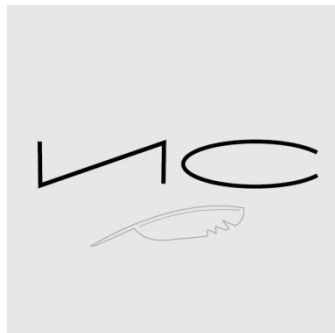


**Гимназија „Исидора Секулић“**

Нови Сад



**Матурски рад из  
физике**

**ЕхоMars 2016**

Ученик:

Ивана Огрizeк, IV-3

Ментор:

Марина Дорозки, проф.

Нови Сад

2016

# 1. Уводни део

---

Овај рад настао је као резултат радозналости везане за истраживања у свемиру и занимања за, нама најинтересантнију планету, Марс. Упркос гомили неуспелих покушаја, 2016. године Европска Свемирска Агенција (ЕСА) послала је космички брод пут црвене планете. У наставку рада биће Вам приказана организација мисије као и начин на који је реализована. Ранијих година научници су се суочавали са огромним бројем потешкоћа при слању летелица у космос, те стога ова мисија представља велики успех за ЕСА-у и њене сараднике. Цео догађај захтевао је много припреме, сам пут заузео је пола године.

У склопу читавог истраживања планирано је, и делом остварено десетак задатака, који ће касније бити објашњени. Примарни циљ прошлогодишњег задатка јесте потрага за доказима постојања метана и других атмосферских гасова који могу сведочити активним биолошким и геолошким процесима. Такође на овај начин се тестирају кључне технологије неопходне за даља истраживања на суседној планети .

Нажалост, с обзиром на то да је у питању мисија која се и даље одвија, једини извор информација је био интернет, што је донекле и отежало израду рада.



## 2. Почеци међупланетарних мисија

---

Почев од 1960. године Марс је посећиван 56 пута. Упркос томе што има репутацију веома тешке дестинације за истраживање, његовим карактеристикама и мистеријама бавиле су се САД, СССР (касније Русија), Европа (Европска свемирска агенција), Јапан, Кина и Индија. Отприлике две трећине свих мисија је завршило неуспехом. Најуспешнија у томе нашла се НАСА, која је са својим роверима умногоме помогла свакој будућој мисији.

Првој је Русији за руком пошло да оствари контакт са површином Црвене планете, у мисији Марс 3, седамдесетих година двадесетог века.

ЕСА се такође веома трудила пославши неколико мисија (Марс Експрес, Бигл, Розета), али се последњом највише истакла.

Највећа загонетка управо је да ли је живот постојао на Марсу, с обзиром на то да постоје бројни докази да је некада текла вода површином ове планете. Због тога што површинским одликама подсећа на Месец и Земљу (ударни кратери, вулканске купе, долине, пустиње, поларне ледене капе, период ротације, годишња доба) и даље постоји нада.

## 3. Шта је Егзомарс?

---

Егзомарс програм представља заједнички подухват ЕСА-е и руске свемирске агенције Роскосмос. Примарни циљ програма је да одгонетне питање да ли је живот икада постојао на Марсу. Ово се приказује самим именом, са префиксом 'егзо' који се односи на проучавање егзобиологије-могућем постојању живота ван Земље.

Програм обухвата две мисије. Прва је лансирана у марту 2016, а састоји се од ТГО (Trace Gas Orbiter) и демонстрационог модула за улаз, спуштање и слетање-Скјапарелија.

Главни циљ ТГО-а је потрага за доказима метана и других трагова атмосферских гасова који могу бити показатељи активних биолошких и геолошких процеса. Скјапарели ће тестирати кључне технологије које ће допринети будућим мисијама на Марс.

Други део програма представља ровер који ће носити бушилицу и комплет инструмената потребне за истраживање геохемије и егзобиологије. ТГО је припрема за мисију у 2020.

У срцу овог програма лежи и даље неодговорено питање-ако постоји вода на Марсу, да ли је икада било живота?

## 3.2 Ток мисије

ТГО и Скјапарели лансирани су ракетом Proton-M из руског космодрома Бајконур у Казахстану. 14. марта летелица је започела своје седмочесечно путовање. Цео пут се одвијао по плану. Са напајањем од 2000 W помоћу соларних панела, доспела је на своју дестинацију 16. октобра 2016. Три дана касније орбитер је успешно ушао у прелиминарну орбиту око планете, а лендер започео слетање.

## 3.3 ТГО

Док се Скјапарели спуштао на Марс, ТГО је започео маневар уметања у почетну орбиту, које је трајало више од два сата. Првобитна ексцентрична орбита назива се '4 Сол' орбита, што значи да је ТГО-у потребно четири марсовска дана да изврши један круг. Висина варира од неколико стотина километара у најближој тачки, до скоро 100,000 километара у најудаљенијој тачки од површине. У јануару 2017. Његова орбита биће прилагођена под нагибом од 74 степена, што је одговарајуће за његов задатак, и промениће се у једнодневну орбиту.

У току 2017 примениће модерне аерозакочне технике. То ће бити први пут да ЕСА ово користи, а на тај начин ће смањити орбиту на сталних 400 километара висине. Аерокочењем ће ТГО-у марсова атмосфера пружити мали отпор на веома великим висинама, што ће успорити летелицу и снизити њену орбиту. За време овог догађаја, користиће врло мало горива и обезбедити научни увид у динамику Марсове атмосфере.

