

Microbiological Rocket Sonde



Spis treści:

1. Opis i założenia projektowe
2. Rakieta nośna
 - 2.1. Poszczególne sekcje rakiety
 - 2.1.1. Sekcja silnikowa
 - 2.1.2. Sekcja awioniki
 - 2.1.3. Sekcja ładunkowa
 - 2.1.4. Sekcja spadochronowa
 - 2.2. Napęd rakiety
 - 2.3. Symulacje lotu
3. Sonda raketowa
 - 3.1. Sekcja czujników
 - 3.2. System zbierania próbek
4. Przebieg lotu
5. Badania mikrobiologiczne
 - 5.1. Przygotowanie podłoża pod hodowlę drobnoustrojów i hodowla drobnoustrojów.
 - 5.2. Przygotowanie podłoża pod hodowlę drobnoustrojów i hodowla drobnoustrojów.
6. Opracowanie wyników
7. Bibliografia

1. Opis i założenia projektowe

Projekt polega na stworzeniu zaawansowanej ale zarazem taniej w produkcji i eksploatacji platformy pomiarowo-badawczej, opartej na rakiecie nośnej oraz sondzie raketowej.

Zakres badań obejmuje:

- pomiary czujnikami pokładowymi sondy stężenia gazów: wodoru, tlenku węgla, CO₂, VOC, gazów łatwopalnych oraz stężenie cząstek stałych PM₁₀, PM_{2.5}, a także temperatury, wilgotności i ciśnienia;
- zbieranie próbek mikroorganizmów zawieszonych w powietrzu poprzez szkiełka nakrywkowe, na które została nawinięta taśma dwustronna.

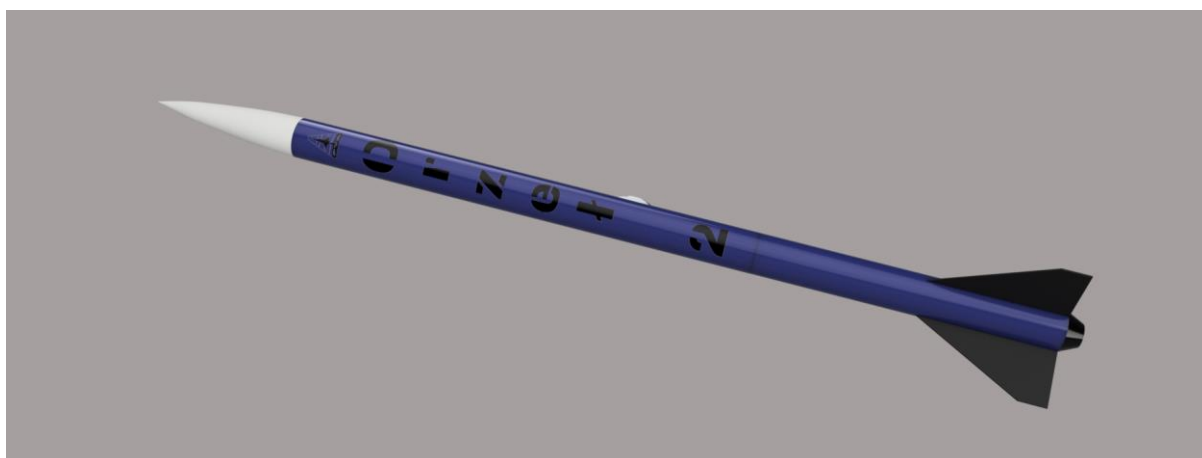
Opracowane wyniki pomiarów czujnikami pokładowymi sondy zostaną umieszczone automatycznie po locie na ogólnodostępnej stronie internetowej z rozbudowanymi wykresami oraz Mapą Atmosfery opisane w części 6.

2. Rakieta nośna

Rakieta nośna jest konstrukcją jednostopniową, dwuczłonową, zdolną osiągnąć maksymalny pułap lotu do 2000 m przy niewielkich przeciążeniach rzędu 13 g i prędkości około 0,7 Ma. Elementy rakiety nośnej są wykonane z materiałów kompozytowych, drewnianych, a także w technologii druku FDM. Napęd stanowi komercyjny silnik hybrydowy, a odzysk podwójny wyrzut spadochronu.

Ogólne parametry:

- Długość: 240 cm
- Średnica: 10,4 cm
- Sucha masa rakiety: 3,6 kg
- Masa zatankowanej rakiety: 4,9 kg
- Maksymalny pułap lotu: 1700 m / 2000 m (przy wymianie zbiornika utleniacza)
- Maksymalna prędkość: 227 m/s (Mach 0,67)
- Maksymalne przeciążenia: 123 m/s² (~ 12,5 g)
- Stabilność: 1,9 kalibra



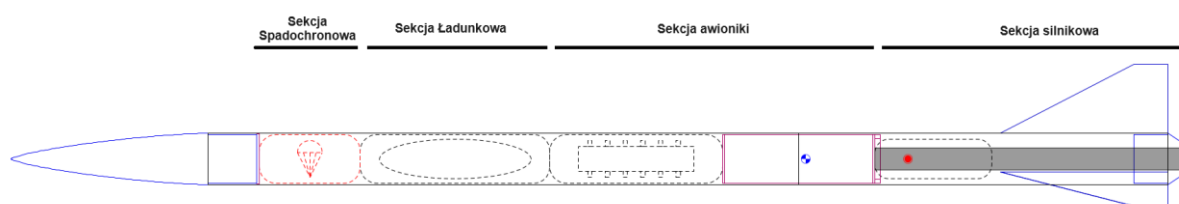
Rys. 1. Fotografia modelu rakiety.

2.1 Poszczególne sekcje rakiety

Jak wyżej wspomniano, rakietę jest dwuczłonową, poprzez oddzielającą się głowicę i wyrzut podwójnego systemu odzysku.

Taka konfiguracja determinuje układ głównych sekcji rakiety:

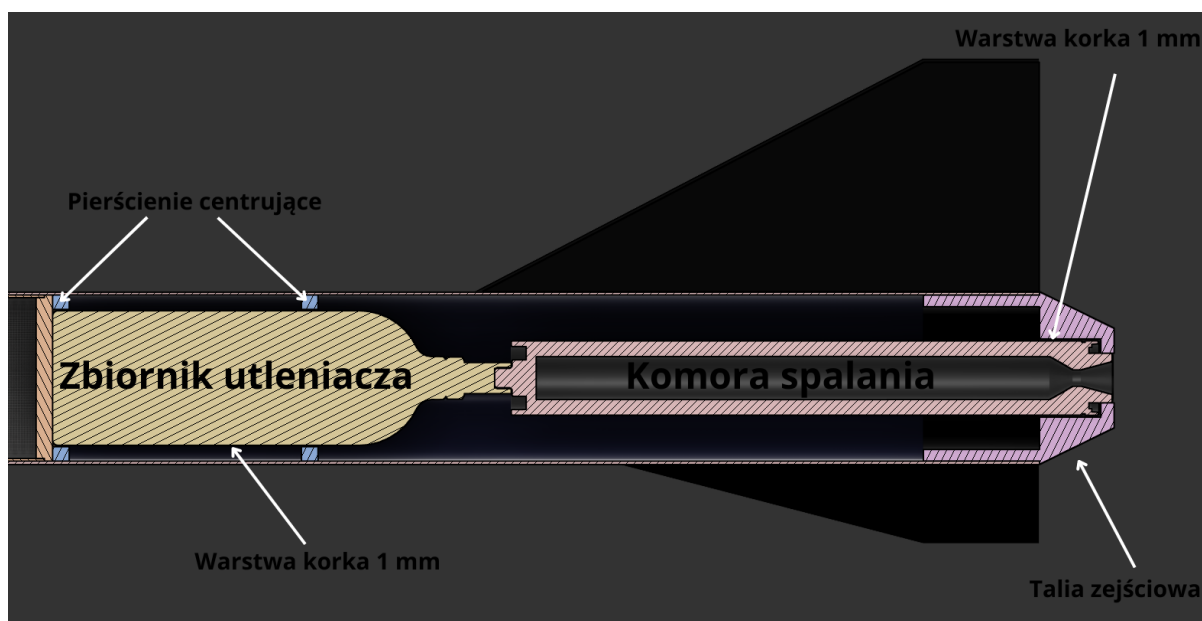
- sekcja silnikowa,
- sekcja awioniki,
- sekcja ładunkowa,
- sekcja spadochronowa.



