



23 Febbraio 2018

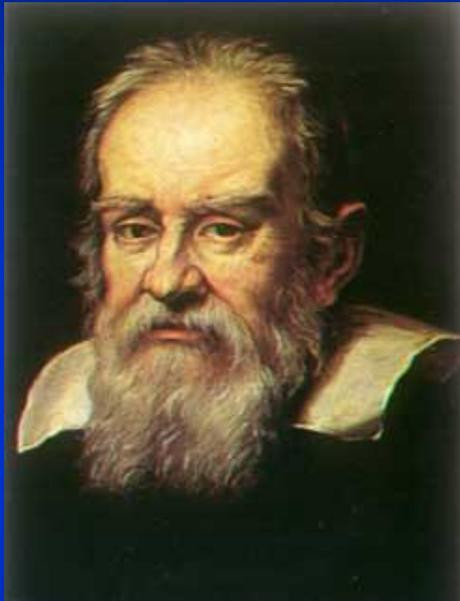
Saturno

Bedogni Roberto INAF Osservatorio Astronomico di Bologna

<http://www.bo.astro.it/~bedogni/>

email: [roberto.bedogni@oabo.inaf.it](mailto:roberto.bedogni@oabo.inaf.it)

# I protagonisti dell'esplorazione di Saturno



**Galilei**



**Cassini**



**Huygens**



**Maxwell**

# Saturno



Un'immagine di Saturno osservato da Terra con il Nord Optical Telescope

Rivisto il  
2013.02.17

**Distanza dal Sole (U.A.) =9,582**

Distanza dal Sole (km) =1 426 725 413

**Periodo di rivoluzione (anni) =29,457**

Periodo di rivoluzione (giorni) = 10 759,22

Eccentricità=0,0565

Inclinazione rispetto all'eclittica =2° 29'

Velocità orbitale media (km/sec) =9,69

**Massa (Terra=1) =95,159**

Massa ( $10^{24}$  kg) = 568,46

Raggio equatoriale (km) =60 268

Raggio equatoriale (Terra=1) =9,449

Densità media (Terra=1) =0,125

**Densità media ( $\text{gr/cm}^3$ ) =0,687**

Accelerazione di gravità (Terra=1) =0,916

Velocità di fuga (km/sec) =35,49

Periodo di rotazione =10h 13m 23s

**Periodo di rotazione =10,656 ore**

Inclinazione sul piano dell'orbita =26,73°

Albedo=0,342

Magnitudine visuale=0,7

**Numero satelliti =64**

Irraggiamento solare ( $\text{W/m}^2$ )=14,90

Temperatura di corpo nero ( $^{\circ}\text{K}$ )=81,1

# Sommario dei dati del Sistema solare

----	D (UA)	R/R <sub>T</sub>	M/M <sub>T</sub>	densità (g/cm <sup>3</sup> )	Prot/P <sub>T</sub>	Lune	I	e
Sole	0	109	332 800	1,410	25-36		---	---
Mercurio	0,39	0,38	0,05	5,43	58,8	0	7	0,2056
Venere	0,72	0,95	0,815	5,25	244	0	3,394	0,0068
Terra	1,0	1,00	1,00	5,52	1,00	1	0,000	0,0167
Marte	1,5	0,53	0,11	3,95	1,029	2	1,850	0,0934
Asteroidi	1,5-5	Cerere, Pallade e Vesta sono i maggiori. Nella fascia si trovano oltre 170000 oggetti						
Giove	5,2	11	318	1,33	0,411	63	1,308	0,0483
Saturno	9,5	9	95	0,69	0,445	64	2,488	0,0560
Urano	19,2	4	15	1,29	0,748	27	0,774	0,0461
Nettuno	30,1	4	17	1,64	0,671	13	1,774	0,0097
TNOs	30-100	Oltre 1000 corpi celesti oltre l'orbita di Nettuno. Plutone, Sedna, Eris sono i più noti.						
Plutone	39,5	0,18	0,002	2,03	6,39	5	17,15	0,2482