### 3.3.1 Научни циљеви

Орбитер ће се користити за истраживање гасова са следећим циљевима:

- Достављање детаљне карактеризације атмосфере Марса (ово подразумева мапирање дистрибуције гасова, идентификовање њихових извора и басена, и проучавање географске и временске зависности)
- Детектовање широког спектра атмосферских гасова као и изотопа, како би се успоставио атмосферски инвентар
- Након откривања кључних врста следи географско и сезонско мапирање. Вршиће се мапирање односа деутеријума и водоника, те тако се пружити нове информације о резервоарима воде и испуштања атмосфере
- Карактеризација стања атмосфере (посебно температуре, аеросоли, водене паре и озона); тако ће се направити модел циркулације атмосфере и помоћи да се одреди да ли одеђени гасови долазе из различитих области Марса и пружи увид у прероду извора гасова.
- Крајњи циљ је мапирање подземног водоника на дубини од једног метра, са прецизношћу десет пута бољом од претходних мерења

### 3.3.2 Инструменти ТГО-а

ТГО носи научне инструменте за детекцију гасова са побољшаном тачности, чак 1000 пута бољи у поређењу са претходним мерењима у орбити и на Земљи. То ће такође обезбедити нове податке за проучавање временске и просторне еволуције гасова у Марсовој атмосфери, као и локације места на ком настају. На свом задатку носиће следећа четири инструмента (слика 1) :

#### 1. **NOMAD** – Nadir and Occultation for MArs Discovery

Представља комбинацију три спектрометра, два инфрацрвена и један ултравиолетни, који ће врло осетљиво идентификовати атмосферске компоненте, укључујући метан и многе друге врсте гасова.

#### 2. **ACS** – Atmospheric Chemistry Suite

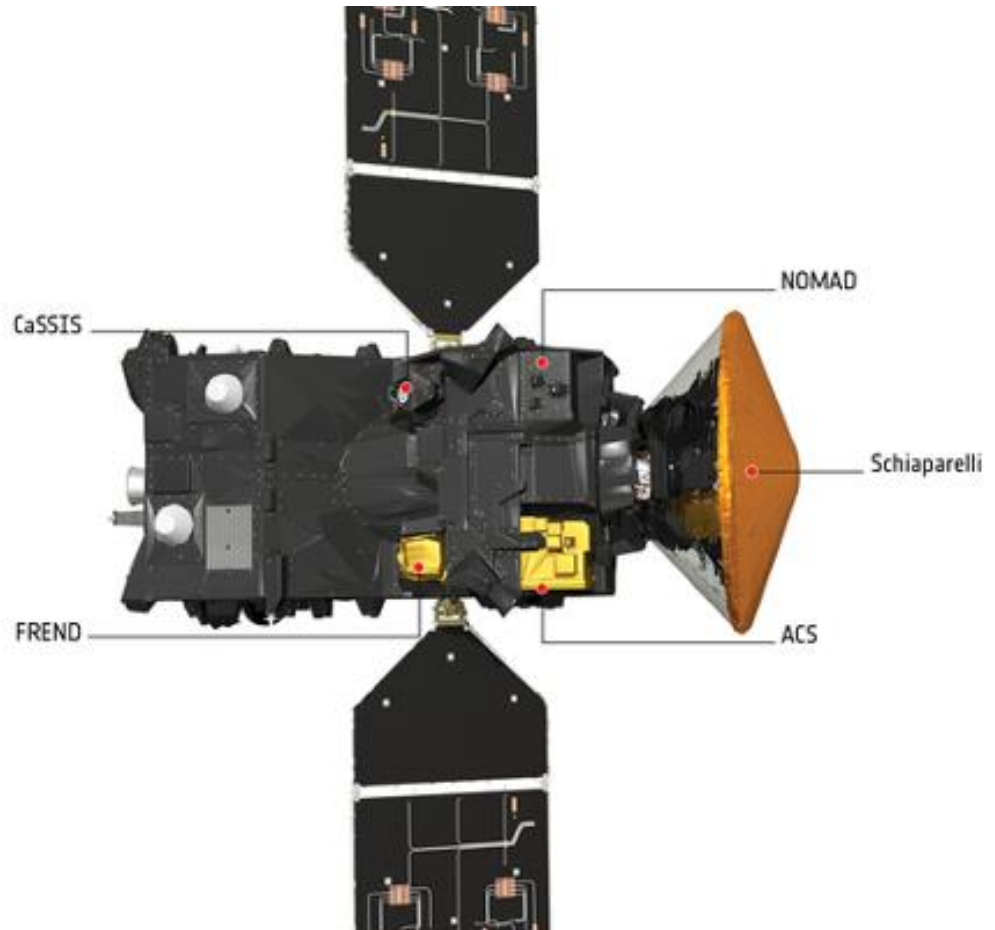
Овај инструмент помоћи ће научницима да испитају хемијску структуру Марсове атмосфере. Он употпуњава НОМАД тако што повећава покривеност таласних дужина, и слика Сунце како би се боље анализирали подаци у случају када је Сунце заклоњено.

#### 3. **CaSSIS** – Colour and Stereo Surface Imaging System

Камера високе резолуције, 5 метара по пикселу, која је способна да ухвати боју и стерео слике у широком појасу. Обезбедиће геолошка и динамичка објашњења о изворима гасова, које су НОМАД и АЦС детектовали.