Rys. 2. Schemat ułożenia poszczególnych sekcji rakiety.

2.1.1 Sekcja silnikowa

Sekcja spalinowa rakiety jest w całości odizolowana termicznie od korpusu przez zastosowanie maty korkowej oddzielającej korpus rakiety od chłodnego zbiornika silnika hybrydowego i gorącej komory spalania. Przełożenie siły ciągu rakiety odbywa się przez koniec zbiornika utleniacza, dzięki temu jedyne mocowanie jakiego wymaga silnik w rakiecie to drewniane pierścienie centrujące oraz aerodynamiczna talia zejściowa, wydrukowana z nylonu z dodatkiem włókna węglowego czyli filamentu PA12CF15.

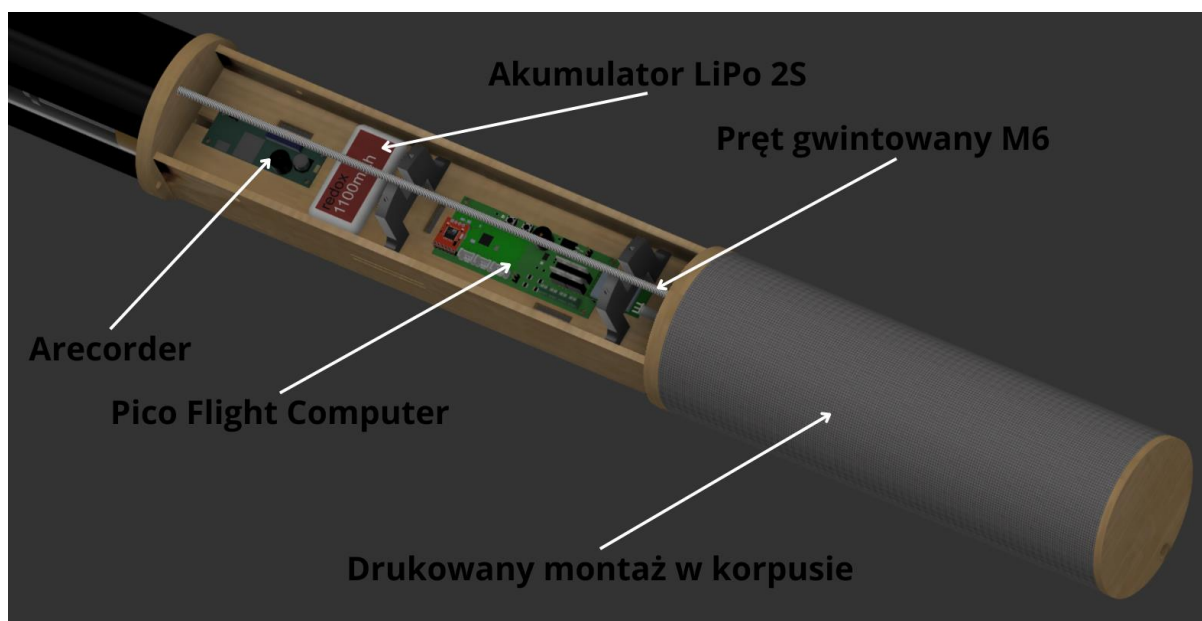


Rys. 3. Schemat sekcji spalinowej.

2.1.2 Sekcja awioniki

Sekcja awioniki dzieli się na dwie części: właściwy segment elektroniczny, w którym znajdują się komputery pokładowe rakiety oraz przedział antenowy. Dodatkowo przez przedział antenowy przechodzą łączniki dwóch części korpusu rakiety i struktury wewnętrznej, wydrukowany z filamentu nylonowego.

Dzięki śrubom ułożonym promieniowo do osi segmentu antenowego, możliwy jest jego montaż w korpusie. Sekcja awioniki została wykonana ze sklejk o grubości 5 mm, pozwalającej na zamontowanie komputerów pokładowych i rozbudowę w przyszłości o dodatkowe układy elektroniczne dzięki modułowej konstrukcji przedziału.

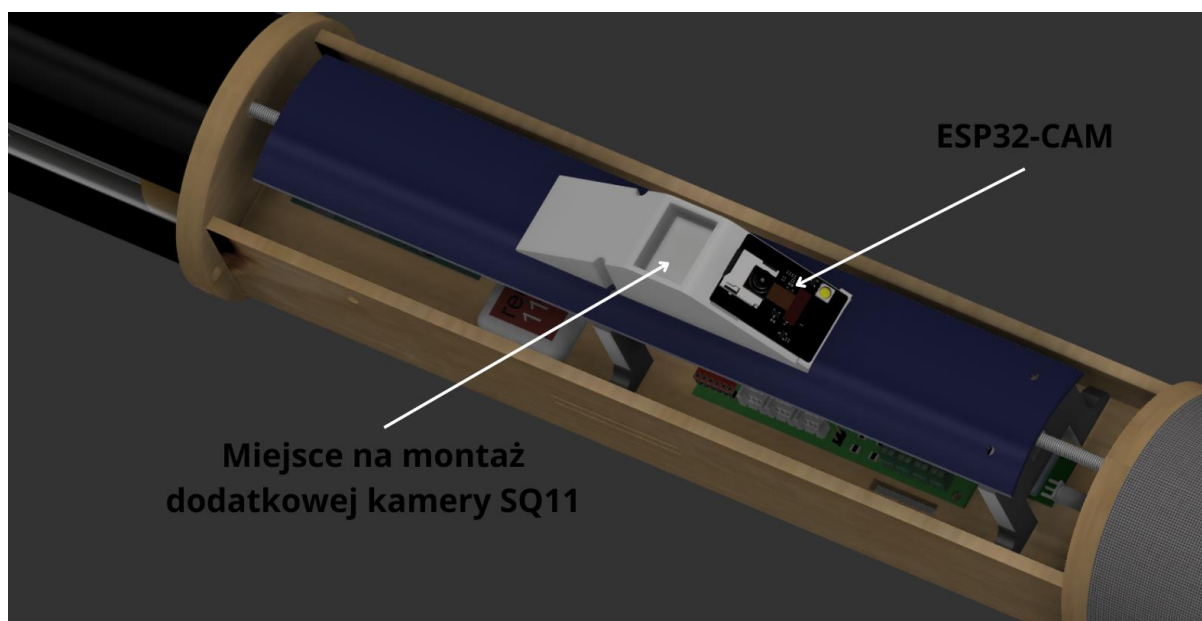


Rys. 4. Schemat sekcji awioniki wraz z podzespołami.

W tym miejscu zamontowano trzy komputery:

- Pico Flight Computer - główny układ dokonujący pomiarów pozycji rakiety dzięki GPS i układom inercyjnym IMU, przyspieszenia, prędkości oraz wysokości lotu, wysyła te dane w czasie rzeczywistym na Ziemię. Jest też głównym układem aktywującym system odzysku spadochronowego oraz wyrzut sondy.
- Arecorder - dodatkowy układ pomiarowy mierzący przyspieszenia oraz prędkości i wysokości lotu dzięki układom IMU i barometrom, dodatkowo pozwala na aktywację odzysku spadochronowego, co pozwala na redundancję tego systemu.
- Tracker (niewidoczny, znajduje się po drugiej stronie przedziału elektronicznego) - wysyła pozycję GPS na Ziemię w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybkie znalezienie rakiety po locie.

