



# UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici – [info@geoitt.it](mailto:info@geoitt.it)

Giornata di informazione QGIS Day – Firenze 06/12/2019

## UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici, Ph.D.

Special thanks to **G.G. Ori** & **A. Aboudan** (IRSPS), **F. Calantropio** & **A. Merlo** (Thales Alenia Space Italy), and **L. Lorenzoni** (ESA) per il loro fondamentale contributo a questo lavoro.



# UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici – [info@geoitt.it](mailto:info@geoitt.it)

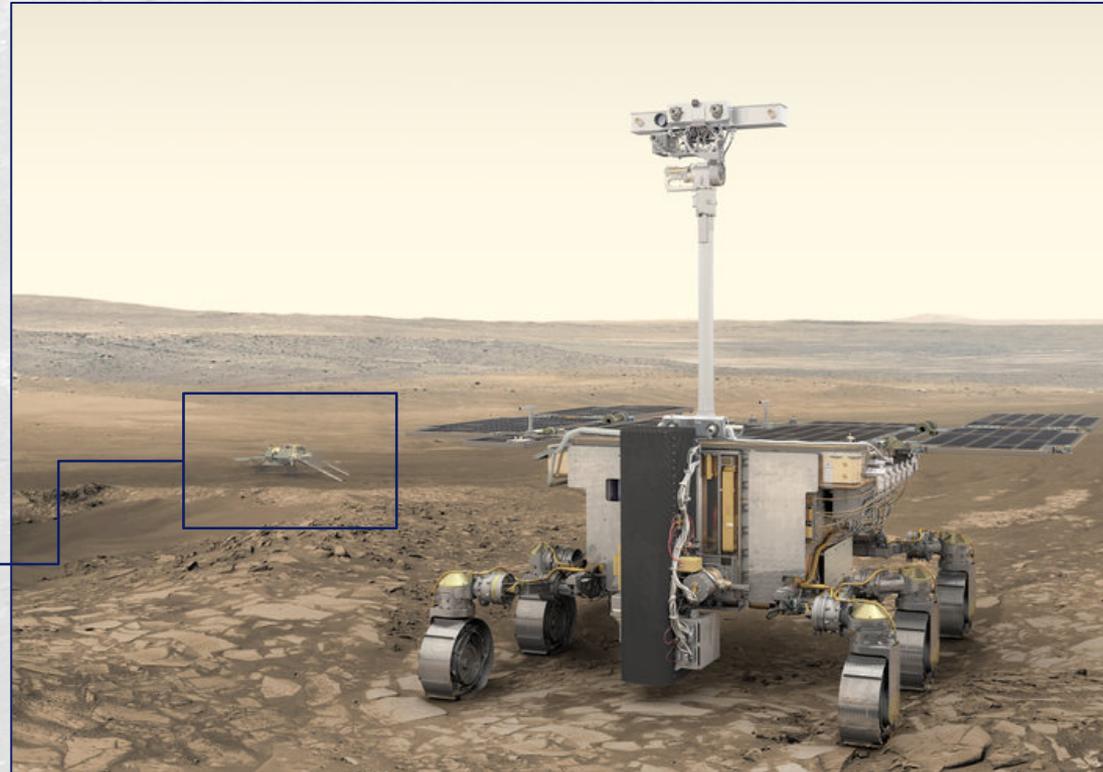
Giornata di informazione QGIS Day – Firenze 06/12/2019

## INTRODUZIONE

La missione **ExoMars 2020** (ESA-ROSCOSMOS) porterà il rover europeo **“Rosalind Franklin”** e la piattaforma di atterraggio russa **“Kazachok”** sulla superficie di Marte. **Thales Alenia Space Italia (TAS-I)** e **NPO Lavochkin** sono i prime contractor. Il rover è stato progettato per percorrere diversi chilometri sulla superficie marziana alla ricerca di possibili testimonianze della presenza di vita (attuale o fossile). Nel novembre 2018, il Landing Site Selection Working Group ha raccomandato **Oxia Planum** come sito di atterraggio per la missione ExoMars 2020.

**IRSPS ha supportato l'intero processo di selezione del sito di atterraggio.**

**Tutte le analisi sono state svolte in ambiente GIS utilizzando i software openSource QGIS e GRASS.**



## OXIA PLANUM

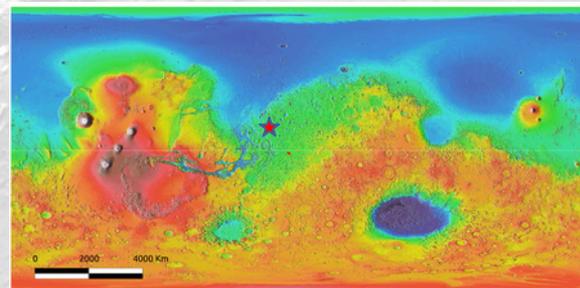
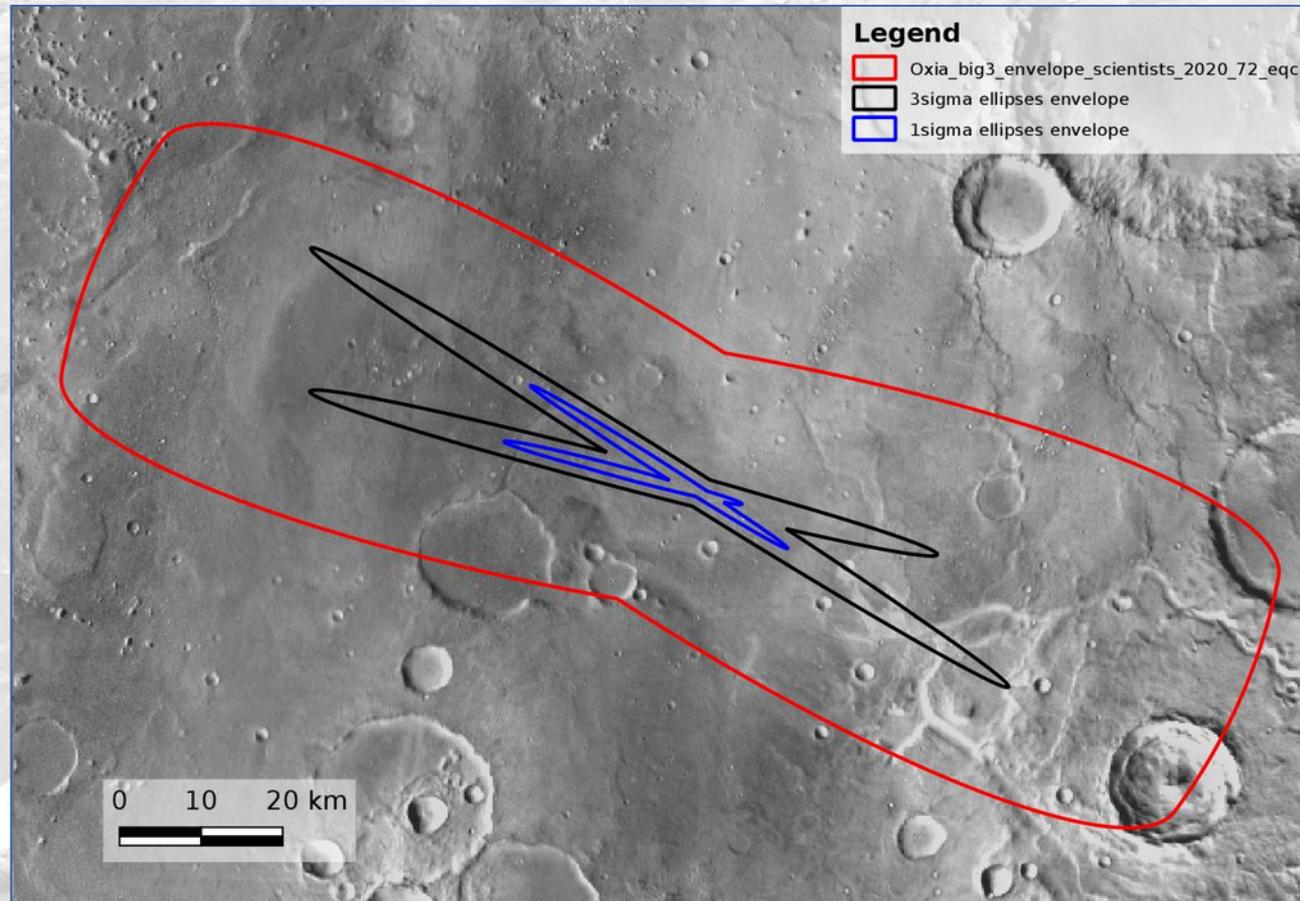
Il sito di atterraggio ( $18.16^{\circ}$  N -  $24.33^{\circ}$  W) si trova in **Arabia Terra**, nell'emisfero settentrionale di Marte. L'area investigata corrisponde all'area ottenuta dall'involuppo di diverse possibili ellissi di atterraggio, il cui azimuth varia in funzione della data di lancio.