#### 4. **FREND** – Fine Resolution Epithermal Neutron Detector

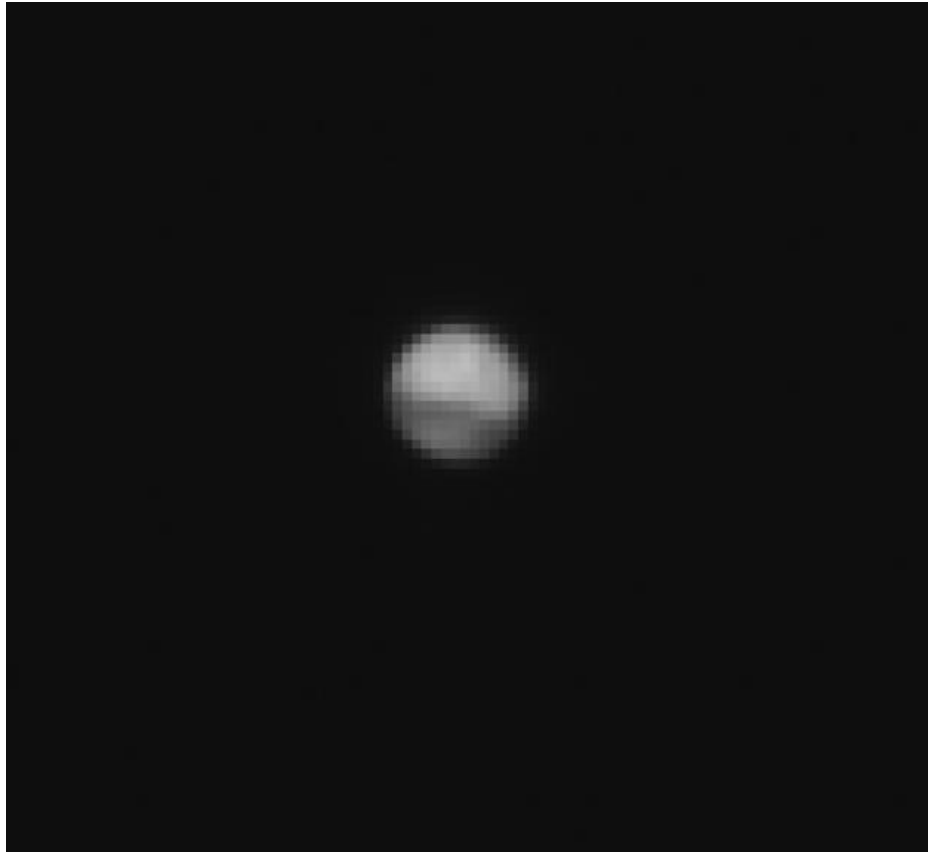
Овај детектор неутрона мапира водоник на површини, до једног метра дубине, откривајући тако налазишта воденог леда у близини површине. Њефово мапирање подземног леда биће до десет пута боље од постојећих мерења.



слика 1: изглед ТГО-а

Димензије летелице су  $3.2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 2\text{ m}$ , при чему је распон соларних панела  $17.5\text{ m}$ . Оне обезбеђују до  $2000\text{ W}$  снаге, а при помрачењима користе се литијум јонске батерије капацитета  $5100\text{ Wh}$ . Погон је бипропелерски, са главним мотором јачине  $424\text{ N}$ . Комуникација се врши помоћу високо-пријемних и ниско-пријемних антена са Земљом, и то за време свих фаза мисије (укључујући уметање у орбиту, контроле орбите, аерокочење, научне операције), а са ровером и лендером са посебном спиралном антенном.

Прва фотографија Марса начињена је 13. Јуна, када се летелица налазила на  $41$  милиона километара удаљености од црвене планете. У резолуцији од  $460\text{ km/пикселу}$ , фотографија показује Тарсис област, предео највећих вулкана Марса (слика 2).



слика 2: прва фотографија са путовања

## 3.4 Скјапарели модул

### 3.4.1 Порекло назива

Ђовани Вирђинио Скапарели (1835–1910) био је италијански признати научник, који је већину своје каријере посветио именовану и категоризовању површинских одлика Марса. Он је претпоставио да су на Марсу постојали канали, вероватно испуњени водом, које је запазио приликом посматрања планете у тренутку када је била најближа Земљи. Ипак, захваљујући даљим истраживањима, сада знамо да те претпоставке нису настале из оптичких илузија, већ да је у далекој прошлости црвене планете вода слободно текла природно формираним рекама и долинама.

'Скјапарелијева посвећеност планетарној науци је призната у целом свету, и према томе, желимо да прославимо његова достигнућа тако што ћемо кључни део мисије ЕгзоМарс назвати по њему. Скјапарели модул ће, не само снабдети Европу са технологијом за слетање на Марс, већ нам и обезбедити укус атмосфере и увид у изглед нове локације на површини планете. Овакво истаживање је Ђовани Скјапарели могао само да сања пре више од 135 година, када је започео скицирања Црвене планете.'-поручио је Ролф де Грут, шеф канцеларије за Програм роботских истраживања у ЕСА-и.

### 3.4.2 Европска перспектива

Један од основних научних циљева сваке мисије на Марс јесте потрага за доказима живота. Најбољи приступ је испитивање површине, где би се могли налазити докази. Кључни елемент приступању површине Марса и један од највјећих изазова у истраживању свемира је успешно извршење уласка, спуштања и слетања.