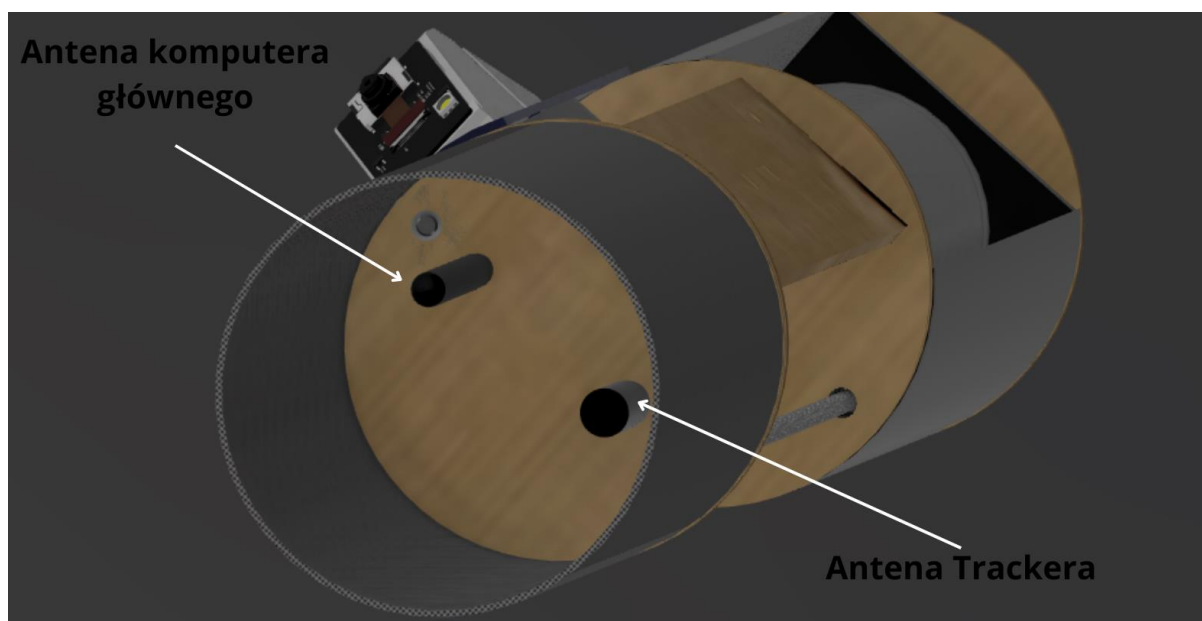
Dodatkowo w korpusie na wysokości sekcji awioniki znajduje się zakręcana klapa, na której umieszczono kamerę ESP32-CAM nachyloną pod kątem 25° w dół od pionu, dzięki temu możliwe jest nagranie całego lotu z perspektywy widoku w dół rakiety. Istnieje możliwość umieszczenia jeszcze jednej kamery SQ11 z widokiem poziomym w bok rakiety.



Rys. 5. Schemat sekcji awioniki – moduł z kamerą.

W części antenowej znajdują się dwie anteny: komputera głównego (Pico Flight Computer) oraz Trackera. Obydwa urządzenia nadają ramki zawierające lokalizację rakiety oraz aktualne parametry lotu.

Dzięki zastosowaniu modulacji LoRa możliwe jest nadawanie na tej samej częstotliwości na paśmie 70 cm (433 MHz) bez wzajemnego zakłócania się nawzajem. Zastosowanie osobnych akumulatorów pozwala na osiągnięcie jeszcze większej redundancji.

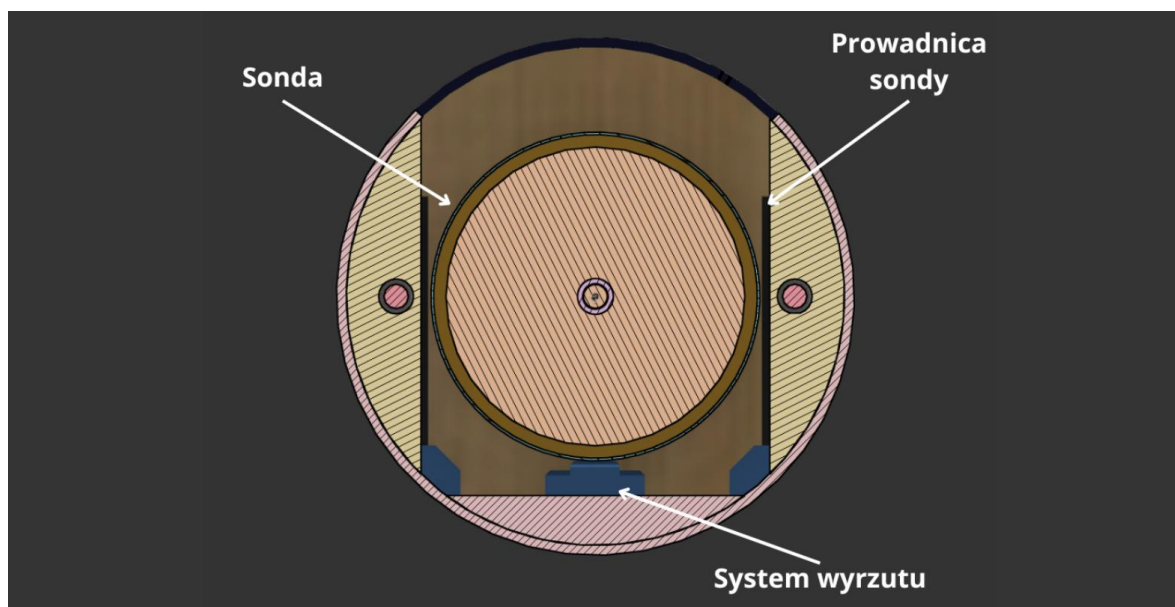


Rys. 6. Schemat sekcji awioniki - moduł antenowy.

W środku segmentu antenowego istnieje możliwość rozbudowy przedziału o dodatkowe moduły elektroniczne i czujniki bądź kamery.

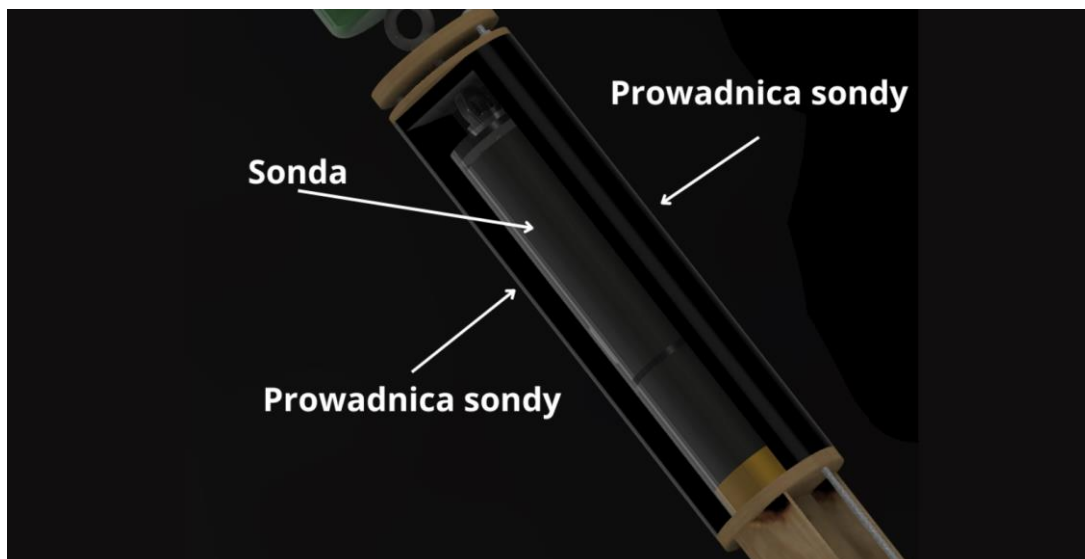
2.1.3 Sekcja ładunkowa

W tym miejscu znajduje się sonda oraz system wyrzutu, oparty na mechanizmie sprężynowym aktywowanym serwowmotorem. Zabezpieczenie przed ruchem sondy w przedziale ładunkowym zapewnia elektromagnes podtrzymujący sondę w stałej pozycji.



Rys. 7. Schemat sekcji ładunkowej – przekrój.

Zabezpieczenie przed wypadnięciem sondy podczas lotu stanowi folia PVC, wypadająca razem z sondą przy wyrzucie. Folia jest w jednym punkcie przyczepiona na stałe do rakiety, dlatego można ją użyć wielokrotnie. Działanie systemu jest kontrolowane poprzez sprzężenie zwrotne w postaci odbiciowego sensora optycznego.



Rys. 8. Schemat sekcji ładunkowej – widok z boku.