L'area investigata è abbastanza grande, oltre i **6.000 km<sup>2</sup>**

**1sigma** = ~68% dei punti di atterraggio simulati\*

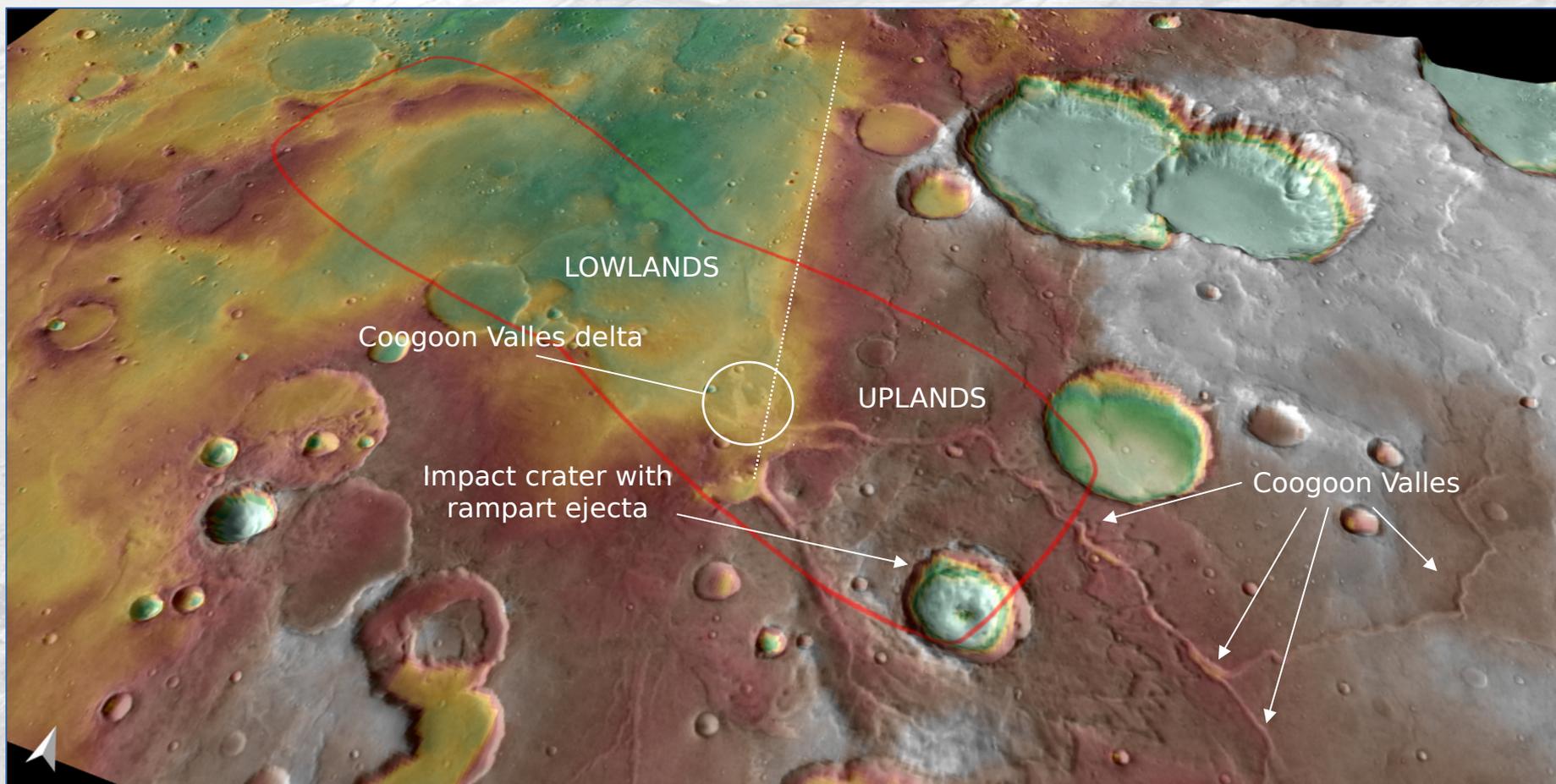
**3sigma** = ~99% dei punti di atterraggio simulati\*

*\*Punti di atterraggio simulati generati da TAS-I tramite una campagna Monte Carlo*



## FISIOGRAFIA

L'area è caratterizzata da una fisiografia molto eterogenea, con diversi ambienti geologici e morfologici.



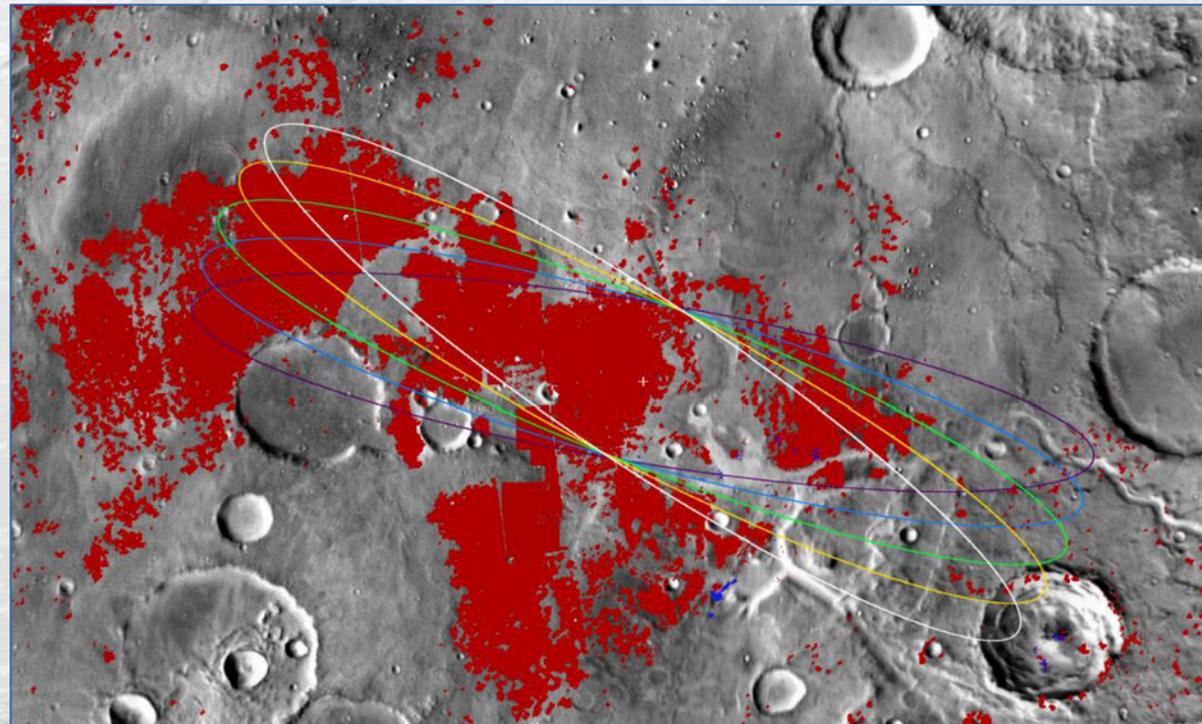
Data fusion di THEMIS IR Day mosaic e MOLA elevation su MOLA DTM. Esagerazione verticale x5.

## GEOLOGIA

Oxia Planum è caratterizzata da **rocce stratificate a composizione argillitica di età Noachiana (~3.9 Ga)\***, per le quali si ipotizza un'origine legata alla **presenza di un ambiente acquoso per un periodo di tempo esteso**. Queste rocce potrebbero aver favorito la preservazione di **eventuali biosignature**.

\* Risultati dal 5<sup>th</sup> ExoMars 2020 Landing Site Selection Workshop

Fillosilicati ferro-magnesiaci osservati tramite gli strumenti OMEGA (Mars Express) e CRISM (Mars Reconnaissance Orbiter).



Hydrous clays

Credit: John Carter – 5<sup>th</sup> ExoMars 2020 Landing Site Selection Workshop. Modified from original.

## ENGINEERING CONSTRAINTS per la fase EDL

- **Pendenze** del terreno a scala da chilometrica a scala metrica:

- Guidance Navigation and Control (GNC)
- Stabilità all'atterraggio
- Rilievo massimo del terreno alla scala del modulo di atterraggio

- **Abbondanza di rocce** sul terreno

- **Riflettività RADAR** del terreno:

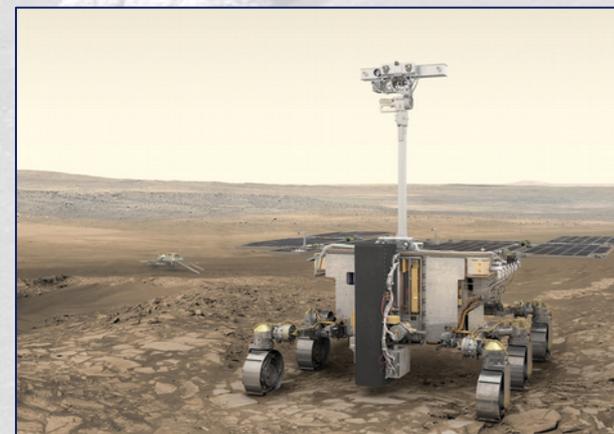
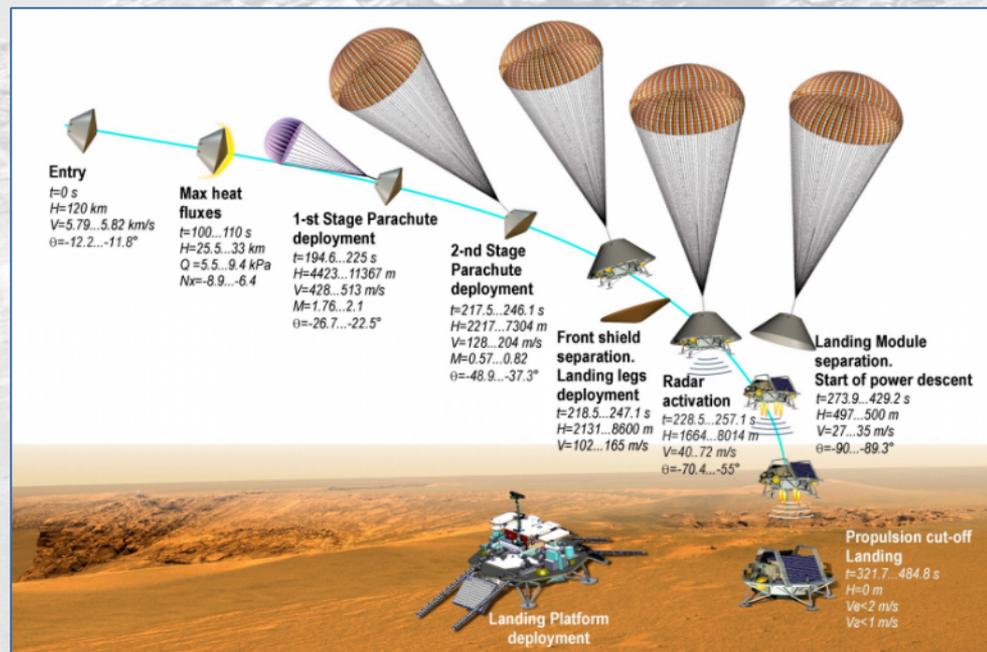
- Back-scattering
- Maximum back-scattering decay