Ово је један од разлога зашто је још од последњих година 1960. Било толико покушаја слетања на Марс, од којих су неколико били успешни, а већина се лоше завршила.

Скјапарели- модул за улазак, спуштање и слетање – је демонстрационо возило које носи ТГО орбитер. Они су лансирани 14. Марта 2016. Године са космодрома у Казахстану. Скјапарели модул ће показати способност ЕСА-е да изврши контролисано слетање на површину Марса. Такође нуди ограничене, али корисне научне могућности. Он ће доставити научни пакет који ће радити на површини Марса кратак период након слетања, планирано је да траје око 2-4 сола (марсовска дана).

### 3.4.3 Долазак на Марс

Три дана пре приласка Марсовој атмосфери, 16. Октобра се Скјапарели одваја од орбитера. Модул се креће ка Марсу при чему је у хибернацији, и тако смањује потрошњу енергије. Активираће се неколико сати пред улазак у атмосферу, на надморској висини од 122,5 км и брзином 21000 км/х.

**УЛАЗАК:** аеродинамични топлотни штит чува Скјапарели од тешког топлотног флука и успоравања, тако да на висини од око 11 км, када се отвори падобран, кретаће се брзином од 1650км/х.

**СПУШТАЊЕ:** модул се прво ослобађа топлотног штита, а затим избацује задњи топлотни штит; укључује висинометар и мерач брзине како би одредио своју позицију у односу на површину планете.

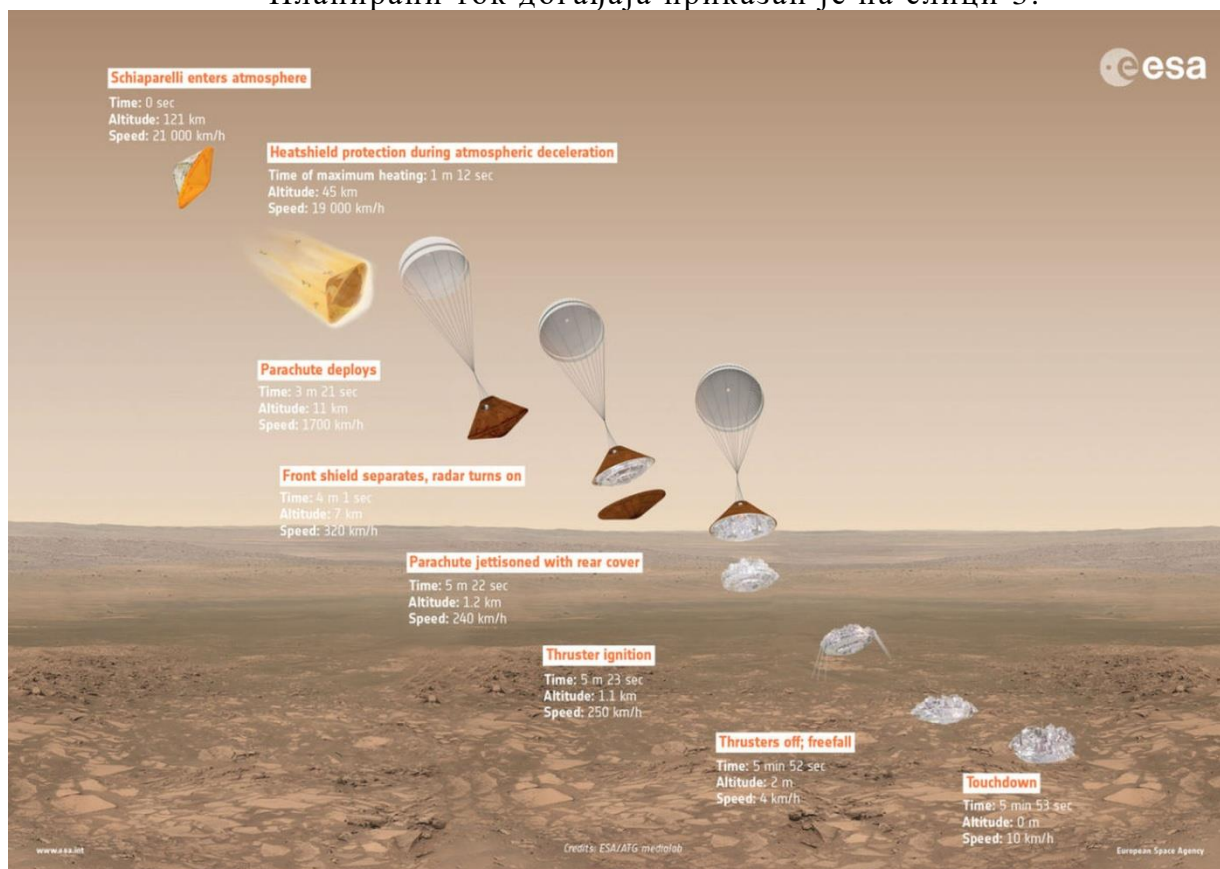
**СЛЕТАЊЕ:** водени погонски систем се активира и смањује брзину на мање од 7 км/х када је 2 метра изнад тла; мотори се искључују и лендер пада на земљу.

