

I segreti di Encelado

Massimo Ciafrei

massimociafrei425@gmail.com

(ITIS G. Ferraris, Roma)

Abstract Enceladus, one of Saturn's satellites, was discovered by Frederick William Herschel in 1789. Subsequently, Voyager 1 and Voyager 2 missions revealed that Enceladus' surface is characterized by youth and a paucity of craters, indicative of recent geological activity. Furthermore, these missions have documented anomalous features on the surface, suggesting the presence of liquid water. The Cassini-Huygens mission, launched in 1997 by NASA and ESA, confirmed the existence of geysers, implying a subsurface ocean beneath the icy crust. In addition, Cassini detected a dense atmosphere surrounding Enceladus, likely driven by its geologic activity. Collectively, the Voyager II and Cassini missions have provided pivotal insights into the geology, atmosphere, and dynamics of Enceladus, greatly advancing our understanding of this Saturnian satellite.

Sommario Evidenze per l'oceano sotto la superficie di Encelado vengono discusse, presentando uno degli oggetti più interessanti del sistema solare.

Keywords Enceladus, Voyager II, Cassini spacecraft, geyser, ice.

Nome: Encelado ¹è una delle lune di Saturno, prende il nome dalla mitologia greca. Il nome, insieme a quelli delle altre sette lune conosciute all'epoca, fu proposto da John Herschel, figlio di William Herschel, che nel 1847 pubblicò i risultati delle sue osservazioni astronomiche. La scelta del nome si basa sul fatto che Saturno, noto come Crono nella mitologia greca, era il re dei Titani. Encelado fu scoperto da Fredrick William Herschel il 28 agosto 1789, col suo telescopio da 1.2 metri, che all'epoca era il più grande al Mondo. Herschel aveva osservato per la prima volta il satellite nel 1787, quando gli anelli di Saturno erano in una posizione di "taglio" rispetto alla Terra.

Voyager I e II e Cassini:² Le missioni Voyager I e Voyager II sono state lanciate rispettivamente nel 1977 e nel 1981 dalla NASA per esplorare i pianeti esterni del sistema solare. Entrambe le sonde hanno effettuato flyby di Saturno e hanno fornito informazioni importanti sui suoi anelli, i suoi satelliti e il suo sistema magnetico. In particolare, le immagini scattate da Voyager II hanno mostrato che Encelado ha una superficie

¹ [https://it.wikipedia.org/wiki/Encelado_\(astronomia\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Encelado_(astronomia))

² https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/media/cassini-031605.html

molto giovane e priva di crateri, indicando attività geologica recente. Questo è stato confermato dalla scoperta di una serie di grandi vulcani attivi, conosciuti come "paleovulcani", che sono stati attivi per milioni di anni. I paleovulcani su Encelado sono vulcani che sono stati attivi in passato ma non lo sono più al momento attuale. Le immagini scattate dalle sonde hanno mostrato un gran numero di questi vulcani, alcuni dei quali hanno un diametro di fino a 50 km e un'altezza di fino a 2 km. Si ritiene che questi vulcani siano stati attivi per milioni di anni e che abbiano eruttato materiali come ghiaccio e acqua liquida. Le immagini scattate dalle sonde hanno anche mostrato la presenza di una serie di strutture uniche sulla superficie di Encelado, come le "fossette", che sono depressioni circolari che sembrano essere state scavate dall'acqua calda e dai gas sotterranei. Queste strutture suggeriscono che Encelado potrebbe avere un'attività geologica attuale, e che potrebbe essere uno dei pochi corpi celesti del sistema solare in cui è presente acqua liquida.

In generale, le missioni Voyager hanno fornito una quantità significativa di informazioni sulla geologia, geochimica, atmosfera e dinamica di Encelado, e hanno aumentato enormemente la comprensione di questa luna di Saturno. Anche se le sonde Voyager non erano specificamente progettate per studiare Encelado, ne hanno comunque fornito informazioni fondamentali, e hanno creato una base per ulteriori studi.