2.1.4 Sekcja spadochronowa oraz głowica

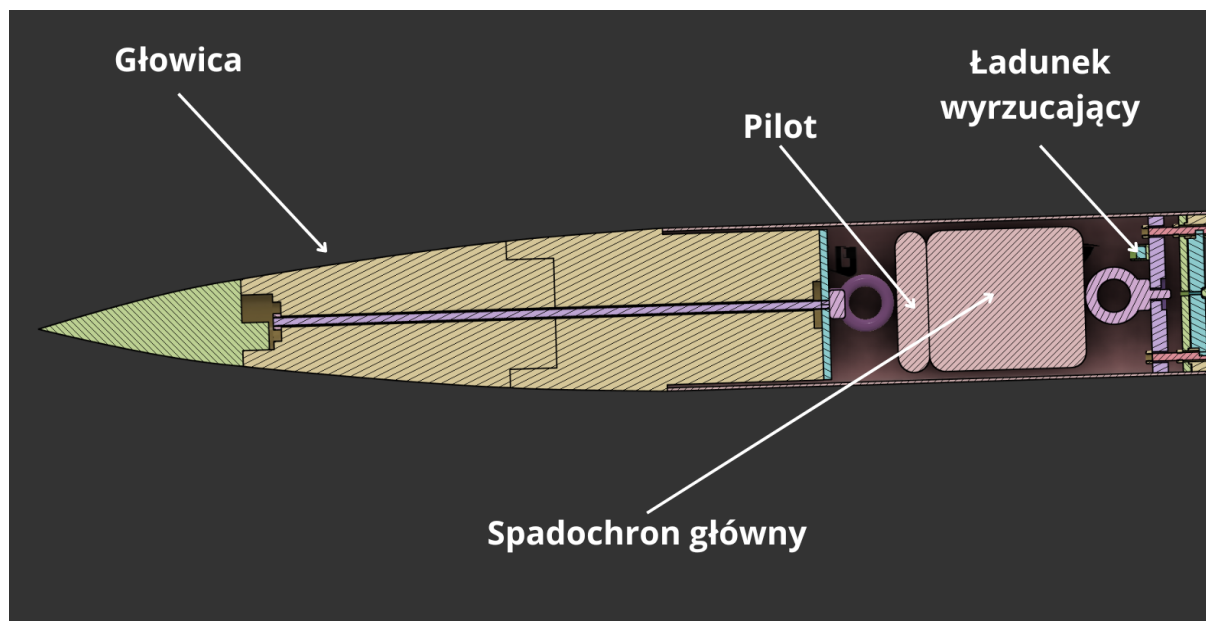
Ta sekcja składa się z trzech głównych elementów:

- pirotechnicznego systemu wyrzutu spadochronów,
- spadochronu pilota,
- spadochronu głównego.

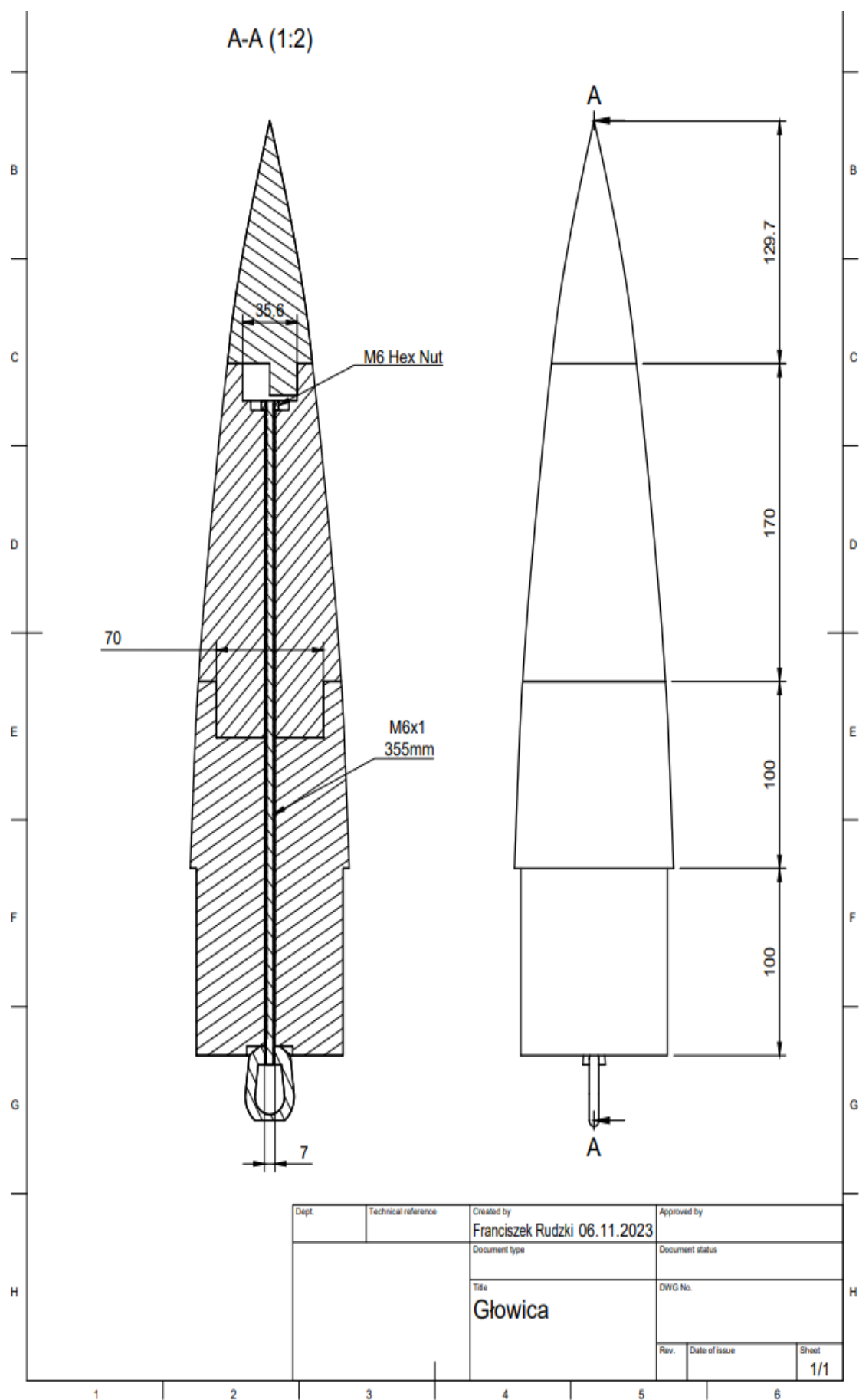
Konstrukcja systemu odzysku jest dwustopniowa, poprzez zastosowanie spadochronu pilota oraz spadochronu głównego. W apogeum lotu następuje wyrzucenie obydwu spadochronów, natomiast tylko pilot rozkłada się w tym momencie i pozwala wyhamować rakietę do prędkości 25 m/s, spadochron główny pozostaje zwinięty i zabezpieczony linką kevlarową. Podczas spadku, na wysokości 200m, następuje przecięcie linki kevlarowej przez Cutter - przecinak linowy - oraz uwolnienie spadochronu głównego. Prędkość przyziemienia po otwarciu spadochronu głównego wynosi około 8 m/s, co pozwala na bezpieczne lądowanie konstrukcji. Taki system niweluje wpływ wiatru na tor spadku rakiety oraz przyspiesza odnalezienie rakiety po lądowaniu w celu zabezpieczenia próbek.

Warto zaznaczyć, że ładunek wyrzucający system odzysku jest komercyjną watą błyskową, dlatego nie ma potrzeby zakupu specjalistycznych materiałów pirotechnicznych. Wata błyskowa nie

pozostawia po sobie praktycznie żadnych oparów, dlatego nie wpływa na odczyty sondy.



Rys. 9. Schemat sekcji spadochronowej i głowicy.



Niska temperatura zapłonu waty błyskowej oraz błyskawiczny czas spalania powodują że system wyrzutu nie wymaga specjalnych przekładek zabezpieczających spadochrony przed temperaturą gazów.

Zarówno spadochron pilot jak i spadochron główny wykonano z tkaniny nylon rip-stop. Pilot o średnicy 35cm jest prostym spadochronem typu parasheet o współczynniku oporu Cd 0,75. Spadochron główny posiada czaszę, zapewniającą współczynnik oporu Cd 1,25. Spadochron ma średnicę 90cm, oraz posiada otwór wylotu powietrza o średnicy 10cm, zapobiegający rotacjom spadochronu, a w efekcie skręcania linek.

Głowica została wykonana z trzech wydruków z filamentu PLA, połączonych żywicą epoksydową oraz skręconych razem prętem stalowym M6 o długości 355mm, dzięki czemu rozkład sił jest równomierny w całej objętości głowicy. Powierzchnię zewnętrzną poddano szpachlowaniu oraz lakierowaniu.