D= distanza in Unità Astronomiche

R= raggio in unità di raggio terrestre

M= massa in unità di massa terrestre

ρ= densità

P= periodo di rotazione in unità terrestri

I= inclinazione dell'orbita

e= eccentricità dell'orbita

Presi da Planetary Fact Sheet - Ratio to Earth Values corretti 2010.09.10



# Saturno

Atmosfera 93 % idrogeno  
6 % elio con ammoniaca e metano

Una rivoluzione attorno al Sole in 29,46 anni terrestri

Gli anelli sono costituiti di roccia

Spessore degli anelli di 100 m estensione circa 73300 km

Anelli E e G esterni

Anello F

Divisione di Encke  
Divisione di Cassini

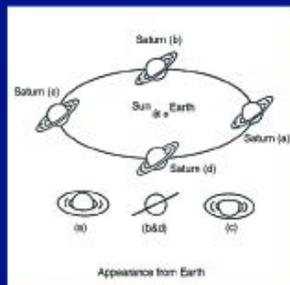
Nubi a bande  
Inclinazione dell'equatore rispetto al piano orbitale  $26^{\circ} 44'$

Temperatura dello strato superiore dell'atmosfera a  $-190^{\circ}\text{C}$

Anello A  
Anello B  
Anello C  
Anello D

Mantello esterno di idrogeno liquido

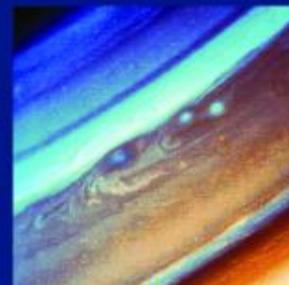
Nucleo di roccia e ghiaccio  
Mantello interno di idrogeno liquido metallico



Anelli di Saturno



Variazioni stagionali



Nubi dell'alta atmosfera



Sistema di anelli

# Principali satelliti di Saturno

## Saturno

- 1.Pan
- 2.Atlante
- 3.Prometeo
- 4.Pandora
- 5.Giano
- 6.Epimeteo
- 7.Mimas
- 8.Encelado
- 9.Teti
- 10.Telesto
- 11.Calipso
- 12.Dione
- 13.Elene
- 14.Rea
- 15.Titano
- 16.Iperione
- 17.Giapeto
- 18.Febe

	Mimas	Encelado	Teti	Dione	Rea
Massa ( $10^{20}$ kg)	0,375	0,65	6,27	11,0	23,1
Raggio medio (km)	$198,6 \pm 0,6$	$249,4 \pm 0,2$	$529,9 \pm 1,5$	$559 \pm 5$	$764 \pm 4$
Densità media ( $\text{g/cm}^3$ )	$1,165 \pm 0,023$	$1,603 \pm 0,345$	$0,991 \pm 0,009$	$1,490 \pm 0,040$	$1,240 \pm 0,044$
Albedo geometrica	0,6	$0,99 \pm 0,06$	0,8	0,6	0,6

# Principali satelliti di Saturno

	Mimas	Encelado	Teti	Dione	Rea
Massa ( $10^{20}$ kg)	0,375	0,65	6,27	11,0	23,1
Raggio medio (km)	$198,6 \pm 0,6$	$249,4 \pm 0,2$	$529,9 \pm 1,5$	$559 \pm 5$	$764 \pm 4$
Densità media ( $\text{g/cm}^3$ )	$1,165 \pm 0,023$	$1,603 \pm 0,345$	$0,991 \pm 0,009$	$1,490 \pm 0,040$	$1,240 \pm 0,044$
Albedo geometrica	0,6	$0,99 \pm 0,06$	0,8	0,6	0,6