- **Proprietà termiche** della superficie:

- Albedo
- Inerzia termica

## ENGINEERING CONSTRAINTS per la fase di roving

- **Rover Egress e Traversability**: combinazione di pendenze, tipologia di suolo e abbondanza di rocce.





# UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici – [info@geoitt.it](mailto:info@geoitt.it)

Giornata di informazione QGIS Day – Firenze 06/12/2019

## Primary data sources

- NASA Planetary Data System
- PDS Orbital Data Explorer
- USGS PIGWAD
- DLR

## Processing and co-registration

ISIS3 - ASP  
QGIS - GRASS  
MATLAB

## GIS Database



## WORKFLOW

Geological and geomorphological analysis and mapping

Planetary Protection Analysis



## Products

## Products

Surface Characterization Map

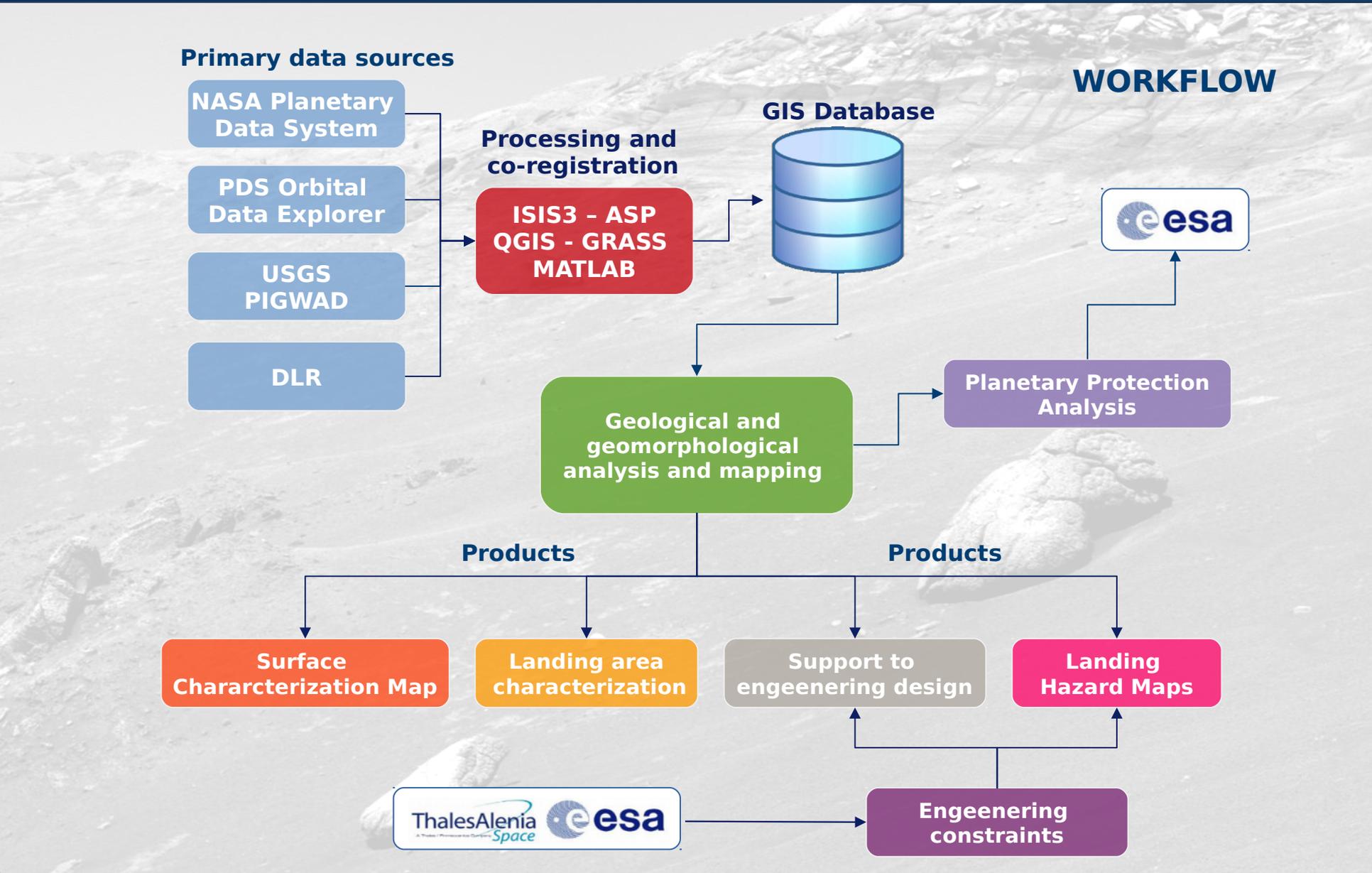
Landing area characterization

Support to engineering design

Landing Hazard Maps



Engineering constraints

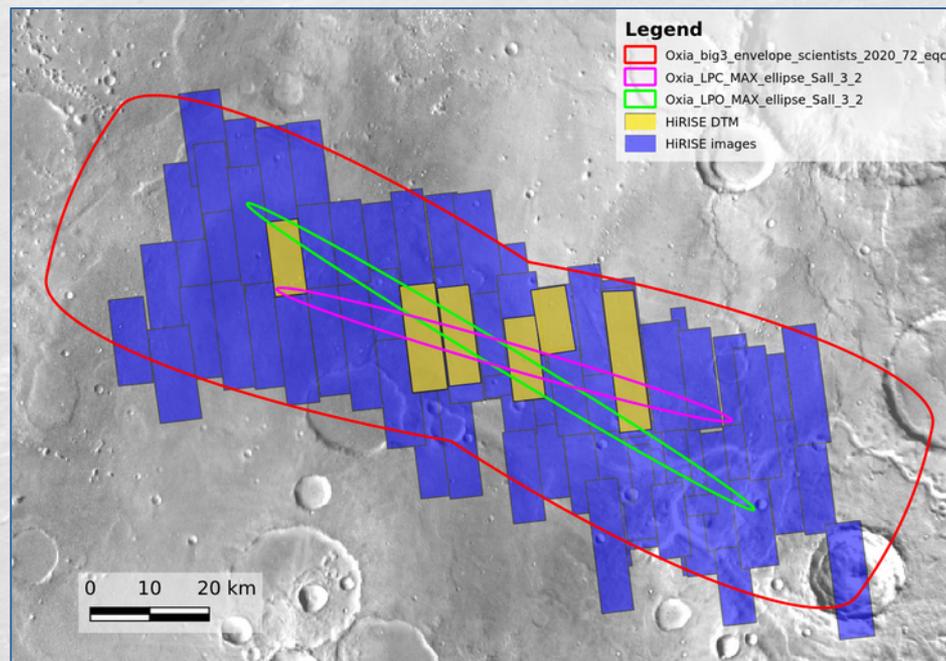


## DATABASE UTILIZZATO PER LA CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA

- MOLA data (and derived slope map)
- TES data
- THEMIS IR Day and Night mosaics
- HRSC images and DEMs (and derived slope maps)
- CTX images
- HiRISE images and stereo-derived DEMs (and derived slope maps)

Tutti I dati sono stati coregistrati sulla base del dato MOLA e seguendo un ordine crescente di risoluzione spaziale.

DATASET	CHARACTERIZATION AREA %
MOLA	100
Albedo (TES)	100
Thermal Inertia (TES)	100
THEMIS IR	100
HRSC DTM	100
CTX	100
HiRISE	75
HiRISE DTM	9*



\* Additional HiRISE DTMs became recently available for Oxia Planum and can be analyzed in a second step if needed.