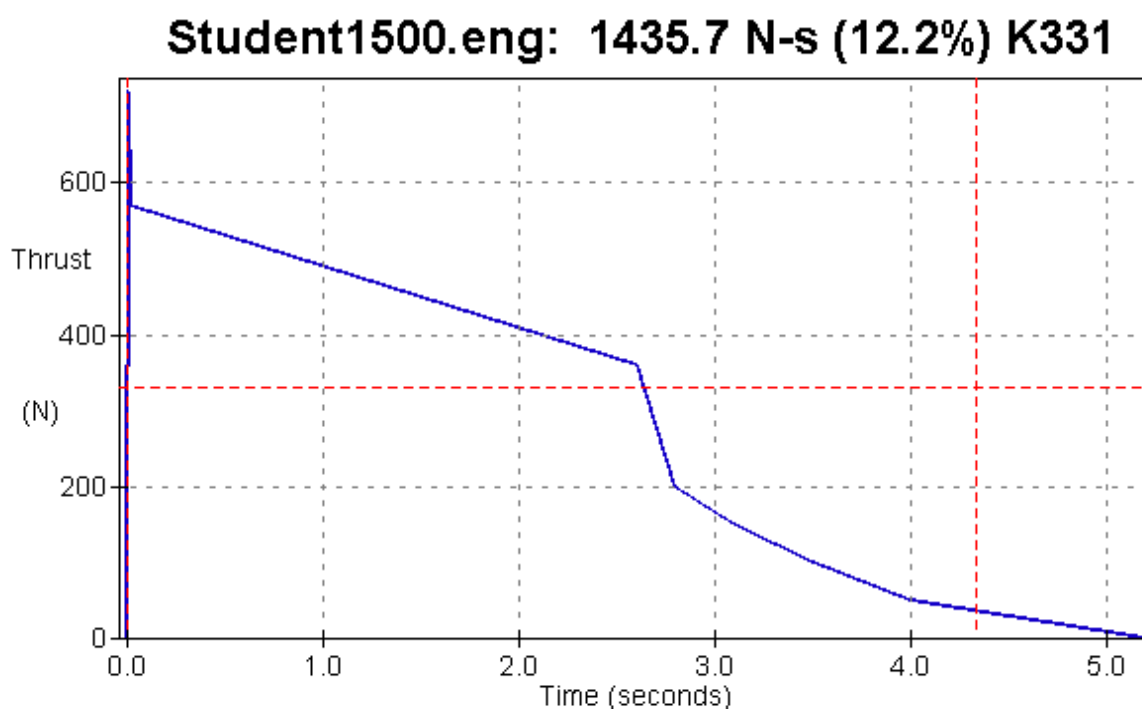
2.2 Napęd rakiety

Element napędowy stanowi komercyjny silnik hybrydowy “Student 1500”, produkcji firmy Aerolife Kacper Zieliński. W aktualnej konfiguracji silnik jest zdolny do wygenerowania następujących parametrów:

- Impuls całkowity: ~ 1440 ns
- Maksymalny ciąg: 720 N
- Czas pracy: ~ 4,3 s
- Średnia siła ciągu: 328 N

Utleniacz silnika stanowi ciekły podtlenek azotu (N_2O), tankowany przed startem poprzez ochłodzenie zbiornika utleniacza. Silnik posiada zawór bezpieczeństwa odkręcany w momencie ustawienia rakiety na wyrzutni. Otwieranie dopływu utleniacza do komory spalania następuje po przepaleniu piro zaworu. Paliwem silnika jest polipropylenowa rurka o średnicy 40 mm i masie 250 g. Silnik został wielokrotnie przetestowany przed wejściem na rynek Rakiet Dużej Mocy.

Poniżej przedstawiono wykres siły ciągu do czasu pracy silnika wygenerowany na podstawie odczytów tensometru hamowni.



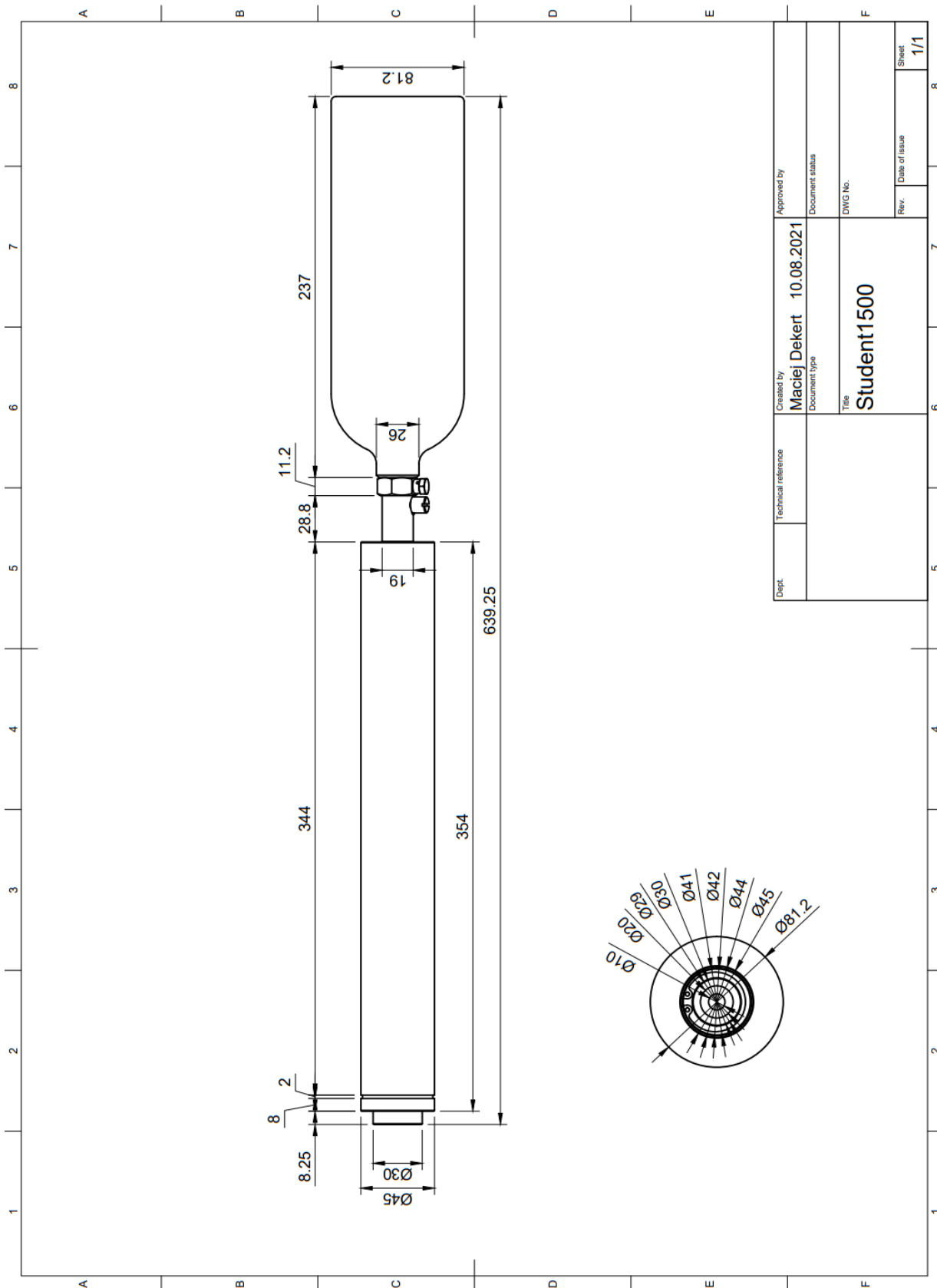
Peak = 720.0, Avg = 331.1, Isp = 116, Burn time = 4.336

Created using ThrustCurveTool, www.ThrustGear.com

Komora spalania została wykonana z anodowej rury aluminiowej o średnicy zewnętrznej 45mm i grubości ścianki 2mm. Paliwo w komorze nie dopala się do końca, dzięki czemu izoluje termicznie obudowę komory spalania przed przegrzaniem. Dysza została wytoczona z grafitu w oprawie aluminiowej i zamontowana za pomocą pierścieni osadczych w komorze spalania. Analogicznie zamontowano zatyczkę komory z wtryskiem podtlenku azotu.