# Principali satelliti di Saturno

Nome	Nome comune	Diametro medio	Massa	Raggio orbitale medio	Periodo orbitale	Scoperta	Gruppo
<b>Saturno VI</b>	Titano	5 151 km	$135 \times 10^{21}$ kg	1 221 850 km	15,94542 giorni	1655	-
<b>Saturno V</b>	Rea	1 528 km	$2,49 \times 10^{21}$ kg	527 040 km	4,5175 giorni	1672	-
<b>Saturno VIII</b>	Giapeto	1 460 km	$1,88 \times 10^{21}$ kg	3 561 300 km	79,33018 giorni	1671	-
<b>Saturno IV</b>	Dione	1 118 km	$1,05 \times 10^{21}$ kg	377 400 km	2,736915 giorni	1684	-
<b>Saturno III</b>	Teti	1 060 km	$0,622 \times 10^{21}$ kg	294 660 km	1,887802 giorni	1684	-
<b>Saturno II</b>	Encelado	499 km	$73,0 \times 10^{18}$ kg	238 020 km	1,370218 giorni	1789	-
<b>Saturno I</b>	Mimas	397 km	$38,0 \times 10^{18}$ kg	185 520 km	0,942422 giorni	1789	-
<b>Saturno IX</b>	Febe	220 km	$4,00 \times 10^{18}$ kg	12 944 300 km	-1,5009 anni	1899	Gruppo Nordico
<b>Saturno VII</b>	Iperione	410×260×220 km	$17,7 \times 10^{18}$ kg	1 481 100 km	21,27661 giorni	1848	-
<b>Saturno X</b>	Giano	196×192×150 km	$2,01 \times 10^{18}$ kg	151 472 km	0,6945 giorni	1966	-
<b>Saturno XVI</b>	Prometeo	145×85×62 km	$0,270 \times 10^{18}$ kg	139 350 km	0,6130 giorni	1980	-
<b>Saturno XI</b>	Epimeteo	144×108×98 km	$0,560 \times 10^{18}$ kg	151 422 km	0,6942 giorni	1980	-
<b>Saturno XVII</b>	Pandora	114×84×62 km	$0,220 \times 10^{18}$ kg	141 700 km	0,6285 giorni	1980	-

Luna

D=3476 km

$\rho = 3,34 \text{ g/cm}^3$

$M_{\text{Luna}} = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

# Principali satelliti di Saturno

Nome	Nome comune	Diametro medio	Massa	Raggio orbitale medio	Periodo orbitale	Scoperta	Gruppo
Saturno VI	Titano	5 151 km	$135 \times 10^{21}$ kg	1 221 850 km	15,94542 giorni	1655	-
Saturno V	Rea	1 528 km	$2,49 \times 10^{21}$ kg	527 040 km	4,5175 giorni	1672	-
Saturno VIII	Giapeto	1 460 km	$1,88 \times 10^{21}$ kg	3 561 300 km	79,33018 giorni	1671	-
Saturno IV	Dione	1 118 km	$1,05 \times 10^{21}$ kg	377 400 km	2,736915 giorni	1684	-
Saturno III	Teti	1 060 km	$0,622 \times 10^{21}$ kg	294 660 km	1,887802 giorni	1684	-
Saturno II	Encelado	499 km	$73,0 \times 10^{18}$ kg	238 020 km	1,370218 giorni	1789	-
Saturno I	Mimas	397 km	$38,0 \times 10^{18}$ kg	185 520 km	0,942422 giorni	1789	-
Saturno IX	Febe	220 km	$4,00 \times 10^{18}$ kg	12 944 300 km	-1,5009 anni	1899	Gruppo Nordico
Saturno VII	Iperione	410x260x220 km	$17,7 \times 10^{18}$ kg	1 481 100 km	21,27661 giorni	1848	-
Saturno X	Giano	196x192x150 km	$2,01 \times 10^{18}$ kg	151 472 km	0,6945 giorni	1966	-
Saturno XVI	Prometeo	145x85x62 km	$0,270 \times 10^{18}$ kg	139 350 km	0,6130 giorni	1980	-
Saturno XI	Epimeteo	144x108x98 km	$0,560 \times 10^{18}$ kg	151 422 km	0,6942 giorni	1980	-
Saturno XVII	Pandora	114x84x62 km	$0,220 \times 10^{18}$ kg	141 700 km	0,6285 giorni	1980	-