Позиција за слетање је унапред одређена, позната под именом Меридиани Планум. Научници су заинтересовани за ову област јер садржи веома стар слој хематита, оксида гвожђа, који се на Земљи скоро увек формира уз присуство воде.

Комуникација између ТГО-а и Скјапарелија олакшава пренос најважнијих података које је модул сакупио. Комплетан сет прикупљених података се преноси на орбитер у року од осам солова након слетања.



Планирани ток догађаја приказан је на слици 3:



слика 3: спуштање модула на Марс

### 3.4.4. ЕгзоМарс Сквапарели дизајн

Сквапарели је изграђен на основи пројеката који су били оцењени и тестирани од стране ЕСА-е током ранијих ЕгзоМарс проучавања. На модулу се налазе низови сензора који прате понашање свих кључних технологија у току мисије. У ове технологије убраја се специјалан материјал за термичку заштиту, падобрански систем, висиномерски систем и закочни систем. Подаци се враћају на Земљу после лета како би помогли будућим мисијама на Марс.

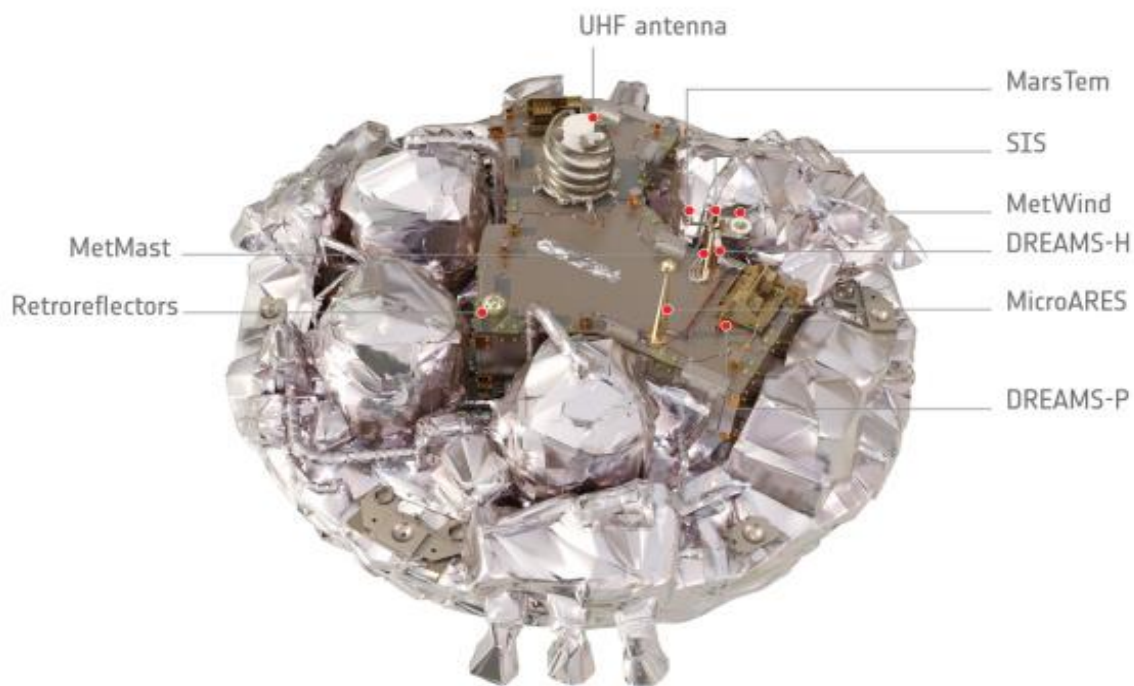
Главне карактеристике модула су приказане у табели 1:

табела 1

Пречник	2.4м са топлотним штитом, а без њега 1.65м
Висина	1.8м висине
Маса	577кг
Материјал топлотног штита	Norcoat Liège

Структура	Алуминијум са угљеничним влакнима, ојачано полимерским омотачем
Падобран	Disk-Gap-Band купола пречника 12м
Погон	Три групе од по три хидразинска мотора
Напајање	Примарне батерије
Комуникација	UHF веза са орбитером, са две антене

На слици 4 могуће је видети инструменте којима се служи и које носи Сцјапарели модул. Овај терет под називом DREAMS (Dust Characterisation, Risk Assessment, and Environment Analyser on the Martian Surface) представља пакет састављен од сензора који мере брзину и правац простирања ветра (MetWind), влажност (DREAMS-H), притисак (DREAMS-P), атмосферску температуру у близини површине (MarsTem), прозрачност (Solar Irradiance Sensor, SIS) и електрификацију атмосфере (Atmospheric Radiation and Electricity Sensor, MicroARES).



слика 4: инструменти Сцјапарели модула

Посебан склоп инструмената који се налази на задњој страни Сцјапарелијевог поклопца, COMARS+, прати притисак, температуру површине и топлотни флуks, за време продирања кроз атмосферу.

Поред тога, камера која се налази на модулу (descent camera -DECA) снима предео за спуштање док се приближава површини, и мери прозирност атмосфере.

Уређај који ће престављати фиксну тачку на површини, и тако омогућити детекцију од стране будућих експеримената, назван је INRRI, и заправо је ласерски ретрорефлектор који се налази на површини Скјапарелија.

#### **3.4.4. Све је пошло наглавачке**

Све је изгледало добро и текло по плану. Падобран је отворен исправно на 12км висине, при брзини од 1730 километара на час, и избачен је топлотни штит на висини 7,8км.