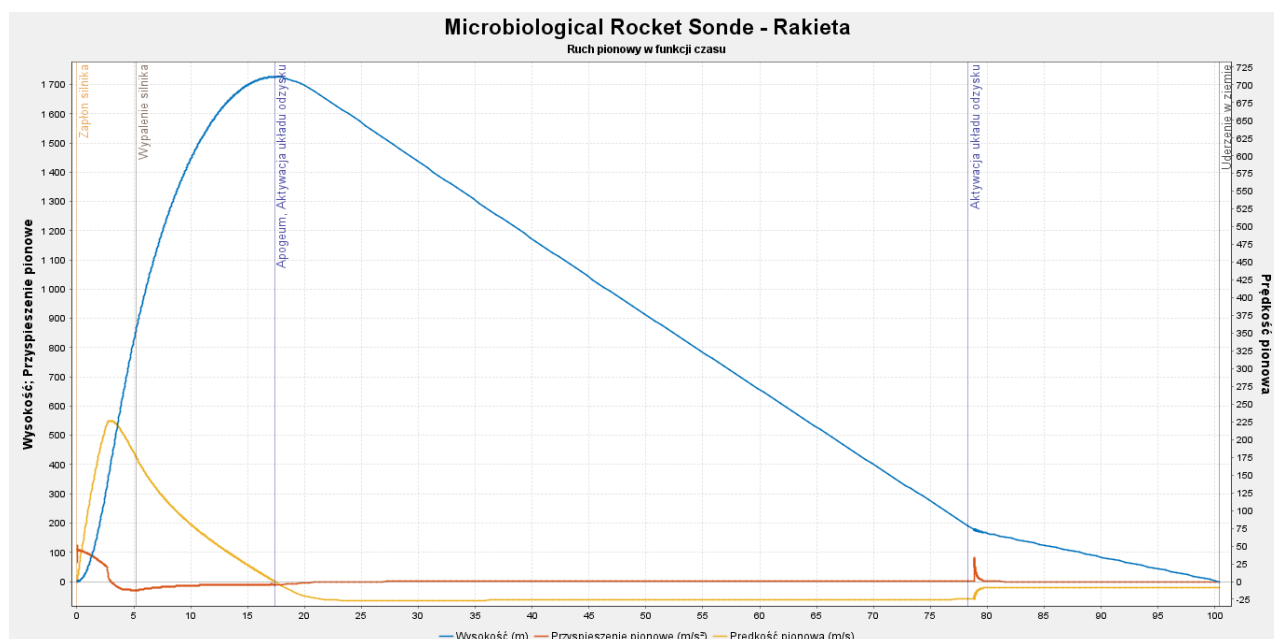
Rys. 10. Komora spalania.



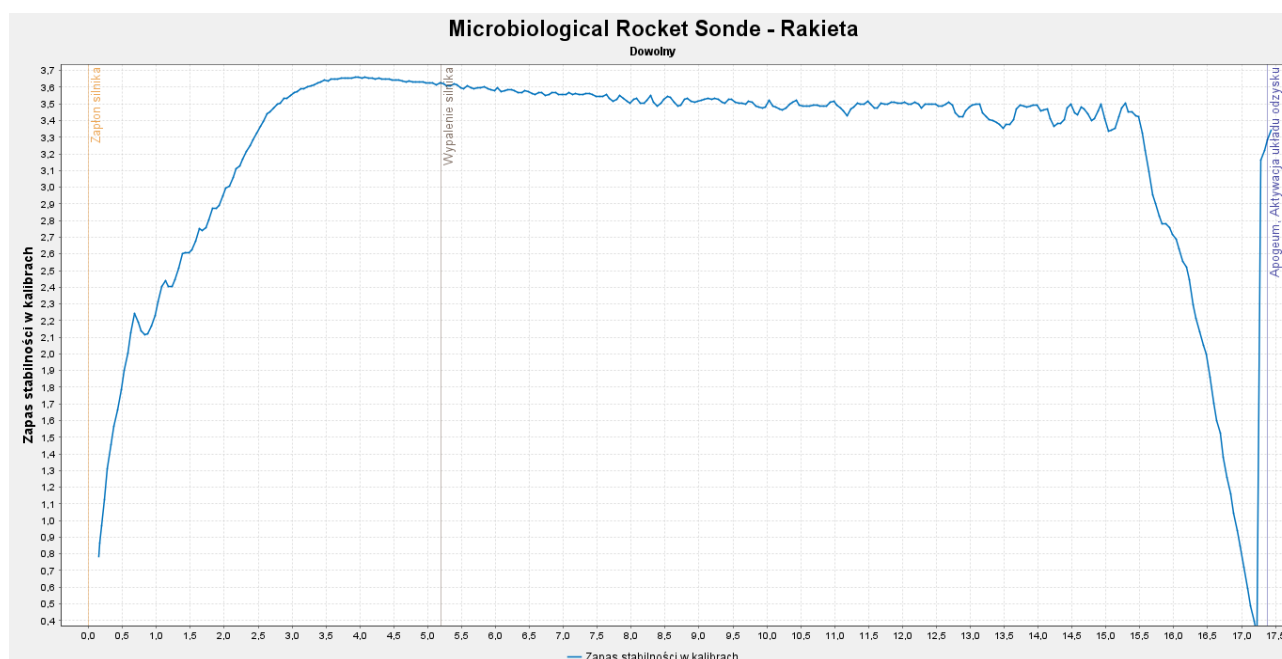
Dept.	Technical reference	Created by Maciej Dekert	10.08.2021	Approved by	
		Document type		Document status	
		Title Student1500		DWG No.	
				Rev.	Date of issue
				Sheet	1/1

2.3 Symulacje lotu.

Symulacje lotu rakiety wykonano w programie OpenRocket. Na pierwszym wykresie umieszczono zmianę wysokości, prędkości i przyspieszenia w czasie:



Na następnym wykresie przedstawiono zapas stabilności w kalibrach podczas lotu (1 kaliber = 104mm, w przypadku tej konstrukcji):



3. Sonda raketowa

Konstrukcja sondy raketowej jest oparta na elementach drukowanych, elementach frezowanych oraz FR4 (płytkach drukowanych). Całe urządzenie składa się z dwóch głównych sekcji:

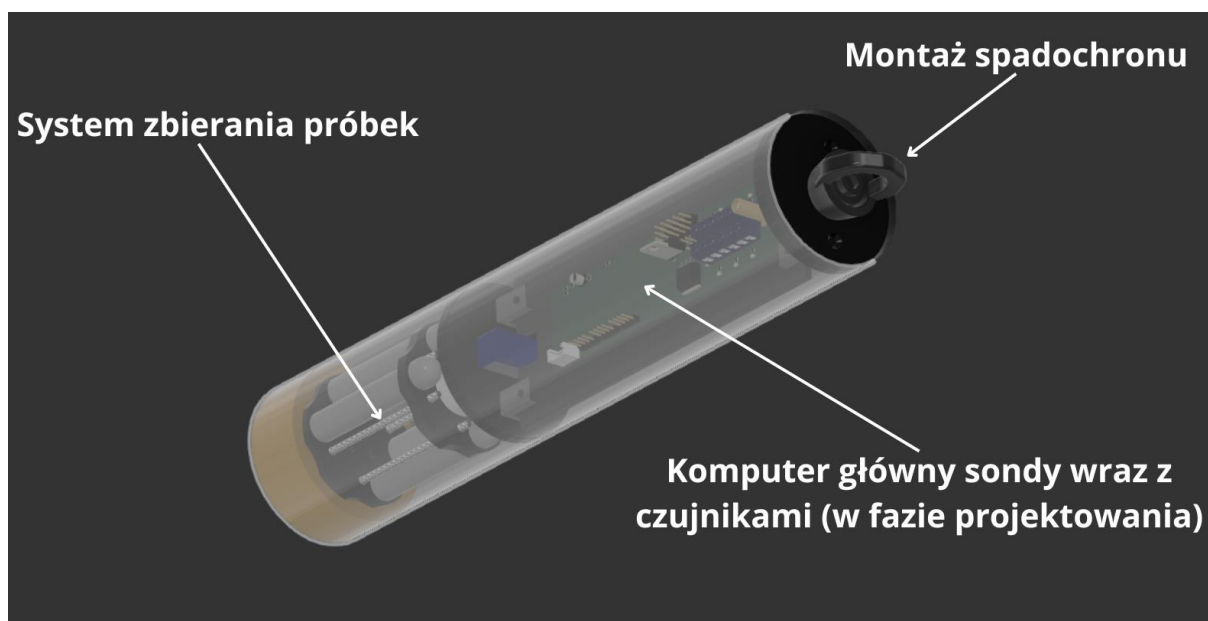
- Sekcja czujników - zawiera czujniki dokonujące pomiarów na pokładzie sondy podczas spadku swobodnego na spadochronie.
- System kolekcjonowania próbek drobnoustrojów - zbiera próbki mikroorganizmów zawieszonych w powietrzu do sterylnych komór dzięki przepływowi powietrza podczas spadku swobodnego.