## Mimas

D=397 km

$D/D_{Luna}=0,11$

$\rho=1,16 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=5 \cdot 10^{-4}$

## Titano

D=5151 km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho=1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=1,84$

## Rea

D=1528 km

$D/D_{Luna}=0,43$

$\rho=1,24 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=0,034$

## Luna

D=3476 km

$\rho=3,34 \text{ g/cm}^3$

$M_{Luna}=7,34 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

# Principali satelliti di Saturno

Nome	Nome comune	Diametro medio	Massa	Raggio orbitale medio	Periodo orbitale	Scoperta	Gruppo
Saturno VI	Titano	5 151 km	$135 \times 10^{21}$ kg	1 221 850 km	15,94542 giorni	1655	-
Saturno V	Rea	1 528 km	$2,49 \times 10^{21}$ kg	527 040 km	4,5175 giorni	1672	-
Saturno VIII	Giapeto	1 460 km	$1,88 \times 10^{21}$ kg	3 561 300 km	79,33018 giorni	1671	-
Saturno IV	Dione	1 118 km	$1,05 \times 10^{21}$ kg	377 400 km	2,736915 giorni	1684	-
Saturno III	Teti	1 060 km	$0,622 \times 10^{21}$ kg	294 660 km	1,887802 giorni	1684	-
Saturno II	Encelado	499 km	$73,0 \times 10^{18}$ kg	238 020 km	1,370218 giorni	1789	-
Saturno I	Mimas	397 km	$38,0 \times 10^{18}$ kg	185 520 km	0,942422 giorni	1789	-
Saturno IX	Febe	220 km	$4,00 \times 10^{18}$ kg	12 944 300 km	-1,5009 anni	1899	Gruppo Nordico
Saturno VII	Iperione	410×260×220 km	$17,7 \times 10^{18}$ kg	1 481 100 km	21,27661 giorni	1848	-
Saturno X	Giano	196×192×150 km	$2,01 \times 10^{18}$ kg	151 472 km	0,6945 giorni	1966	-
Saturno XVI	Prometeo	145×85×62 km	$0,270 \times 10^{18}$ kg	139 350 km	0,6130 giorni	1980	-
Saturno XI	Epimeteo	144×108×98 km	$0,560 \times 10^{18}$ kg	151 422 km	0,6942 giorni	1980	-
Saturno XVII	Pandora	114×84×62 km	$0,220 \times 10^{18}$ kg	141 700 km	0,6285 giorni	1980	-

## Giapeto

D=1460 km

$D/D_{Luna}=0,42$

$\rho = 1,27 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=0,0256$

## Dione

D=1118 km

$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho = 1,49 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=0,014$