Ulteriori studi ripresi dalla sonda Cassini-Huygens, lanciata nel 1997 dalla NASA e dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA), che ha fornito ulteriori informazioni sulla luna di Saturno Encelado. La sonda orbitale Cassini ha effettuato numerose osservazioni ravvicinate di questa luna durante la sua missione di 13 anni intorno a Saturno, fornendo immagini ad alta risoluzione e misurazioni scientifiche dettagliate. Una delle scoperte più importanti fatte da Cassini riguarda la presenza di geyser su Encelado. Le immagini scattate dalla sonda hanno mostrato getti di vapore d'acqua che si innalzano fino a 500 km

dalla superficie, il che suggerisce la presenza di un oceano sotterraneo caldo e salato sotto la crosta di ghiaccio di Encelado. Cassini ha anche scoperto la presenza di un'atmosfera densa e attiva intorno a Encelado. La sonda ha misurato la presenza di azoto, metano e anidride carbonica nell'atmosfera, il che indica una fonte di rifornimento continuo di questi gas, probabilmente a causa dell'attività geologica sotterranea e dei geyser.

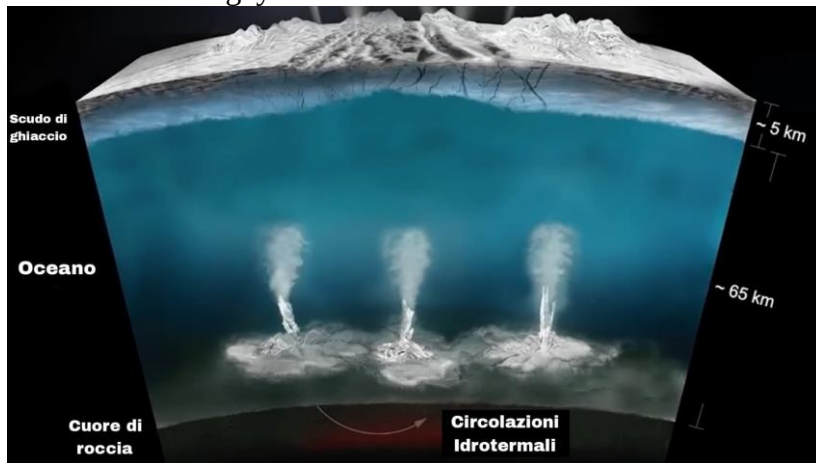


Fig. 1 Geyser sulla superficie di Encelado. Schema tradotto da Enceladus Hydrothermal Activity And Geysers is a photograph by Nasa/jpl-caltech/southwest Research Institute/science Photo Library.

Inoltre, la sonda Cassini ha fornito informazioni dettagliate sulla geologia di Encelado, mostrando una grande varietà di feature come crateri, fosse, e depositi di ghiaccio e anche una serie di strutture simili a quelle viste dalle sonde Voyager chiamate "fossette", che sono state create da attività geologica passata. In generale, la missione Cassini-Huygens ha fornito una quantità significativa di informazioni su Encelado, confermando e completando molte delle scoperte fatte dalle missioni Voyager e aumentando ulteriormente la comprensione di questa luna di Saturno.

Orbita:³ Encelado è uno dei principali satelliti interni di Saturno, il quattordicesimo in ordine di distanza dal pianeta. La sua orbita è all'interno dell'anello E, il più esterno di Saturno, a una distanza di 238000 km dal centro di Saturno e 180000 km dal confine dell'atmosfera. La sua orbita richiede 32.9 ore per completarsi. La risonanza orbitale tra Encelado e Dione è di 2:1, cioè Encelado effettua due orbite per ogni orbita effettuata da Dione. Questa risonanza mantiene l'eccentricità orbitale di Encelado a 0.0047 (praticamente circolare) e fornisce l'energia (mareale) per l'attività geologica. Come molti dei satelliti maggiori di Saturno, Encelado ha una rotazione sincrona con il periodo orbitale, mantenendo sempre la stessa faccia rivolta verso Saturno. A differenza della Luna, non sembra che Encelado abbia un movimento di librazione attorno al suo asse di rotazione, tuttavia, analisi della forma del corpo suggeriscono che potrebbe aver avuto una librazione forzata in passato, che potrebbe essere stata un'ulteriore fonte di energia.

Criovulcanismo: I dati della sonda Cassini hanno confermato nel 2005 la presenza di criovulcanismo su Encelado, in cui i materiali eruttati sono acqua e altri elementi volatili, invece di magma. Le immagini della sonda hanno mostrato un pennacchio di particelle ghiacciate dal polo Sud del satellite, accompagnato da un'atmosfera di vapore acqueo. Gli strumenti della sonda, come il magnetometro e lo spettrografo a ultravioletti, hanno confermato questi dati, e la sonda è anche riuscita a volare attraverso una nube di gas durante un sorvolo, permettendo un'analisi diretta delle particelle attraverso gli strumenti INMS e CDA. Le analisi hanno mostrato che la maggior parte dei gas erano vapore acqueo, e che la nube di gas era in realtà un pennacchio criovulcanico proveniente dalla regione polare Sud.