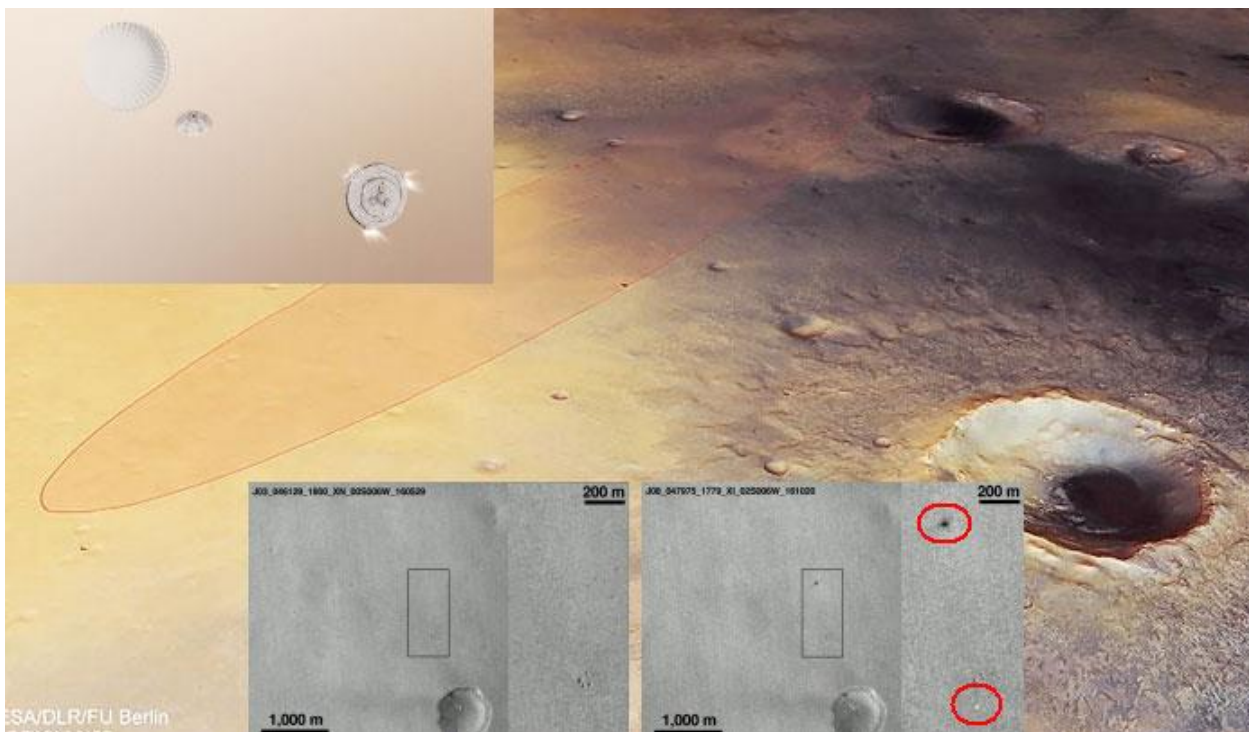
Али ствари су се изненада поквариле. Инструмент који је мерио ротацију лендера (Inertial Measurement Unit – IMU) налетео је на максимална читавања и забележио ротацију за 1 секунду дужу него што је очекивано.

Овај квар био је довољан да се изазове збрка у навигационим системима. Због нетачне информације, лендер је изненада мислио да се налази испод нивоа тла, када је заправо био 3,7км изнад површине.

То је резултовало моменталним отпуштањем падобрана и поклопца на лендеру, те је испалио погоне и укључио инструменте за испитивање тла, мислећи да је слетео. Дакле, падобран се прерано отпустио, а ретроракетни мотори су радили само 3-4 секунде (уместо 30). Насупрот томе, Скјапарели је слободно падао, да би се на крају слупао брзином већом од 300км на час, и тренутно се уништио.

Међутим, ово је врло прелиминаран закључак техничких истрага ЕСА-е. Научници су се неко време врло мучили узроком ове несреће, и тек пар месеци након самог догађаја дошли до овог закључка.

Два дана након пада (21. Октобра) америчка летелица MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) је снимила место удара. На слици 5 јасно се виде остаци горњег поклопца и падобрана, кратер настао ударом лендера о тло и истовременом експлозијом преосталог горива.



слика 5

Такође је 2003. Европски лендер 'Бигл-2' (Beagle) изгубљен у завршној етапи спуштања на Марс, тако да Црвена планета није гостољубива према европским лендерима.