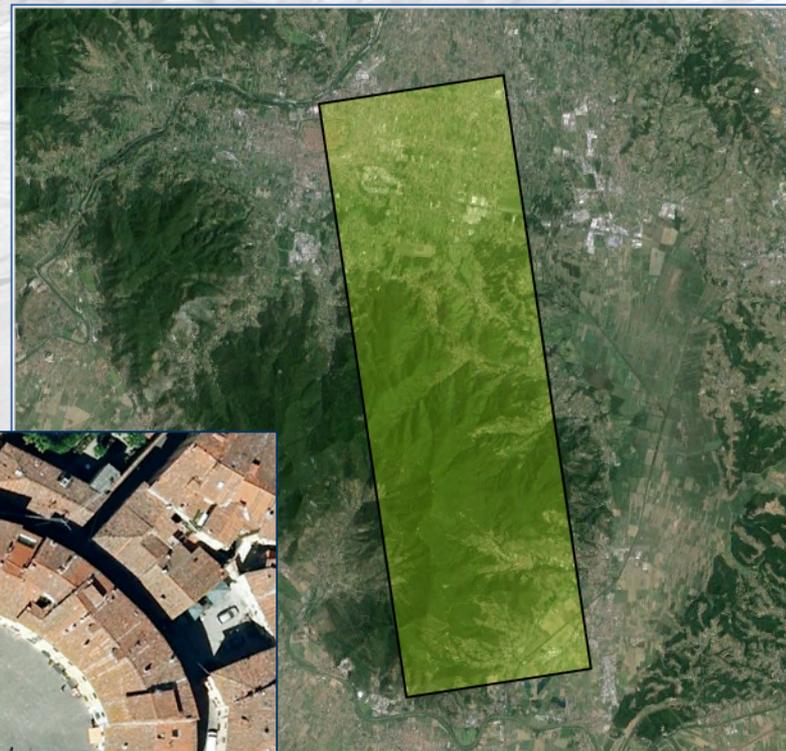
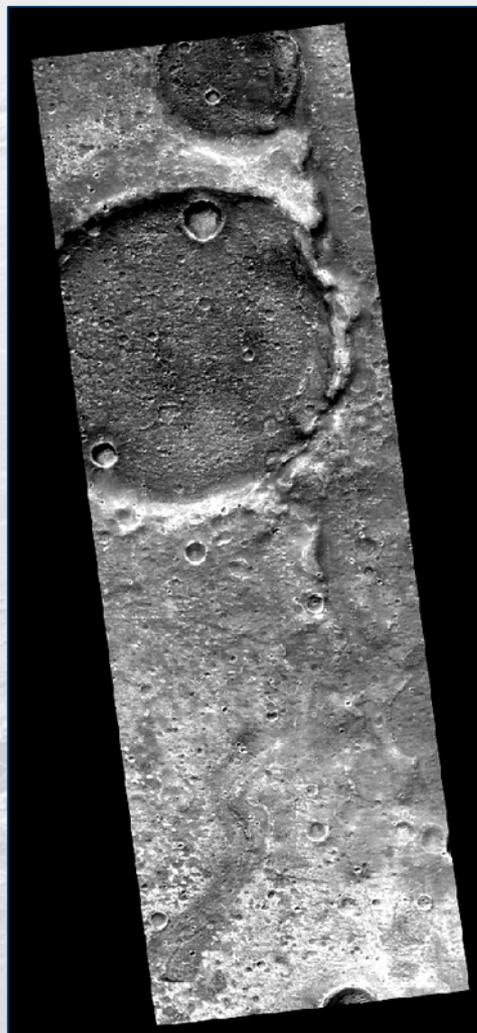


# UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici – [info@geoitt.it](mailto:info@geoitt.it)

Giornata di informazione QGIS Day – Firenze 06/12/2019

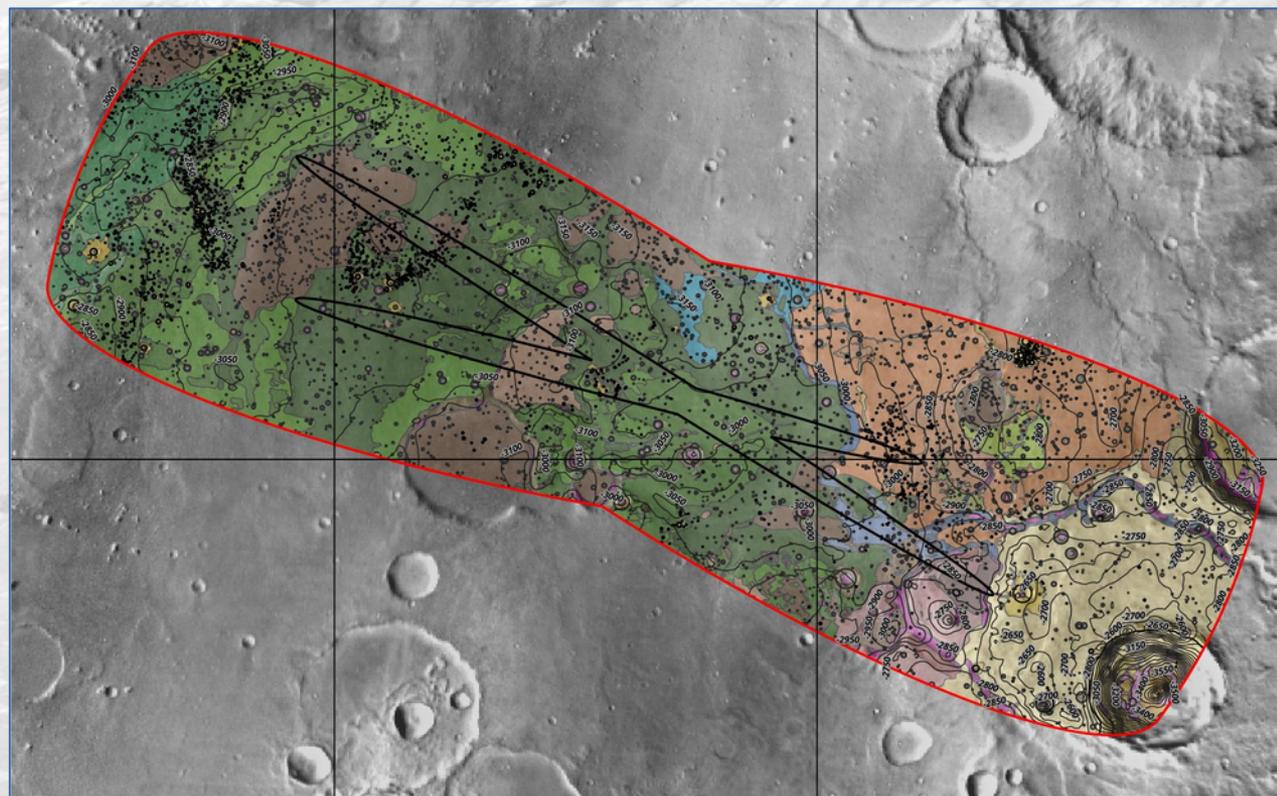
Immagine pancromatica HiRISE  
(Mars Reconnaissance Orbiter)



## SURFACE CHARACTERIZATION MAP

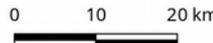
La surface Characterization Map rappresenta **unità e sub-unità** di terreno che identificano **aree con caratteristiche superficiali simili**, ed è stata realizzata **in prospettiva del DM landing e del Rover Traversability ed Egress**

Tutte le analisi e valutazioni quantitative sono state svolte sulla base delle varie unità identificate dalla Surface Characterization Map.



