

CASSIS, CZYLI INNE SPOJRZENIE NA BUDOWĘ GEOLOGICZNĄ MARSA

Mars jest zróżnicowanym światem z zagadkową historią geologiczną, kanionami, dolinami, a także wulkanami tarczowymi oraz lodowcami. Aby wydobyć z tej planety świeżą, ukrytą wciąż wiedzę, w 2016 roku wyruszyła misja Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) pod nazwą ExoMars Trace Gas Orbiter. Jednym z instrumentów tej misji jest stereoskopowa kamera CaSSIS, łącząca kolorowe zobrazowania z danymi topograficznymi, co czyni z niej świetne narzędzie badań dla geologów planetarnych.

W 1964 roku sonda NASA o nazwie Mariner 4 zarejestrowała pierwsze zobrazowania Marsa, które ukazały jego pustynną powierzchnię, przypominającą tę na Księżycu. Obrazy otrzymane przez kolejne sondy ukazały także najbardziej charakterystyczne obszary Czerwonej Planety, takie jak kanion Valles Marineris (nazwany tak na cześć sondy Mariner 9, przez którą został odkryty; polska nazwa: Doliny Mariner), czy wygasły wulkan Olympus Mons (najwyższy szczyt w Układzie Słonecznym). Kolejne misje marsjańskie wyposażane były w ulepszone kamery, o coraz wyższej rozdzielczości, co pozwoliło planetologom na poznawanie dalszych szczegółów.

Po kilku dekadach obrazowania powierzchni planety, nasuwała się następująca obserwacja: Mars jest zróżnicowanym światem z zagadkową historią geologiczną, kanionami, dolinami, wulkanami tarczowymi oraz lodowcami. Powierzchnia Marsa wykazuje także cechy aktywne, takie jak wiry pyłowe, obrywy skalne, wędrujące wydmy piaskowe czy enigmatyczne sezonowe spływy na stokach (tzw. Recurring Slope Lineae). Dlatego też, aby badać Marsa, zrozumieć jego historię i stan obecny, potrzebna jest powtarzalna obserwacja wyglądu tych samych obszarów jego powierzchni, dokonywana dzięki wysokorozdzielczym zobrazowaniom.

Dlaczego CaSSIS?

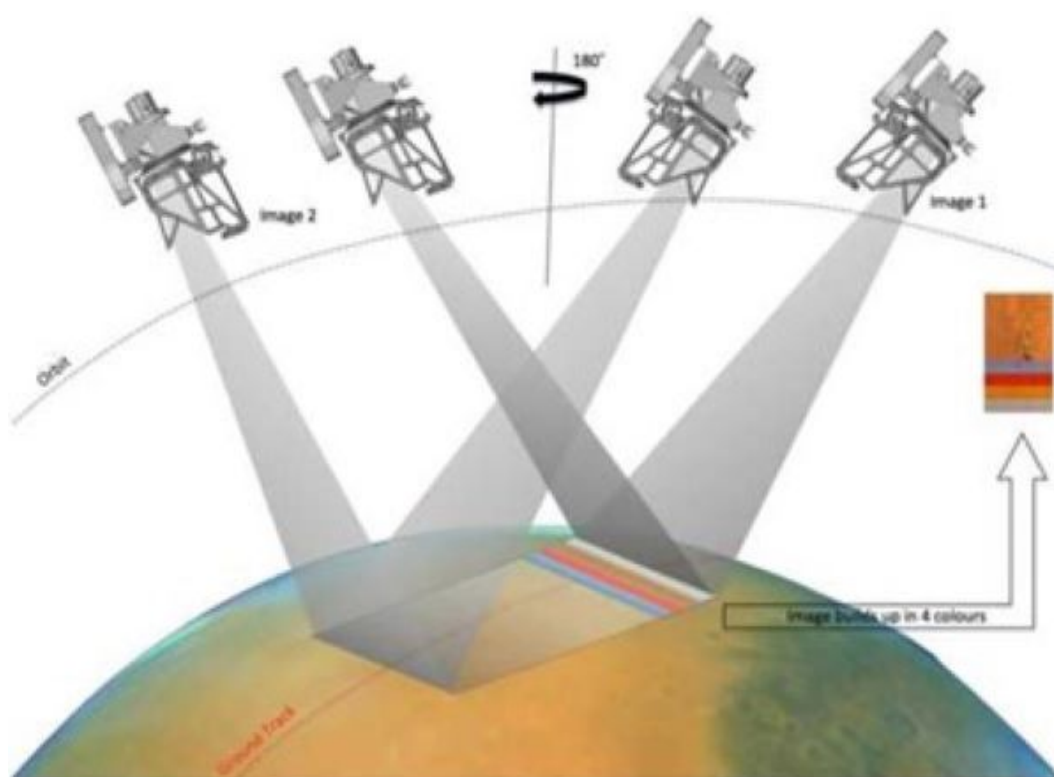
Misja Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) pod nazwą ExoMars Trace Gas Orbiter, realizowana we współpracy z Instytutem Badań Kosmicznych Rosyjskiej Akademii Nauk (IKI), wystartowała w 2016 roku. Jednym z instrumentów tej misji jest CaSSIS – kamera skonstruowana przez Uniwersytet Berneński przy udziale Włoskiej Agencji Kosmicznej (ASI), Obserwatorium Astronomicznego w Padwie (INAF) oraz Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie (CBK PAN).