3.1 Sekcja czujników

Urządzenie wykorzystuje następujące czujniki do wykonywania pomiarów bezpośrednich:

- Bosh BME280 - pomiar temperatury, wilgotności oraz ciśnienia. Dane z tego czujnika pozwolą na wyliczenie aktualnej wysokości.
- Sharp GP2Y1010AU0F - pomiar zawartości cząstek stałych (smogu) PM10 oraz PM2.5.
- Hanwei MQ8 - pomiar zawartości wodoru (H₂) w powietrzu.
- Hanwei MQ7 - pomiar zawartości tlenku węgla (CO) w powietrzu.
- Hanwei MQ2 - pomiar zawartości gazów łatwopalnych w powietrzu (propan, butan, metan, LPG, alkohol).
- Seedstudio SGP30 - pomiar zawartości lotnych związków organicznych oraz dwutlenku węgla (CO₂).
- DFRobot MiCS-2714 - pomiar zawartości dwutlenku azotu (NO₂) oraz wodoru.

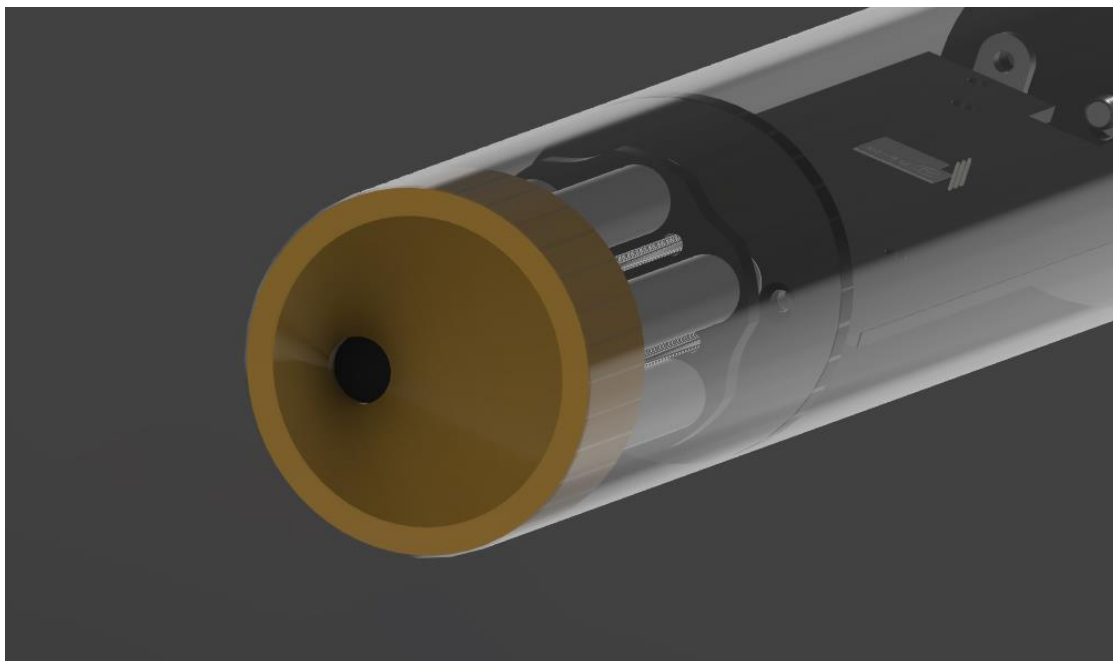
Dane z czujników są rejestrowane z częstotliwością 10 Hz do pamięci flash obsługiwanej przez układ ESP32-S3. Po locie odczyt danych odbywa się poprzez łącze WiFi, przez które wyniki trafiają do bazy danych, a następnie na stronę WWW. Dodatkowo w trakcie trwania całego lotu sonda wysyła swoje położenie na podstawie danych GPS dzięki łączu LoRa.



Rys. 11. Komora spalania.

3.2 System zbierania próbek

System zbierania próbek zaprojektowany został jako obracający się bęben, w którym znajduje się 5 sterylnych szkiełek/probówek. W każdej probówce znajduje się szkiełko nakrywkowe z warstwą taśmy dwustronnej. Podczas spadku swobodnego do otworu wlotowego wpada powietrze, gdy sonda znajduje się na odpowiedniej wysokości otwiera się dopływ do pierwszej probówki, taki stan trwa maksymalnie 5 sekund, po tym czasie wlot powietrza z powrotem się zamyka poprzez przekręcenie bębna. Możliwe jest wykonanie maksymalnie 5 cykli otworzenia oraz zamknięcia w trakcie jednego lotu.



Rys. 12. System zbierania próbek.

Po wyrzucie sondy z rakiety zostaje otworzony spadochron, który poprzez swoją średnicę 50 cm pozwala na długi spadek swobodny.



Rys. 13. Spadochron utrzymujący sondę przy spadku swobodnym.

4. Przebieg lotu

Całą sekwencję lotu omówiono w punktach:

- 1. T-10 min - tankowanie silnika** - przed umieszczeniem silnika w rakiecie należy napełnić zbiornik z podtlenkiem azotu w ilości zależnej od planowanego maksymalnego pułapu oraz wymienić wkład paliwowy wraz z uszczelkami. Po zatankowaniu należy złożyć silnik przykręcając zbiornik do zaworu łączącego komorę spalania ze zbiornikiem. Zatankowany silnik umieścić w korpusie rakiety przekładając zbiornik przez dwa pierścienie centrujące, a na końcu założyć talię zejściową i przykręcić ją za pomocą 6 śrub M5. W tym momencie należy przetestować nadawanie podsystemów pokładowych sondy i rakiety.
- 2. T-5 min - ustawienie rakiety na wyrzutni** - w tym momencie należy przynieść raketę do wyrzutni startowej, a następnie wsunąć raketę na szynę startową poprzez 2 zaczepy startowe. Podnieść profil wyrzutni do pionu, a następnie zabezpieczyć położenie śrubą M8 na dole wyrzutni oraz naciągnąć odciąg wyrzutni.
- 3. T-2 min - uzbrojenie rakiety i sondy** - raketa jest już praktycznie gotowa do startu, natomiast trzeba w tym momencie uzbroić komputery pokładowe, aby były gotowe do późniejszego otwarcia spadochronów. Należy włączyć łącznik "ARM", który znajduje się obok akumulatora w sekcji awioniki. Po uzbrojeniu można zamknąć przedział awioniki klapą, przykręcając ją 4 śrubami M3. Następnie należy uzbroić sondę, wysyłając komendę "arm" poprzez terminal szeregowy i łączę LoRa. Na koniec należy przekręcić zawór bezpieczeństwa silnika o 90° w prawo. Po uzbrojeniu silnika należy jak najszybciej oddalić się od rakiety.
- 4. T-1 min - rozpoczęcie sekwencji startowej** - następuje autonomiczne odliczanie do startu przez komputer główny wyrzutni, który może je przerwać automatycznie do 1s przed startem z powodu zwiększenia się wiatrów maksymalnych ujętych w konfiguracji wyrzutni. Również sekwencja startowa może zostać przerwana w każdej chwili manualnie.
- 5. T-0s - zapłon silnika** - w tym momencie zapalnik silnika zostaje odpalony, następuje podgrzewanie paliwa poprzez masę zapłonową, po chwili następuje start w momencie przepalenia piro zaworu. Raketa opuszcza wyrzutnię.
- 6. T+4,3 s - wypalenie paliwa silnika** - silnik zakończył swoją pracę, raketa już nie przyspiesza w górę, następuje oczekiwanie na

osiągnięcie apogeum lotu podczas lotu bezwładnościowego.