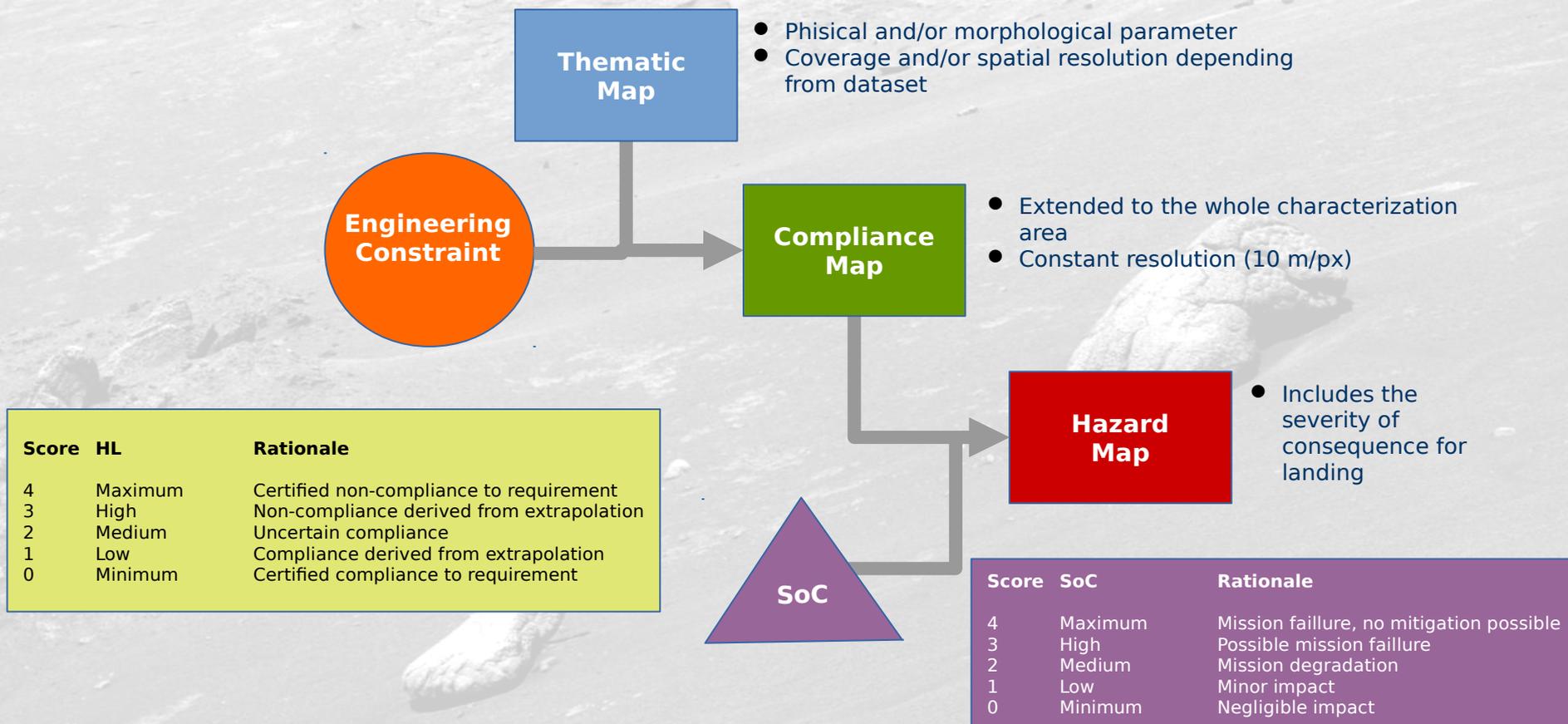
### Legend

Oxia_big3_envelope_scientists_2020_72_eqc	Aeolian TARs	Impact Crater North-Eastern wall	1 D	3 C	5 B
Contour Lines (interval 50m)	Aeolian_TARs at crater floor	Impact Crater South-Eastern ejecta	1 E	3 D	5 C
Degraded	Impact Crater pristine	Impact Crater South-Eastern floor	1 Wrinkle ridge	3 E	5 D
Subdued	Impact Crater degraded	Impact Crater South-Eastern wall	2 A	3 F	5 E
Inverted	1 A	2 A	2 B	3 Isolated Knob	5 Sinuous ridge
Pristine	Impact Crater North-Eastern ejecta	2 B	2 Scarp	4 A	
	Impact Crater North-Eastern floor	1 B	3 A	4 B	
		1 C	3 B	5 A	



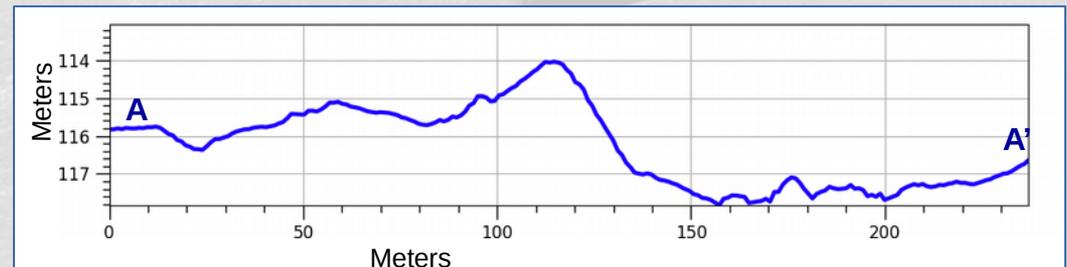
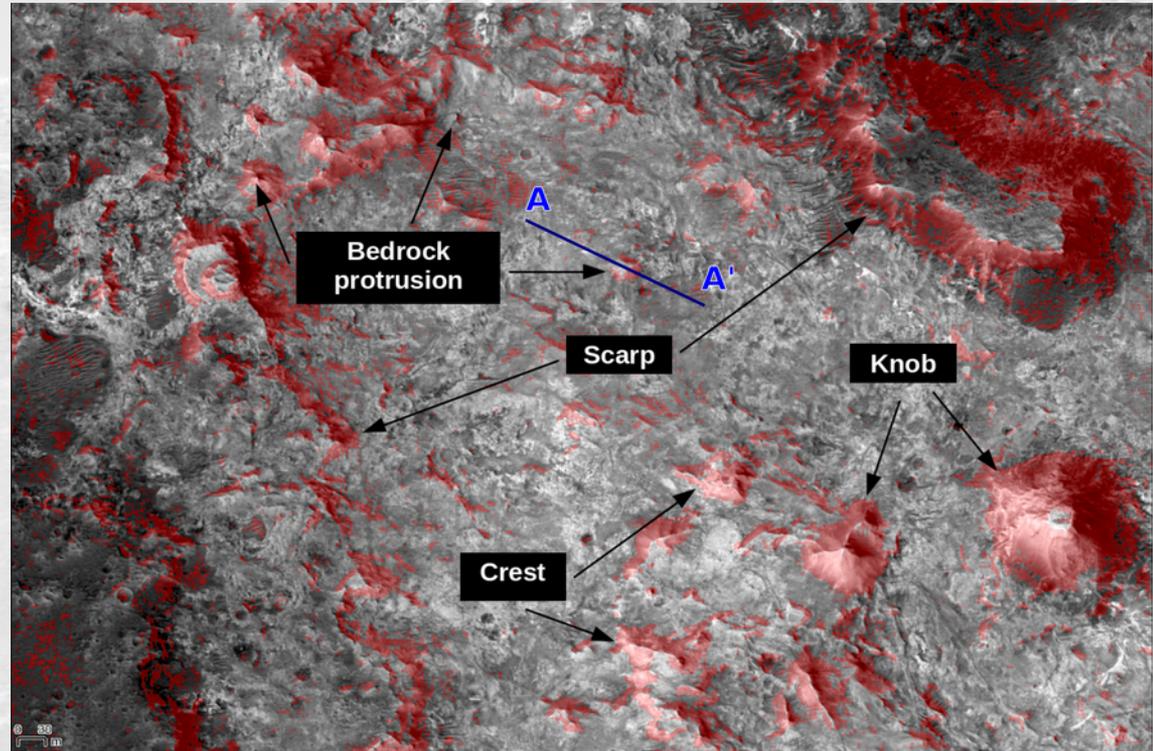
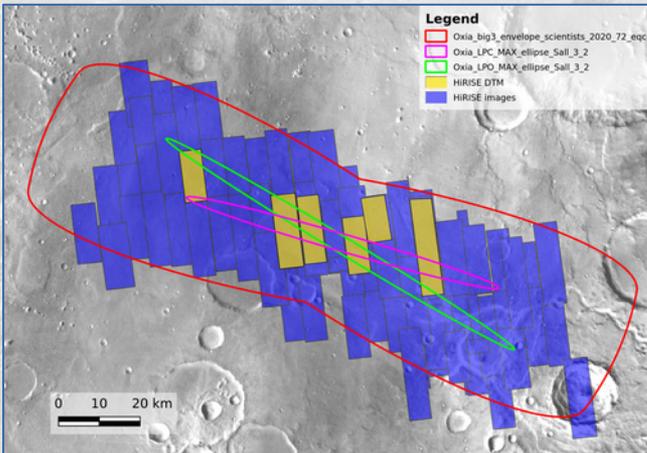
## IDENTIFICAZIONE DEGLI HAZARDS E APPROCCIO PER IL RISK ASSESSMENT

L'identificazione dei rischi è stata effettuata sulla base di una serie di mappe tematiche relative ai diversi Engineering Constraints. Per ogni mappa tematica è stata determinata una camma di compliance/non-compliance tramite l'applicazione di Engineering Constraints e valori di Hazard Likelihood (box giallo). Quindi ogni mappa di compliance è stata moltiplicata per il valore di Severity of Consequence ottenendo così le Hazard Maps



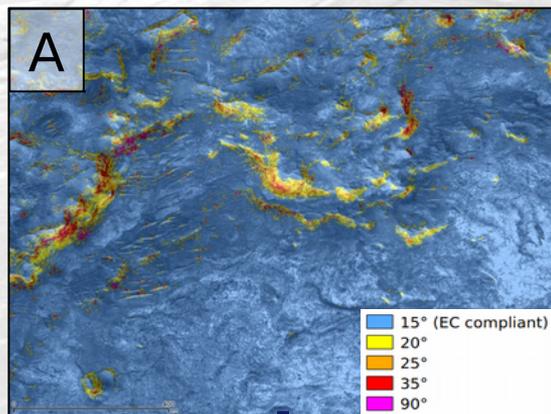
Sfortunatamente, le **informazioni tridimensionali a scala metrica sono disponibili solo in alcune aree**, dove sono presenti i DTMs derivati da stereocoppie HiRISE

Tutte le analisi di pendenza sono state automatizzate tramite Shell Script per GRASS.