Czytaj też: [Na tropie odległych, witalnych światów. Misja ARIEL i szczegóły udziału CBK PAN](#)

Kamera CaSSIS (ang. Colour and Stereo Surface Imaging System) pozwala na rejestrację obrazów o rozdzielczości 4,5m/piksel. Dla porównania kamera HiRISE z misji NASA Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) może rejestrować obrazy z dokładnością aż 0,25cm/piksel. Jednak głównym atutem CaSSISa jest możliwość wykonywania zobrazowań dużych powierzchni „w kolorze”, podczas gdy większość

wcześniejszych misji dostarczało danych obrazowych wyłącznie czarno-białych. CaSSIS jest wyposażony w 4 filtry: PAN (panchromatyczny), RED (czerwony), NIR (bliskiej podczerwieni) oraz BLUE (niebieski), z których każdy pokrywa część widma, czyli zakresu fal elektromagnetycznych docierających do obserwatora z badanego obszaru. Obrazowanie w każdym z tych kanałów pozwala na stworzenie pełnej kompozycji barwnej RGB (Red Green Blue), a zatem uwydatnienie różnic w terenie.

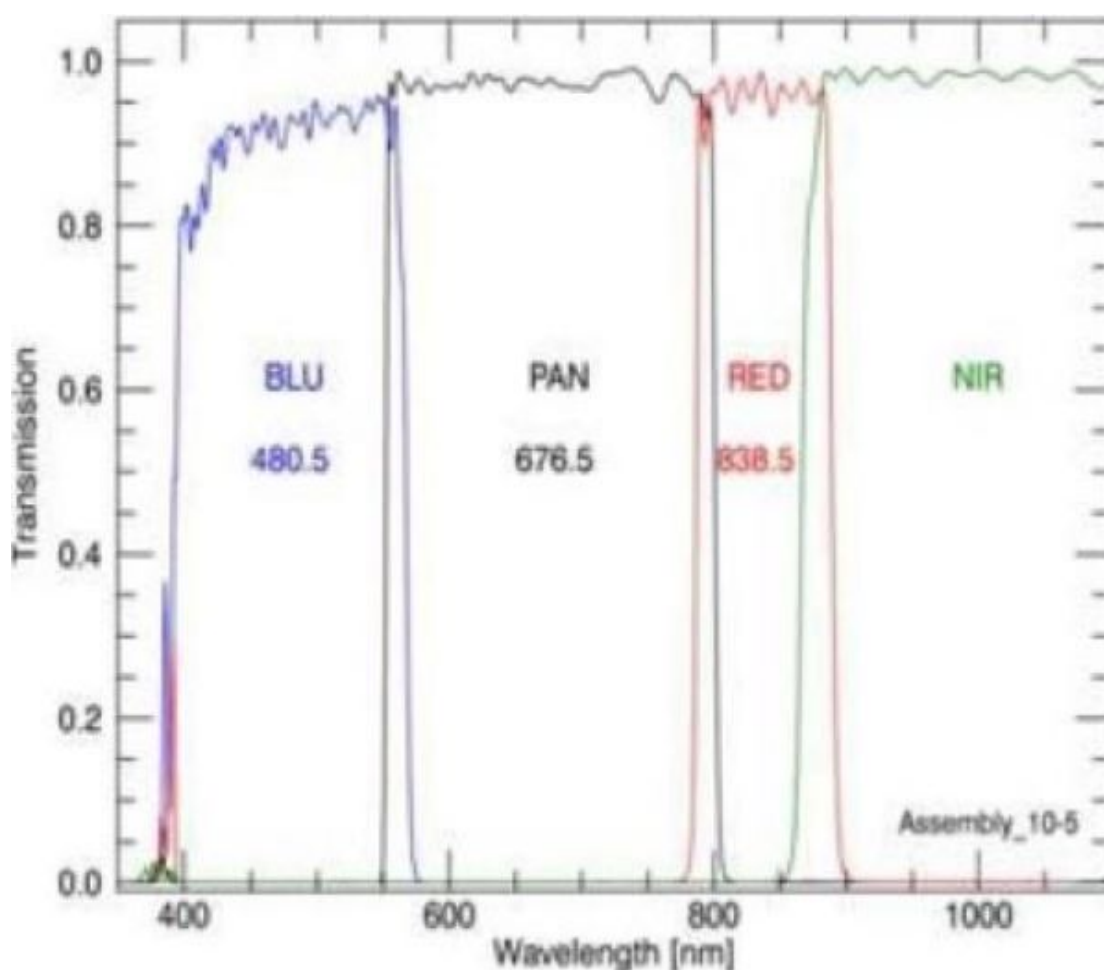
Kamera CaSSIS (ang. Colour and Stereo Surface Imaging System) pozwala na rejestrację obrazów o rozdzielczości 4,5m/piksel. Dla porównania kamera HiRISE z misji NASA Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) może rejestrować obrazy z dokładnością aż 0,25cm/piksel. Jednak głównym atutem CaSSISa jest możliwość wykonywania zobrazowań dużych powierzchni „w kolorze”, podczas gdy większość wcześniejszych misji dostarczało danych obrazowych wyłącznie czarno-białych. CaSSIS jest wyposażony w 4 filtry: PAN (panchromatyczny), RED (czerwony), NIR (bliskiej podczerwieni) oraz BLUE (niebieski), z których każdy pokrywa część widma, czyli zakresu fal elektromagnetycznych docierających do obserwatora z badanego obszaru. Obrazowanie w każdym z tych kanałów pozwala na stworzenie pewnej kompozycji barwnej RGB (Red Green Blue), a zatem uwydatnienie różnic w terenie.



Schemat rejestracji zobrazowań przez CaSSISa. Statek porusza się po orbicie z prawej ku lewej stronie. CaSSIS uzyskuje ramkę wzorcową do utworzenia pełnego pasa danych (Obraz I), a następnie wykonuje obrót o 180 stopni dla pozyskania drugiego zobrazowania przestrzennego (Thomas i inni, 2017)

Oprócz tego CaSSIS jest kamerą stereoskopową, co oznacza, że może wykonywać dwa zobrazowania

tego samego miejsca pod różnym kątem. W tym celu po zarejestrowaniu pierwszego obrazu, teleskop obraca się, aby niemal minutę później zrobić drugie zdjęcie, już z innej perspektywy. Z takich dwóch zobrazowań można stworzyć numeryczny model terenu (ang. digital terrain model, DTM) i analizować topografię powierzchni. To właśnie połączenie „kolorowych” zobrazowań z danymi topograficznymi sprawia, że CaSSIS jest fantastycznym narzędziem do badań dla geologów planetarnych.