7. **T+17,5 s - apogeum lotu** - w tym momencie rakieta znajduje się w najwyższym punkcie lotu. System wyrzutu sondy został aktywowany, elektromagnes odbezpieczył sondę, a serwomechanizm wyrzucił ją na zewnątrz. Równolegle został aktywowany system odzysku poprzez wyrzut spadochronów i otworzenie pilota. Rakieta wraz z sondą spadają już niezależnie. Od tego momentu sonda dokonuje pomiarów na kilku zadanych wysokościach, w trakcie spadku między nimi komory pozostają zamknięte poprzez przekręcenie bębna w miejsce ślepego wlotu powietrza.
8. **T+78 s - aktywacja spadochronu głównego rakiety** - po osiągnięciu spadku do 200 m komputery pokładowe rakiety aktywują Cutter - przecinak linki kevlarowej trzymającej zwinięty spadochron główny. Od tego momentu rakieta spada z prędkością ~ 8 m/s.
9. **T+100 s - przyziemienie rakiety** - następuje lądowanie rakiety na powierzchni Ziemi, po chwili ląduje też sonda, która zostaje zabezpieczona w pierwszej kolejności.

5. Badania mikrobiologiczne

5.1. Przygotowanie podłoża pod hodowlę drobnoustrojów i hodowla drobnoustrojów.

Sprzęt laboratoryjny:

- dwie kolby stożkowe o objętości 500 ml
- zlewka o objętości 1000 ml
- dwie zlewki o objętości 500 ml
- cztery ezy
- osiem szalek Petriego
- sącdek z bibuły
- lejek
- 2 bagietki
- dwa korki
- palnik
- czajnik

Potrzebny materiał:

- 10g agaru
- 1l (1000 ml) wody
- jedna kostka rosołowa

Wykonanie/instrukcja:

1. Całość prac wykonać w pracowni biologiczno-chemicznej, w sterylnych warunkach.
2. Podgrzać wodę w czajniku do temperatury 100 stopni Celsjusza. Po zagotowaniu, odczekać 5 min. W międzyczasie szalki Petriego oznaczyć numerami od jeden do osiem.
3. Przegotowaną wodę przelać do zlewki o objętości 1000 ml. Następnie dodać kostkę rosołową i rozpuścić ją w gorącej wodzie.
4. Otrzymany roztwór przelać do dwóch mniejszych zlewek o objętości 500 ml każda i pozostawić na kilka godzin, aż zestali się tłuszcz.

5. Następnie roztwór przesączyć przez lejek (z sączkiem z bibuły) z użyciem bagietki, do kolby stożkowej o objętości 500 ml. Po zapełnieniu pierwszej kolby stożkowej, powtórzyć czynność z użyciem drugiej kolby stożkowej.

6. Do przesączonego roztworu dodać agar spożywczy w ilości 10g na jeden litr. Pomieszać bagietką.

7. Na kolbę stożkową położyć korek, ale nie dociskać go.

8. Następnie roztwór poddać sterylizacji (ok. 20 minut). Po tym czasie odczekać ok. 5 minut. Gorącą i płynną pożywkę wylać na szalki Petriego zachowując zasady sterylnej pracy tzn. całość wykonać nad zapalonym palnikiem, przy lekko uniesionym wieczku szalki.

9. Po zapełnieniu jednej szalki Petriego, na kolbę z roztworem nałożyć korek, aby niepożądane drobnoustroje nie przedostały się do pożywki. Czynność powtarzać, aż wszystkie szalki Petriego zostaną zapełnione. (szalki zapełniać roztworem tak, aby pokryć dno każdej z nich warstwą ok. 3 mm).

10. Następnie szalki Petriego zostawić do wysuszenia i zestalenia w temperaturze ok. 37 stopni Celsjusza.

11. Na każdą szalkę wypełnioną podłożem, nanieść wysterylizowaną eżą (opaloną i wystudzoną na brzegu agaru) materiał pobrany przez sondę.

- Na szalki, oznaczone numerami jeden i dwa, nanieść eżą materiał pobrany przez sondę na wysokości 1200 metrów.
- Na szalki, oznaczone numerami trzy i cztery, nanieść eżą materiał pobrany przez sondę na wysokości 900 metrów.
- Na szalki, oznaczone numerami pięć i sześć, nanieść eżą materiał pobrany przez sondę na wysokości 600 metrów.
- Na szalki, oznaczone numerami siedem i osiem, nanieść eżą materiał pobrany przez sondę na wysokości 300 metrów.)

Odwrócić szalki pożywką do góry i inkubować przez 48 godzin.

5.2. Przygotowanie i barwienie preparatów. Obserwacja drobnoustrojów pod mikroskopem.

Potrzebny sprzęt laboratoryjny:

- 12 szkiełek podstawowych
- 12 szkiełek nakrywkowych
- bibuła filtracyjna
- palnik
- cztery ezy
- tryskawka

Potrzebne urządzenia:

- mikroskop optyczny

Potrzebny materiał:

- hodowla bakterii na szalkach Petriego
- barwniki: błękit metylenowy, fuksyna karbolowa, fiolet krystaliczny
- olejek immersyjny

Wykonanie/ instrukcja:

1. Umieścić mikroskop na stole laboratoryjnym, przygotować go do pracy.
2. Przygotować sterylne szkiełko podstawowe.
3. Umieścić na szkiełku podstawowym kroplę wody za pomocą tryskawki.
4. Wysterylizować eżę i pobrać materiał z szalki Petriego.
5. Zrobić rozmaz na szkiełku podstawowym o średnicy około 1 cm.
6. Wysuszyć rozmaz oraz utrwalić przez dwu lub trzykrotne przeciągnięcie nad płomieniem palnika.
7. Użyć jednego z trzech barwników do barwienia wg następującej reguły: fiolet krystaliczny – 30 sekund, błękit metylenowy – 1,5 minuty, fuksyna karbolowa – 20 sekund.
8. Po zabarwieniu delikatnie spłukać barwnik wodą i wysuszyć preparat bibułą filtracyjną.

9. Przykryć zabarwiony rozmaz szkiełkiem nakrywkowym.
10. Umieścić preparat na stoliku i przymocować zaciskami. Przystąpić do oglądania preparatu zaczynając od najmniej powiększonego obiektywu. Przy zmianie obiektów należy, do uzyskania ostrości obrazu, używać śruby mikrometrycznej.
11. Zmienić obiektyw na immersyjny. Nanieść kroplę olejku immersyjnego na szkiełko nakrywkowe. Zanurzyć obiektyw immersyjny w kropli olejku immersyjnego. Wyostrzyć obraz przy pomocy śruby mikrometrycznej. Oglądać zabarwiony preparat i notować wyniki.
12. W taki sam sposób przygotować i oglądać kolejne hodowle drobnoustrojów.

6. Opracowanie wyników

Strona internetowa będzie zawierać bazę aktualnych danych dotyczących parametrów stężenia gazów: wodoru, tlenu węgla, CO₂, VOC, gazów łatwopalnych oraz stężenie cząstek stałych PM₁₀, PM_{2.5}, a także temperatury, wilgotności i ciśnienia.

Stworzymy bazę danych do przechowywania pomiarów archiwalnych dzięki czemu będzie można tworzyć statystyczny rozkład zanieczyszczeń.

Strona internetowa będzie zawierać funkcje takie jak wyszukiwanie informacji dotyczących pomiarów prowadzonych na różnych wysokościach z przejściem do zawartości mikroorganizmów.

W czasie rzeczywistym graficzny obraz mapy atmosfery będzie się zmieniać/ aktualizować. Opracowane wyniki badań i sformułowane wnioski pozwolą na stworzenie materiałów edukacyjnych, które pomogą zapobiegać szkodliwemu wpływowi mikroorganizmów i alergenów na organizm człowieka.

Film:

[Explory 2024 grupa nr 6 - YouTube](#)

Wszelkie prawa autorskie do niniejszej pracy są zastrzeżone. Żadna część tego dzieła nie może być reprodukowana ani wykorzystywana w jakiegokolwiek formie bez pisemnej zgody autorów.

7. Bibliografia

- Zdjęcia renderowane oraz rysunek techniczny zostały wykonane w programie Autodesk Fusion 360;
- Wykresy symulacji lotu rakiety stworzone w programie OpenRocket;
- Wykres siły ciągu silnika raketowego stworzony za pomocą narzędzia ThrustCurveTool;
- Zdjęcie komory spalania silnika raketowego pochodzi ze strony <https://forum.rakiety.org.pl/viewtopic.php?p=28246>;
- Zbigniew Kotylak, „Przewodnik do ćwiczeń z mikrobiologii”;
- Emil Drewniak, Teresa Drewniak, „Mikrobiologia żywności”.