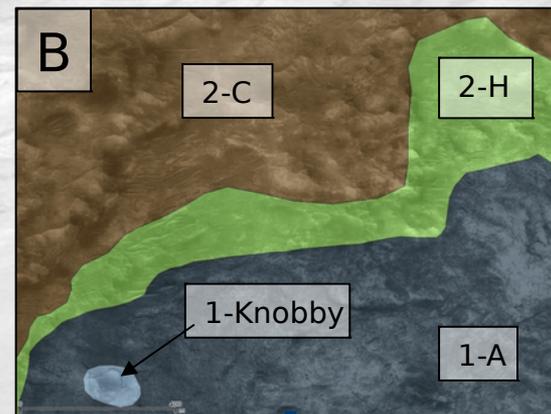


## ESTRAPOLAZIONE DELLA COMPLIANCE PER GLI ENGINEERING CONSTRAINTS A SCALA METRICA

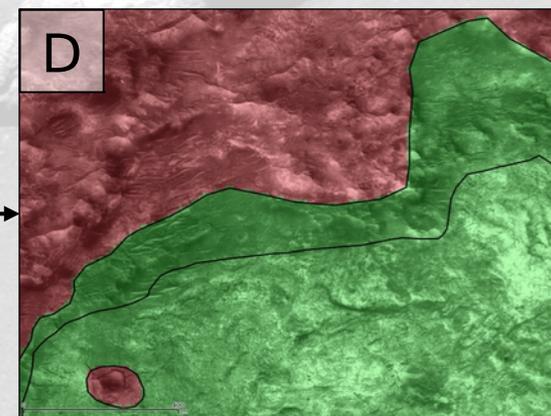
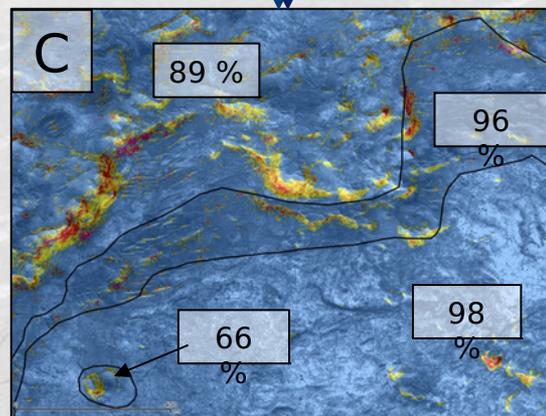
Slope map directly derived from HiRISE DTM



Surface Characterization Map



Nelle aree dove i DTMs HiRISE sono disponibili, è stata calcolata per ogni sub-unità la percentuale di area compliant nei confronti dei diversi engineering constraint. Le **sub-unità aventi una percentuale di area compliant rispetto agli engineering constraint inferiore al 95% sono considerati non-compliant per estrapolazione.**

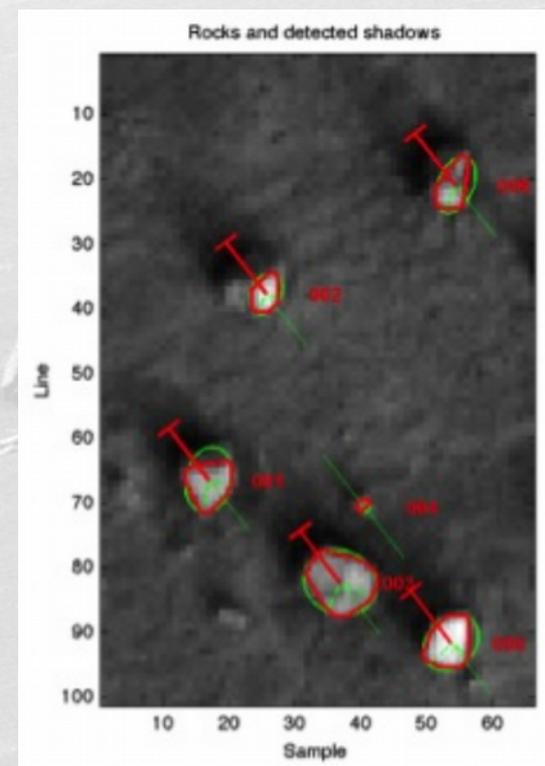
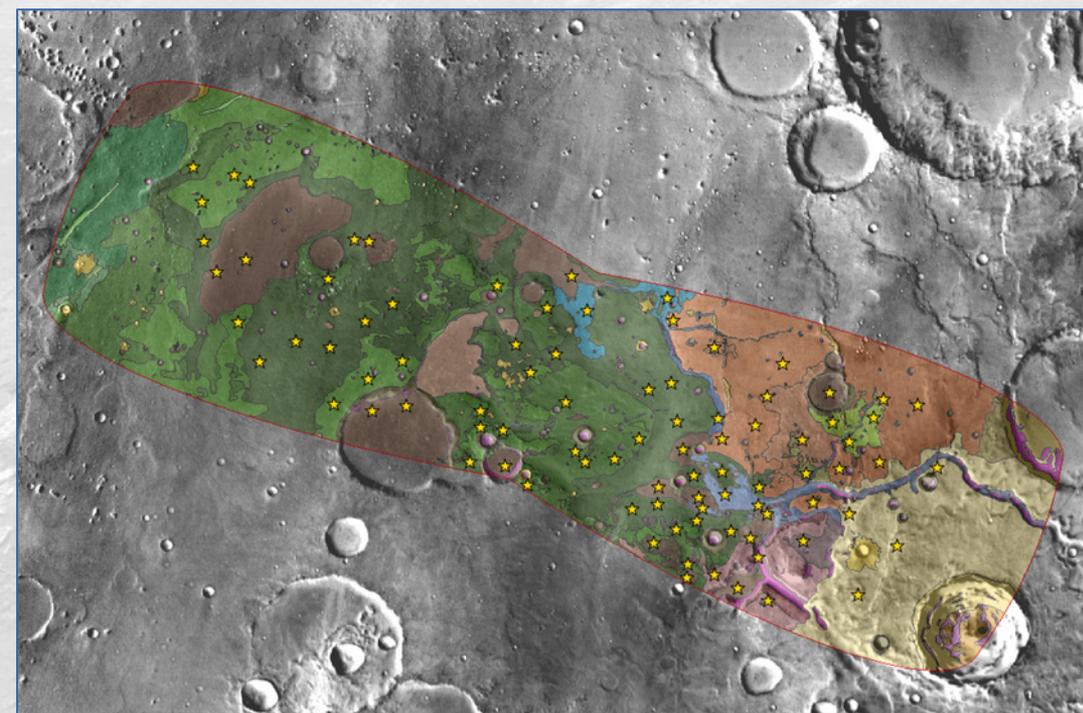


■ Compliance derived from extrapolation  
■ Non-compliance derived from extrapolation

## MAPPATURA DELL'ABBONDANZA DI ROCCE PRESENTI SULLA SUPERFICIE

L'abbondanza di rocce è stata stimata in aree selezionate (200m x 200m) **utilizzando un plug-in sviluppato appositamente per Qgis, il RAD (Rock Automated Detector).**

Il RAD è in grado di determinare le dimensioni (x, y, z) delle rocce osservate sulle immagini HiRISE (0,25 m/px) utilizzando parametri come la dimensione in pianta della roccia, la dimensione della sua ombra e la direzione di provenienza della luce.





# UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici – [info@geoitt.it](mailto:info@geoitt.it)

Giornata di informazione QGIS Day – Firenze 06/12/2019

## Esempi di Compliance Maps per la fase EDL



## Come interpretare i colori delle mappe di Compliance

**Blu** - Aree conformi all'engineering constraint con valutazione ottenuta da misure dirette.

**Verde** - Aree con conformità all'engineering constraint ottenuta per estrapolazione. In queste aree, sulla base di misure effettuate solo in aree selezionate, la **porzione di terreno non-conforme è inferiore al 5%**.

**Giallo** - Aree dove non è possibile effettuare valutazioni numeriche per mancanza di dati, o per le quali l'extrapolazione non ha significato.

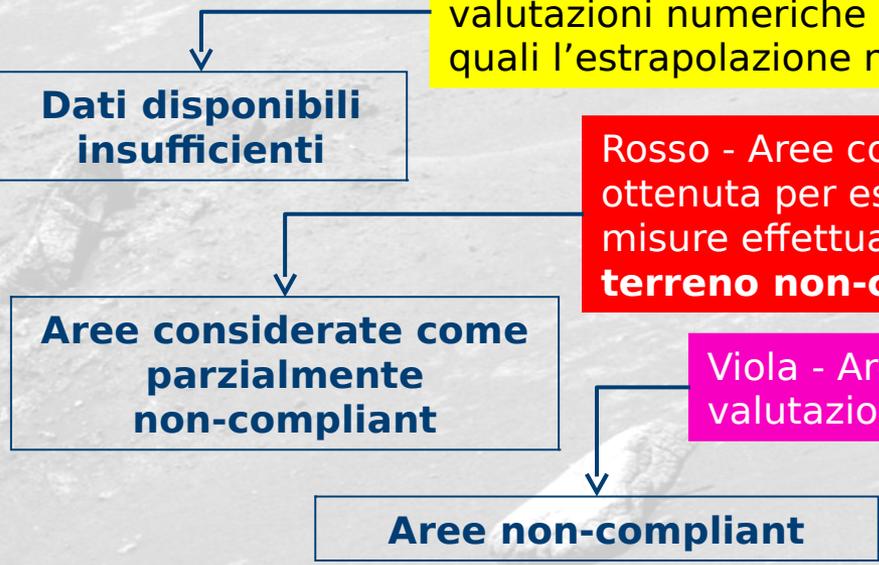
**Dati disponibili insufficienti**

**Rosso** - Aree con conformità all'engineering constraint ottenuta per estrapolazione. In queste aree, sulla base di misure effettuate solo in aree selezionate, la **porzione di terreno non-conforme è superiore al 5%**.