³<https://web.archive.org/web/20060928230642/http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/products/product-presentations.cfm>



Fig. 2 I geyser di Encelado e la sonda Cassini. (credit NASA)

Struttura interna:⁴ La missione Cassini-Huygens ha fornito informazioni sulla struttura interna di Encelado, tra cui la densità di 1.61 g/cm^3 , superiore a quella delle altre lune ghiacciate di Saturno, indicando una maggiore percentuale di silicati e ferro. Si ipotizza che l'interno del satellite sia stato riscaldato dal decadimento degli elementi radioattivi e che possieda un mantello ghiacciato e un nucleo planetario roccioso. Le attività geologiche attuali potrebbero essere alimentate dal riscaldamento mareale in risonanza con Dione.

⁴ <https://solarsystem.nasa.gov/moons/saturn-moons/enceladus/in-depth/>

Vita extraterrestre: ⁵ Encelado è stato trovato geologicamente attivo, con pennacchi di vapore acqueo che fuoriescono dalla sua superficie e si dirigono verso Saturno. La composizione dei pennacchi, che include una significativa quantità di sali di sodio, suggerisce che la loro origine sia un oceano salato sotto la superficie o almeno delle cavità contenenti acqua salata. Ciò significa che Encelado potrebbe essere in grado di supportare la vita, poiché sono stati rilevati anche componenti organici in alcuni granelli di polvere. La presenza di acqua liquida è mantenuta da una combinazione di decadimento radioattivo e riscaldamento mareale.

Meccanica delle eruzioni: I meccanismi che governano l'emissione di acqua cambiano con la profondità e l'altitudine. Nelle crepe, la densità dell'acqua aumenta di circa il 90% dalla base del ghiaccio fino alla superficie a causa della differenza tra acqua liquida e solida. Il punto di congelamento si trova nel punto triplo dell'acqua, dove esistono contemporaneamente le sue fasi liquida, solida e gassosa. Appena sopra il punto di congelamento, l'ebollizione della decompressione crea un flusso di vapore e gocce di liquido. Le gocce si congelano formando eventualmente le particelle di ghiaccio salato raccolte dalla sonda Cassini.

Graffi di tigre: ⁶ Le "graffi di tigre" sono fessure lunghe circa 130 chilometri, situate nell'emisfero meridionale di Encelado. Queste fessure sono particolarmente interessanti perché sembrano rimanere aperte nonostante le temperature estremamente basse di Encelado.

La gravità di Saturno esercita una forte pressione sulle lune più grandi, tra cui Encelado. Queste forze mareali causano il riscaldamento e il raffreddamento del manto di ghiaccio di Encelado, con temperature più elevate ai poli. Quando l'acqua liquida si solidifica in ghiaccio sotto la crosta di ghiaccio

⁵https://www.researchgate.net/publication/261248112_Life_detection_with_the_Enceladus_Orbiting_Sequence

⁶https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/multimedia/pia13620.html

esterna, si espande in volume, causando pressione sul ghiaccio fino a quando non si rompe.