## Teti

D=1060 km

$D/D_{Luna}=0,30$

$\rho = 0,991 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=0,0085$

## Luna

D=3476 km

$\rho = 3,34 \text{ g/cm}^3$

$M_{Luna}=7,34 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

# Principali satelliti di Saturno

Nome	Nome comune	Diametro medio	Massa	Raggio orbitale medio	Periodo orbitale	Scoperta	Gruppo
Saturno VI	Titano	5 151 km	$135 \times 10^{21}$ kg	1 221 850 km	15,94542 giorni	1655	-
Saturno V	Rea	1 528 km	$2,49 \times 10^{21}$ kg	527 040 km	4,5175 giorni	1672	-
Saturno VIII	Giapeto	1 460 km	$1,88 \times 10^{21}$ kg	3 561 300 km	79,33018 giorni	1671	-
Saturno IV	Dione	1 118 km	$1,05 \times 10^{21}$ kg	377 400 km	2,736915 giorni	1684	-
Saturno III	Teti	1 060 km	$0,622 \times 10^{21}$ kg	294 660 km	1,887802 giorni	1684	-
Saturno II	Encelado	499 km	$73,0 \times 10^{18}$ kg	238 020 km	1,370218 giorni	1789	-
Saturno I	Mimas	397 km	$38,0 \times 10^{18}$ kg	185 520 km	0,942422 giorni	1789	-
Saturno IX	Febe	220 km	$4,00 \times 10^{18}$ kg	12 944 300 km	-1,5009 anni	1899	Gruppo Nordico
Saturno VII	Iperione	410x260x220 km	$17,7 \times 10^{18}$ kg	1 481 100 km	21,27661 giorni	1848	-
Saturno X	Giano	196x192x150 km	$2,01 \times 10^{18}$ kg	151 472 km	0,6945 giorni	1966	-
Saturno XVI	Prometeo	145x85x62 km	$0,270 \times 10^{18}$ kg	139 350 km	0,6130 giorni	1980	-
Saturno XI	Epimeteo	144x108x98 km	$0,560 \times 10^{18}$ kg	151 422 km	0,6942 giorni	1980	-
Saturno XVII	Pandora	114x84x62 km	$0,220 \times 10^{18}$ kg	141 700 km	0,6285 giorni	1980	-

## Encelado

D=499 km

$D/D_{Luna} = 0,14$

$\rho = 1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna} = 9,9 \times 10^{-5}$

## Febe

D=220 km

$D/D_{Luna} = 0,0063$

$\rho = 1,633 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna} = 5,4 \times 10^{-6}$

## Iperione

D=410x260x220 km

$D_{max}/D_{Luna} = 0,118$

$\rho = 0,6 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna} = 2,4 \times 10^{-5}$