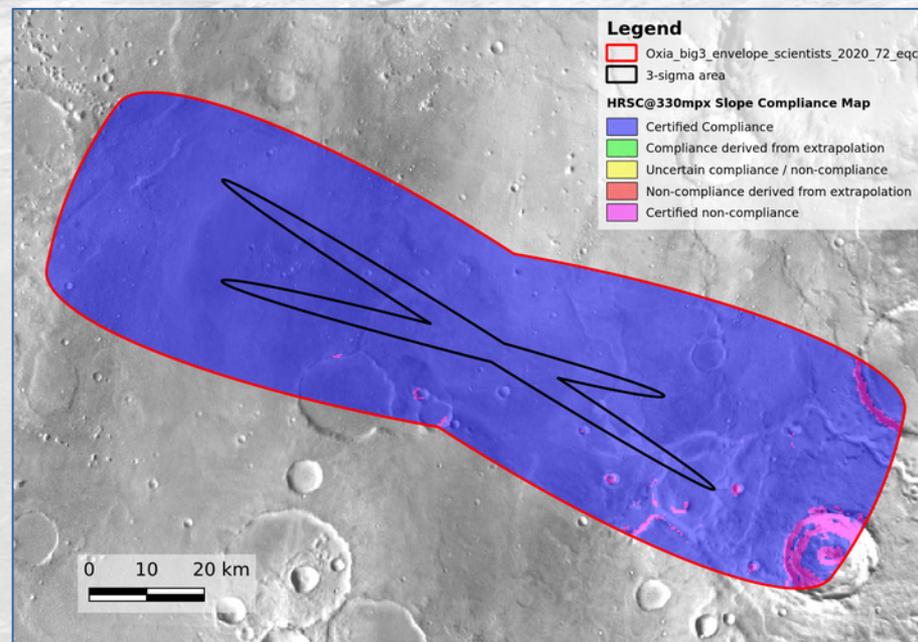
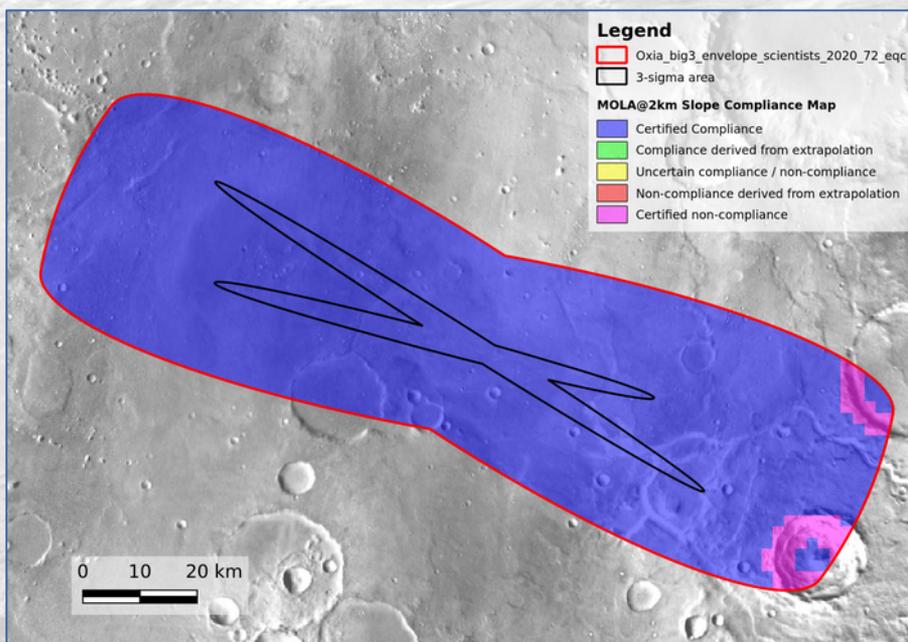
**Aree considerate come parzialmente non-compliant**

**Viola** - Aree non conformi all'engineering constraint con valutazione ottenuta da misure dirette.

**Aree non-compliant**



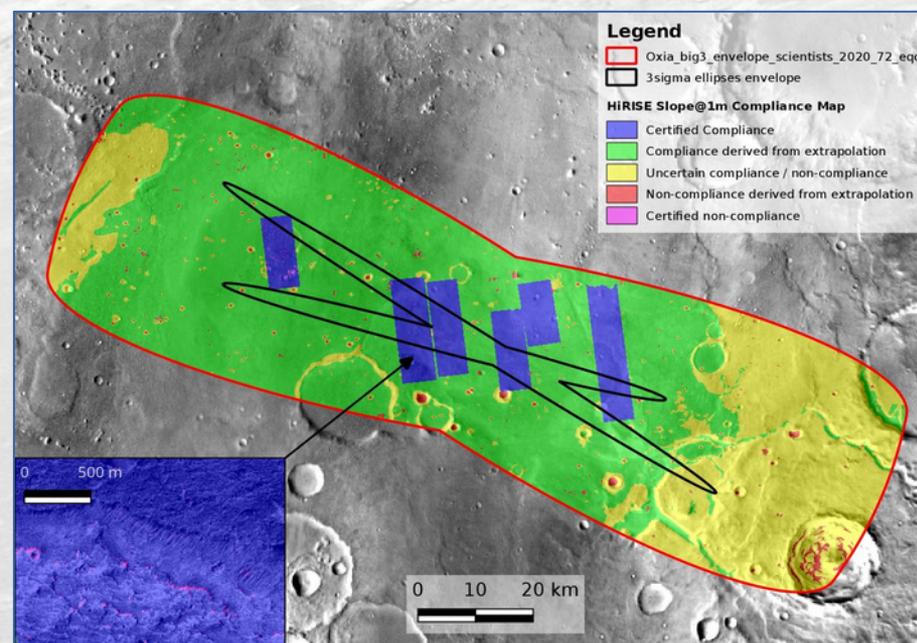
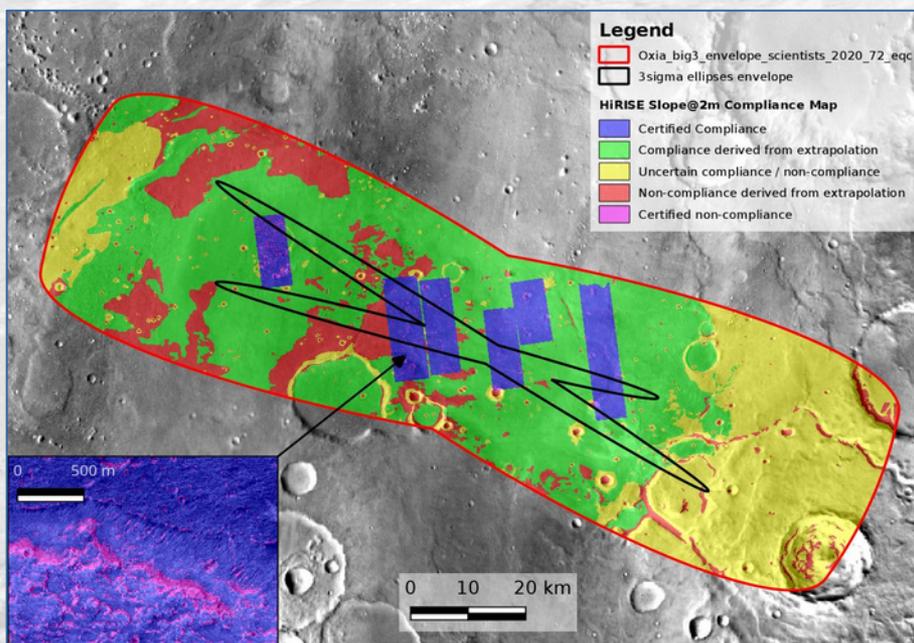
## Pendenza a scala chilometrica ed ettometrica



COMPLIANCE w.r.t. the EC	Characterization area (%)	3-sigma area (%)
Certified compliance to requirement	97,0	100
Compliance derived from extrapolation	-	-
Uncertain compliance/non-compliance	-	-
Non-compliance derived from extrapolation	-	-
Certified non-compliance to requirement	3,0	-

COMPLIANCE w.r.t. the EC	Characterization area (%)	3-sigma area (%)
Certified compliance to requirement	97,8	100,0
Compliance derived from extrapolation	-	-
Uncertain compliance/non-compliance	-	-
Non-compliance derived from extrapolation	-	-
Certified non-compliance to requirement	2,2	0,0

## Pendenza alla scala di 2 m e 1 m

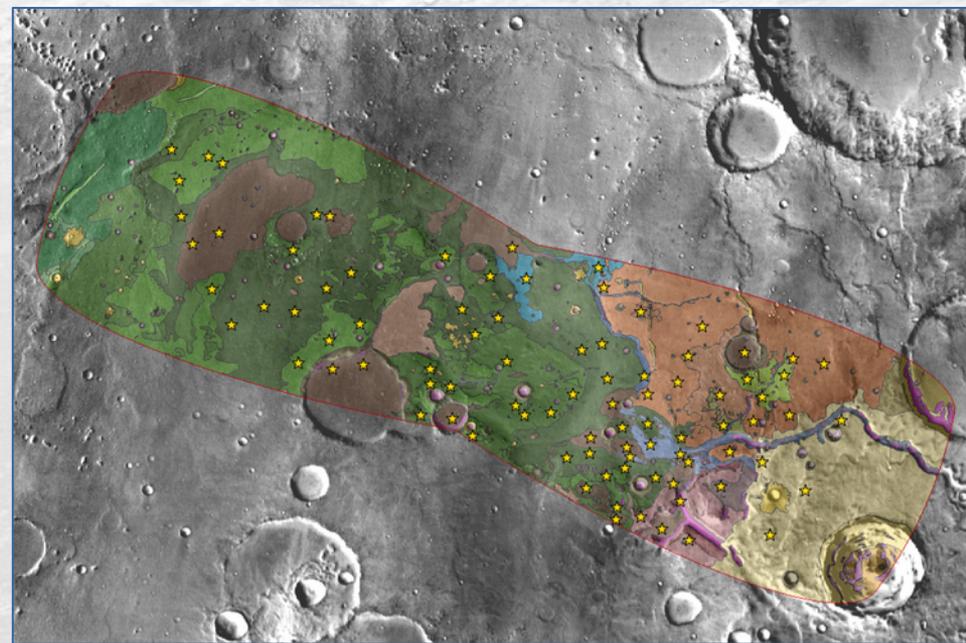
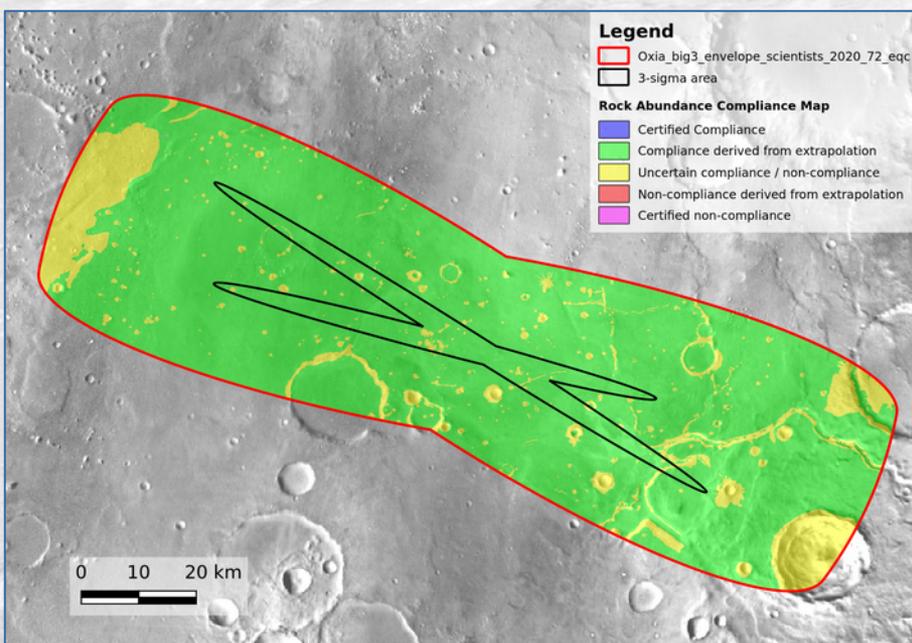