Zakresy długości fali czterech filtrów CaSSIS (Thomas i inni, 2017)

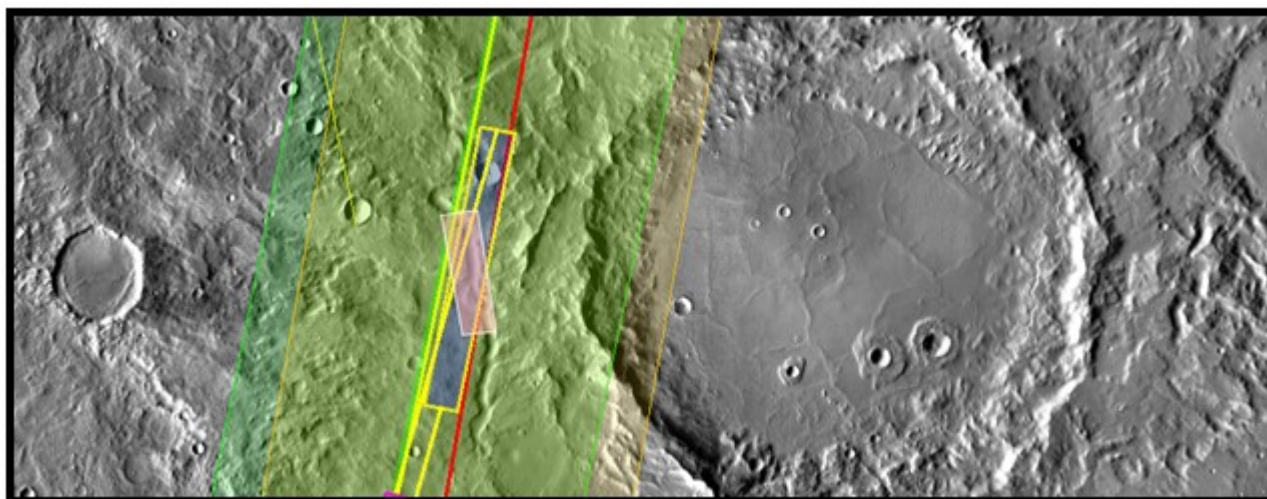
Jeden z projektów badawczych realizowanych w CBK PAN polega na analizie chronologii i charakterystyki zastygłych wypływów lawy pochodzących z olbrzymich wulkanów usytuowanych na marsjańskiej wyżynie Tharsis. Badane przez naukowców Centrum potoki lawowe najpewniej powstały w wyniku erupcji sprzed ok. 150 milionów lat lub nawet mniej. Warto podkreślić, że dla geologów są to „zdarzenia niedawne” w historii planety. Analiza morfometrii potoków lawowych (czyli ich długości, grubości itd.) przynosi interesujący wgląd we właściwości fizyczne lawy (np. jej lepkość), co w rezultacie może przynieść informacje na temat jej składu. Do tego bardzo pomocny jest wysokorozdzielczy DTM, taki właśnie jak ten otrzymywany ze stereoskopowej kamery CaSSIS

Jeden z projektów badawczych realizowanych w CBK PAN polega na analizie chronologii

i charakterystyki zastygłych wypływów lawy pochodzących z olbrzymich wulkanów usytuowanych na marsjańskiej wyżynie Tharsis. Badane przez naukowców Centrum potoki lawowe najpewniej powstały w wyniku erupcji sprzed ok. 150 milionów lat lub nawet mniej. Warto podkreślić, że dla geologów są to „zdarzenia niedawne” w historii planety. Analiza morfometrii potoków lawowych (czyli ich długości, grubości itd.) przynosi interesujący wgląd we właściwości fizyczne lawy (np. jej lepkość), co w rezultacie może przynieść informacje na temat jej składu. Do tego bardzo pomocny jest wysokorozdzielczy DTM, taki właśnie jak ten otrzymywany ze stereoskopowej kamery CaSSIS.

Czytaj też: [Wkład CBK PAN w pozaziemskie misje badawcze. Czas mnogich finalizacji](#)

Różnice barwne rejestrowane przez filtry CaSSISa dają ogólną informację nt. składu skał (czy jest bardziej zasadowy, czy kwaśny). Ustalenie względnej chronologii potoków lawowych (młodsze częściowo przykrywają starsze), pozwala zrozumieć jak rozwijał się wulkanizm na Marsie, m.in. jak zmieniał się skład lawy, co z kolei daje cenny wgląd w proces powstawania magmy w skorupie. To tylko jeden z wielu przykładów na to, że instrument CaSSIS znakomicie odpowiada na potrzeby badawcze planetologów.