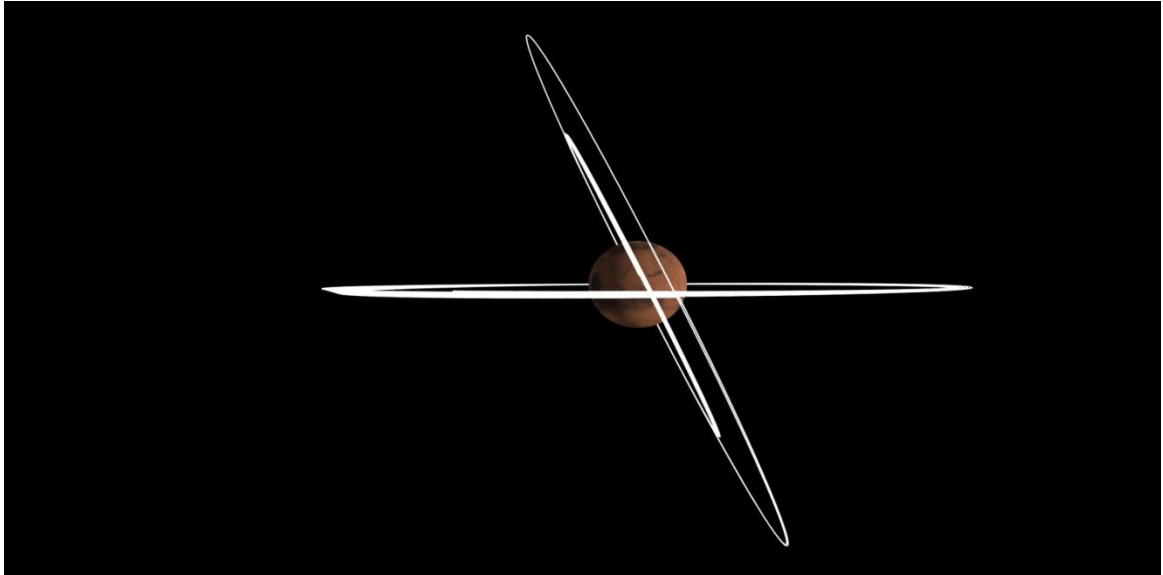
### 3.4.5. Успех или неуспех?

Упркос уништењу лендера Скјапарели, његова мисија се у техничком смислу сматра 80% успешном. Сви телеметријски подаци су до самог тренутка удара примљени у контролном центру ЕСА у Дармштату, Немачка. Уз то, ТГО се успешно поставио у орбиту, те је ЕгзоМарс 2016 испунио очекивања.

## 4. Најскорије вести

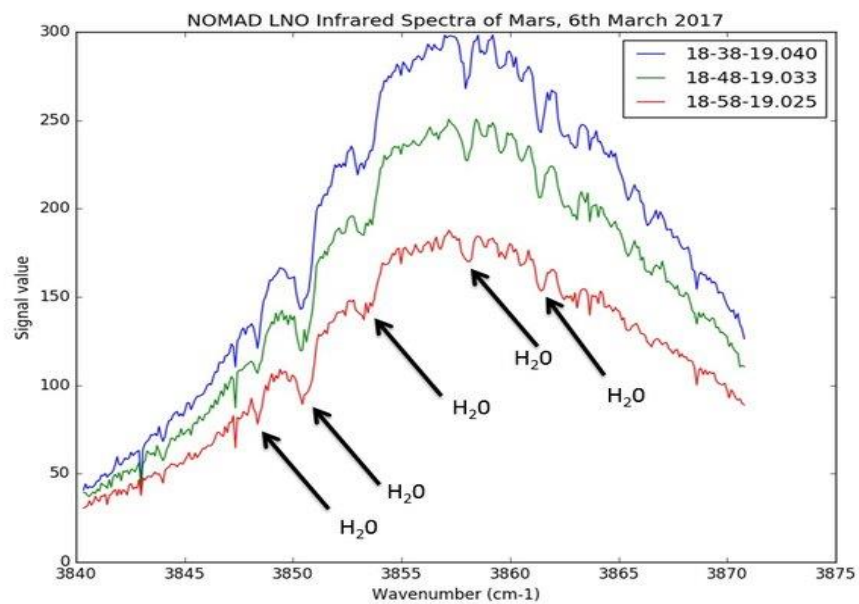
Почетком ове године, прилагођена је орбита око Марса. Овај маневар био је извршен у три потеза, те три јануарска дана, избегавајући на тај начин опасну ситуацију у којој би се летелица сударила са планетом у случају било каквог неочекиваног рада мотора или прераног одвајања. Мотор је извршио потискивање успешно користећи врло мали потисак. Коначно, ситно намештање начињено је 5. фебруара, а у исто време смањена је висина најниже тачке орбите са 250 на 210 км. Промена нагиба, приказана на слици, је неопходна промена за следећи изазов: дугомесечно 'аерокочење'. Контролори мисије ће командовати летелицом како би покупила танани горњи слој атмосфере, стварајући тако

малу количину отпора летелици који ће је спустити. Овај процес почео је средином марта и трајаће око 13 месеци.