COMPLIANCE w.r.t. the EC	Characterization area (%)	3-sigma area (%)
Certified compliance to requirement	8,2	28,4
Compliance derived from extrapolation	46,7	57,0
Uncertain compliance/non-compliance	29,9	3,8
Non-compliance derived from extrapolation	14,6	9,1
Certified non-compliance to requirement	0,6	1,7

COMPLIANCE w.r.t. the EC	Characterization area (%)	3-sigma area (%)
Certified compliance to requirement	8,7	29,9
Compliance derived from extrapolation	60,2	65,5
Uncertain compliance/non-compliance	29,9	3,9
Non-compliance derived from extrapolation	1,1	0,5
Certified non-compliance to requirement	0,1	0,2

## Abbondanza superficiale di rocce

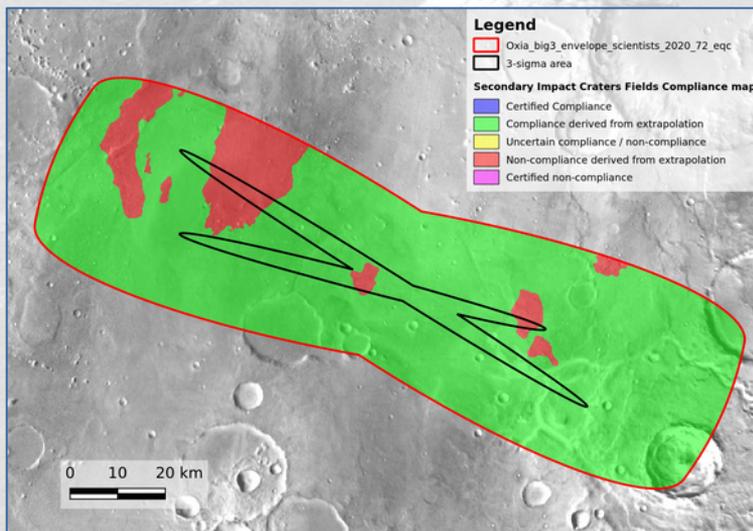
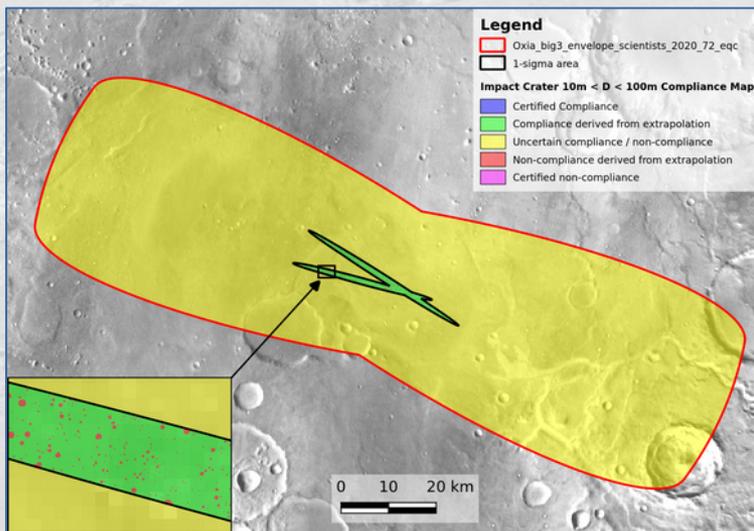
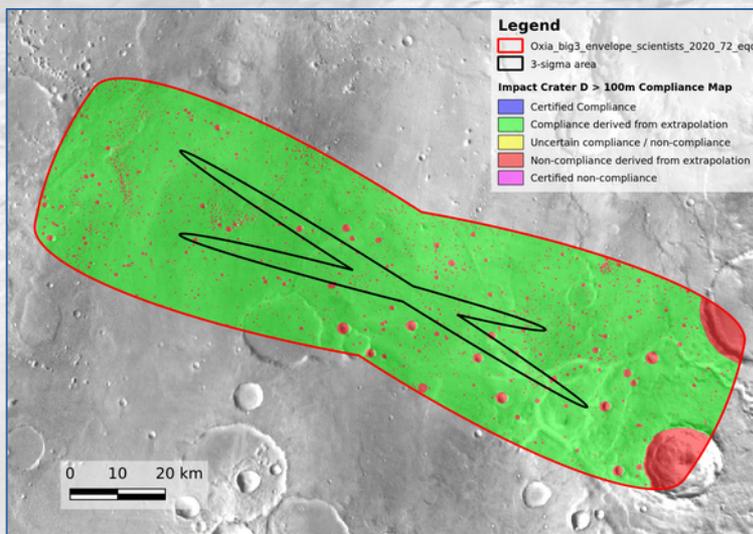
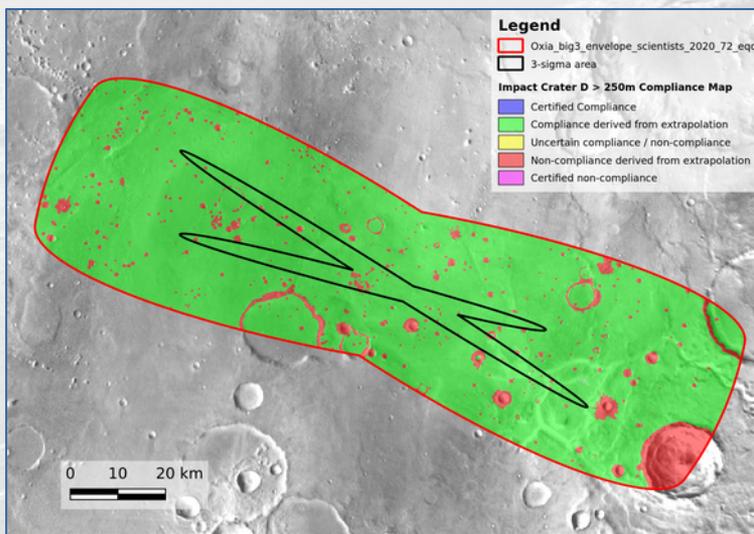
L'abbondanza di rocce è stata stimata in aree selezionate (200m x 200m) utilizzando un plug-in appositamente realizzato per Qgis, il **RAD (Rock Automated Detector)**. I risultati sono stati poi estesi all'intera area investigata.



COMPLIANCE w.r.t. the EC	Characterization area (%)	3-sigma area (%)
Certified compliance to requirement	-	-
Compliance derived from extrapolation	85,9	95,7
Uncertain compliance/non-compliance	14,1	4,3
Non-compliance derived from extrapolation	-	-
Certified non-compliance to requirement	-	-

Le aree per le analisi di rock abundance (stelline gialle) sono state selezionate sulla base della Surface Characterization Map e della distribuzione spaziale di immagini HiRISE.

## Crateri da impatto





# UTILIZZO DI QGIS E GRASS PER LA CARTOGRAFIA DEGLI HAZARDS PER LA MISSIONE EXOMARS 2020 (ESA/ROSCOSMOS)

Dott. Geol. Andrea Pacifici – [info@geoitt.it](mailto:info@geoitt.it)

Giornata di informazione QGIS Day – Firenze 06/12/2019

## CONCLUSIONI

- ExoMars 2020 Landing Site Selection Working Group ha raccomandato Oxia Planum come sito di atterraggio per la missione.
- IRSPS ha supportato l'intero processo di selezione del sito di atterraggio. La fase di finale di produzione delle carte di rischio è attualmente in corso.
- Tutte le analisi sono svolte in ambiente GIS utilizzando i software OpenSource QGIS e GRASS
- Nell'ambito del progetto è stato sviluppato un plug-in per QGIS capace di supportare la mappatura e l'analisi dimensionale delle rocce presenti in superficie.