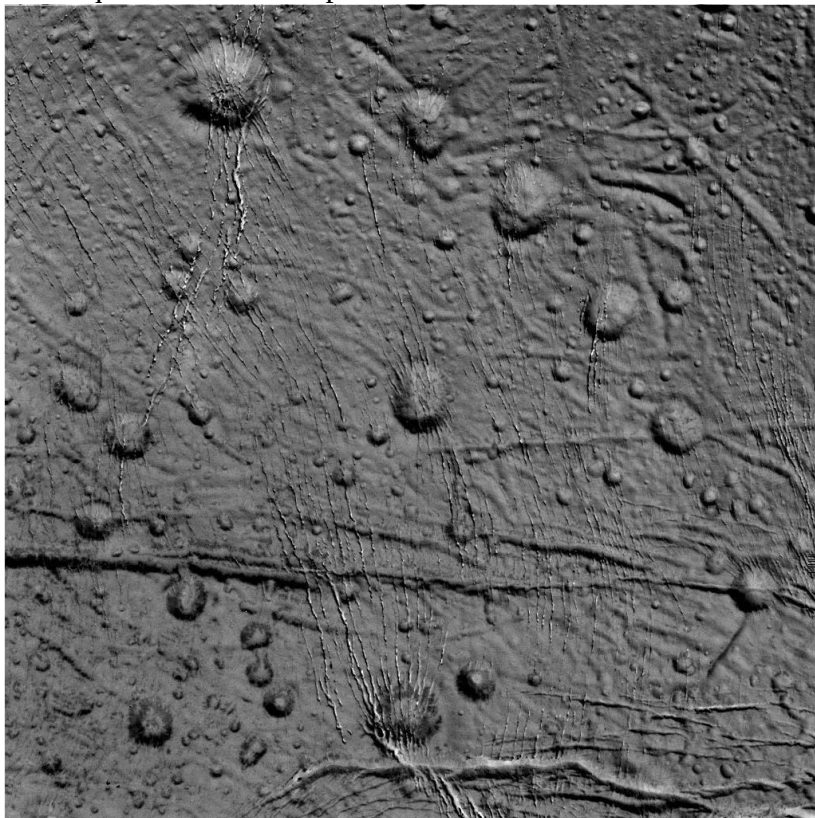


Fig. 3 Il polo Nord di Encelado: molti crateri sono tagliati da numerose linee di frattura successive alla formazione dei crateri stessi. NASA/JPL-Caltech/SSI

L'acqua che fuoriesce dalle fessure forma bordi di ghiaccio che appesantiscono la fessura e causano la creazione di una fessura parallela a circa 30 chilometri di distanza. Questo processo potrebbe impedire la formazione di nuove fessure altrove su Encelado.

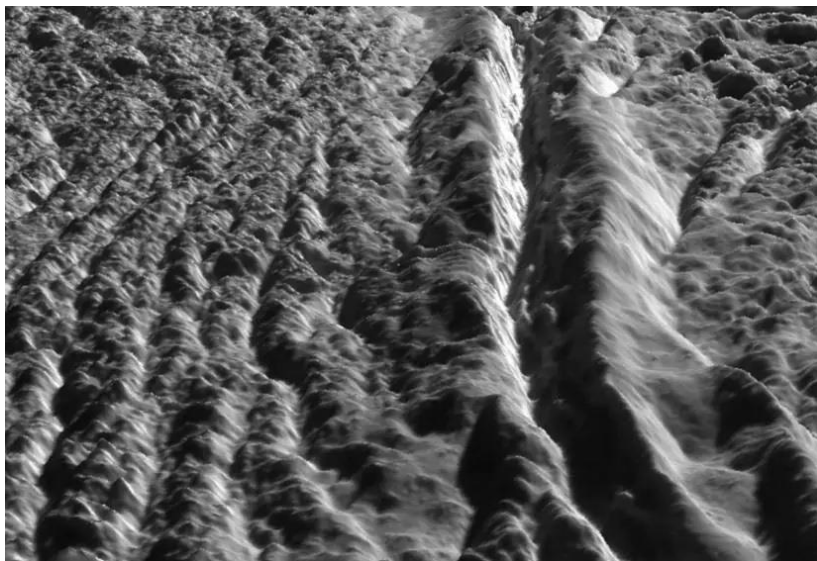


Fig. 4 Vista prospettica del **Damascus Sulcus**, uno dei cosiddetti “graffi di tigre”, generata utilizzando immagini ad alta risoluzione di Encelado acquisite nell’agosto 2008 con una risoluzione compresa tra 12 e 30 metri. Credits: NASA

Solco di Damasco: ⁷ è una caratteristica sulla superficie della luna di Saturno Encelado. È una lunga trincea lineare che corre parallelamente all'equatore di Encelado e si trova nell'emisfero meridionale. Si ritiene che sia una caratteristica tettonica causata dal movimento del ghiaccio e si pensa che possa essere un possibile sito di attività geyser, poiché sono stati osservati getti di vapore acqueo e particelle di ghiaccio nei pressi. **Solco di Baghdad:** è composto da due rami con creste parallele alte fino a 100 metri e depressioni mediali profonde fino a 250 metri. È probabilmente la fonte dei getti di vapore acqueo attivi visti in questa regione, così come il **Solco del Cairo**, ⁸ vicino al polo Sud di Encelado, lungo 2 km a forma di V.

⁷https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/multimedia/pia11113.html

⁸<https://www.jpl.nasa.gov/images/pia12209-perspective-view-of-cairo-sulcus-enceladus>