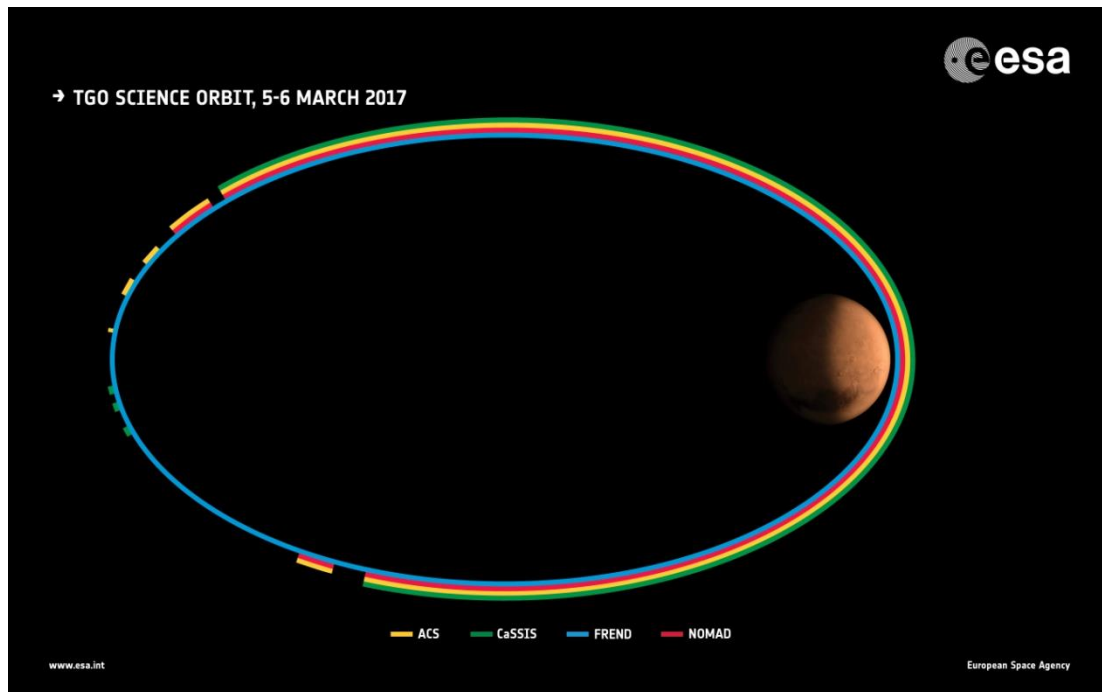
Слика 5: промена нагиба

НОМАД је такође имао прилику да тестира своје уређаје, приказано на слици 6, који ће вршити врло осетљива мерења атмосфере како би одредили њен састав. У међувремену, ФРЕНД детектор наставио је да прикупља проток неутрона са површине. На крају, ови подаци биће кориштени да би се одредиле локације где би се могли налазити вода и лед испод површине тла.



слика 6: НОМАД-ова истраживања

Од следеће године, летелица ће бележити своја запажања из скоро кружне орбите, на висини од 400км, обилазећи планету на свака два сата. Тренутно је у једнодневной орбити, као што се види на слици 6, али након аерокочења и прилагођавања, при свом најближем приступу улазиће у атмосферу, и тако смањити удаљеност најдаље тачке током године.



слика 7: тренутна орбита

Контролори мисије су интензивно сарађивали са стручњацима за динамику лета да би се припремили за ову изазовну фазу-аерокочење. Пажљиво ће пратити поредак температура и убрзање летелице, не само током првих пар пролазака кроз атмосферу, већ и током остатка године, и подесити путању, уколико то буде потребно. Коначна орбита је такође намењена за пренос информација и комуникацију са роверима и лендерима на тлу, посебно 2020. године.

## 5. Будућност мисије

ЕгзоМарс 2020 ровер и површинска платформа биће покренути 2020. Године. Примарни циљ је да слети на локацију високог потенцијала за проналажење добро очуваног органског материјала, нарочито из врло раног периода историје планете.

Док површинска платформа буде непокретно боравила на месту слетања, ровер ће вероватно путовати неколико километара при свом боравку на Марсу. Кад нађе

одговарајуће тло, копаће до два метра испод површине да прикупи узорке за анализу, која ће се обављати у лабораторији у роверу. Дубљи узорци тла највероватније могу садржати добро очуване биохемијске трагове, с обзиром на то да слаба Марсова атмосфера сложеним молекулима на тлу пружа малу заштиту од зрачења .

У ужем избору за локацију слетања нашло се четири места, приказаних на слици. До лансирања 2020. Мора бити одлучено које тачно место ће се истраживати, а очекује се да ће та одлука бити донета средином 2019. До тада ће детаљно бити испитане различитости локација, доступност интересантних геолошких крајолика, услови за вожњу ровера и сл.

## 6. Закључак

---

Човекова радозналост и жеља за сазнањем одвела га је чак на суседну планету. Потрага за ванземаљским животом и даље траје, али је тренутно занимљивија и лакше решива тема потрага за новим човековим домом, односно настањивом планетом. С обзиром на бесконачност простора који нас окружује, неминовно је да негде постоји одговарајућа планета, која пружа неопходне услове за живот. Али нажалост, човек још није достигао развијеност технологије која би га могла одвести на тако далек пут и раширити цивилизацију у универзум.

Марс као нама најближа планета, по карактеристикама као и по удаљености, нам можда може пружити ново уточиште. Мисије попут ЕгзоМарса су од огромног значаја за цео људски род, јер омогућавају да спознамо, првенствено наш Сунчев систем, а затим и свемир уопште, то јест, начин на који функционише и могућности које нуди. Убрзо ћемо сазнати какве услове нуди суседна планета и да ли живот може опстати и при другачијим условима. Најпре је на мети тема постојања воде на другим планетама, затим одговарајуће атмосфере, те тла и његових квалитета. Верујемо да нас Марс по том питању неће разочарати и прихватити нас као честе посетиоце. Надамо се да ће при наредним мисијама показати гостољубивост и дозволити нам да сазнамо његове тајне.

Мисија ЕгзоМарс представља велик успех ЕСА-е и њених сарадника, Роскосмос-а и НАСА-е, којим показују човекову решеност и храброст да, упркос бројним неуспесима, настави да тражи и истражује своју околину. Ова мисија се наставља дугогодишњим плановима, и то надамо се, успешно и плодно као и до сада.