Zrzut z ekranu planu zadań dla instrumentu CaSSIS. Zielony pas przedstawia obszar trajektorii sondy. Różowym kolorem zaznaczono rekomendację członka Zespołu Naukowy. Na niebiesko zaznaczono obszar potencjalnego zobrazowania z CaSSISa. Obraz w tle pochodzi z kamery THEMIS o rozdzielczości 100m/piksel.

Jak to działa?

Obrazy z CaSSISa mają stosunkowo wysoką rozdzielczość, ale niestety komunikacja między Ziemią a Marsem jest ograniczona. Dlatego niemożliwe jest zobrazowanie CaSSISem całej powierzchni marsjańskiej. Z tego powodu zawczasu starannie wyznaczane są obszary (zadania), których wybór zależy od ograniczeń technicznych i znaczenia naukowego. Trajektoria statku ExoMars jest znana z kilkumiesięcznym wyprzedzeniem, dzięki czemu można z dużą dokładnością przewidzieć, nad którym rejonem sonda będzie się przemieszczać.

Kierownik odpowiedzialny za wyznaczanie zadań planuje obserwacje na podstawie trajektorii oraz rekomendacji wcześniej przygotowanych przez Zespół Naukowy. Kiedy plan zadań (odpowiadający zazwyczaj 2 tygodniom obserwacji) jest gotowy, cele są przesyłane do centrum kontroli lotów ESA, które przekazuje do sondy odpowiednie dyspozycje. Jeśli wszystko idzie zgodnie z planem, CaSSIS wykonuje żądane zobrazowania i dane są przesyłane na Ziemię. Na tym etapie zobrazowania nie są jeszcze gotowe do użycia przez naukowców – pojedyncze zobrazowanie nie jest produktem CaSSISa.

Czytaj też: [Udział CBK w budowie instrumentu dla sondy ESA Solar Orbiter](#)

Uzyskane dane muszą dopiero zostać skalibrowane tak, aby zespoły badawcze mogły je wykorzystać. Na „kompletny obraz” (produkt) składają się obrazy otrzymane w czterech zakresach widma (PAN, NIR, RED i BLU), które z kolei są podzielone na ramki pomiaru. Pierwszy krok polega na złożeniu tych ramek w jedną całość, aby otrzymać pojedyncze, pełnowymiarowe zobrazowanie w każdym z czterech filtrów. Każde z tych zdjęć można wykorzystać oddzielnie, ale oczywiście głównym celem jest stworzenie kompozycji barwnej.

Jako że mamy 4 filtry (PAN, NIR, RED i BLU), a trzy barwy podstawowe (RGB), możliwych jest kilka kombinacji, z których najczęściej wykorzystywane są NIR-PAN-BLU oraz RED-PAN-BLU. Dzięki nim można w pełni docenić zróżnicowanie kompozycji dla poszczególnych obszarów. Połączenie produktów CaSSISa z informacjami otrzymywanymi z instrumentów innych misji (m.in. CRISM/MRO, misja NASA) pozwala naukowcom na analizę geologiczną powierzchni. Dane obrazowe wraz z danymi topograficznymi dostarczonymi w postaci produktów stereoskopowych, czynią informacje uzyskane przez instrument CaSSIS znakomitym materiałem dla geologów planetarnych, badających Marsa i odszyfrowujących jego historię.

Autor: Pierre-Antoine Tesson

Tłumaczenie: Anna Długosz, konsultacja: Małgorzata Królikowska-Sołtan, Joanna Gurgurewicz

Bibliografia:

- Thomas, N., Cremonese, G., Ziethe, R. et al. The Colour and Stereo Surface Imaging System (CaSSIS) for the ExoMars Trace Gas Orbiter. Space Sci Rev 212, 1897–1944 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11214-017-0421-1>
- Oficjalna strona CaSSISa: <https://www.cassis.unibe.ch/>
- Badania prowadzone w Polsce przy użyciu danych obrazowych CaSSISa i innych danych: <http://www.exomhydr.eu/>