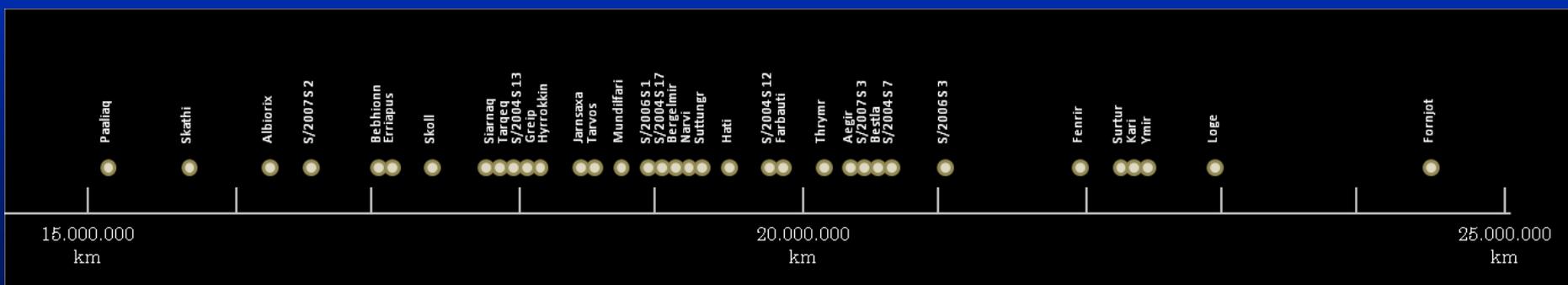
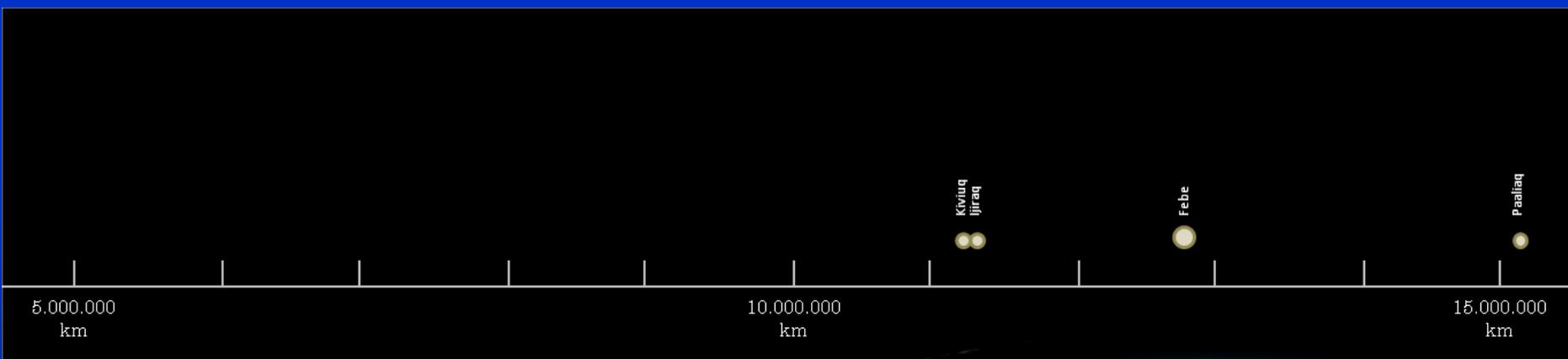
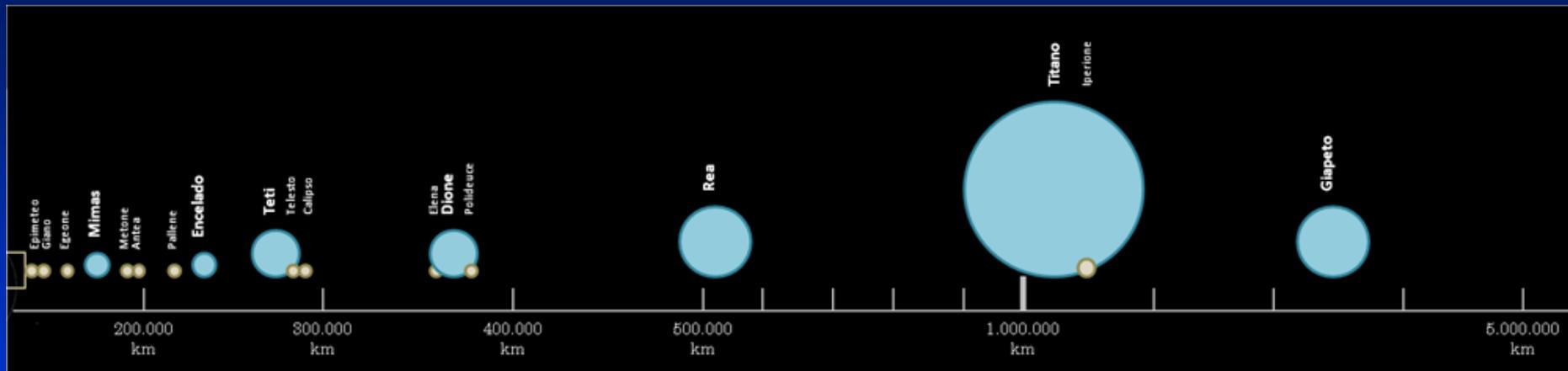
## Luna

D=3476 km

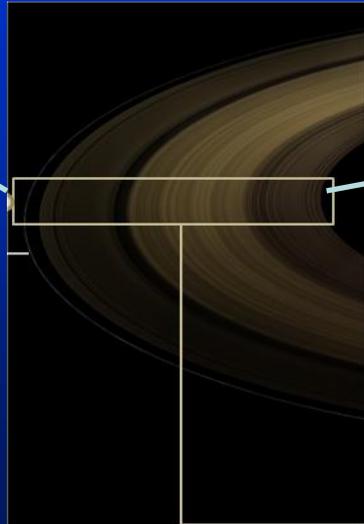
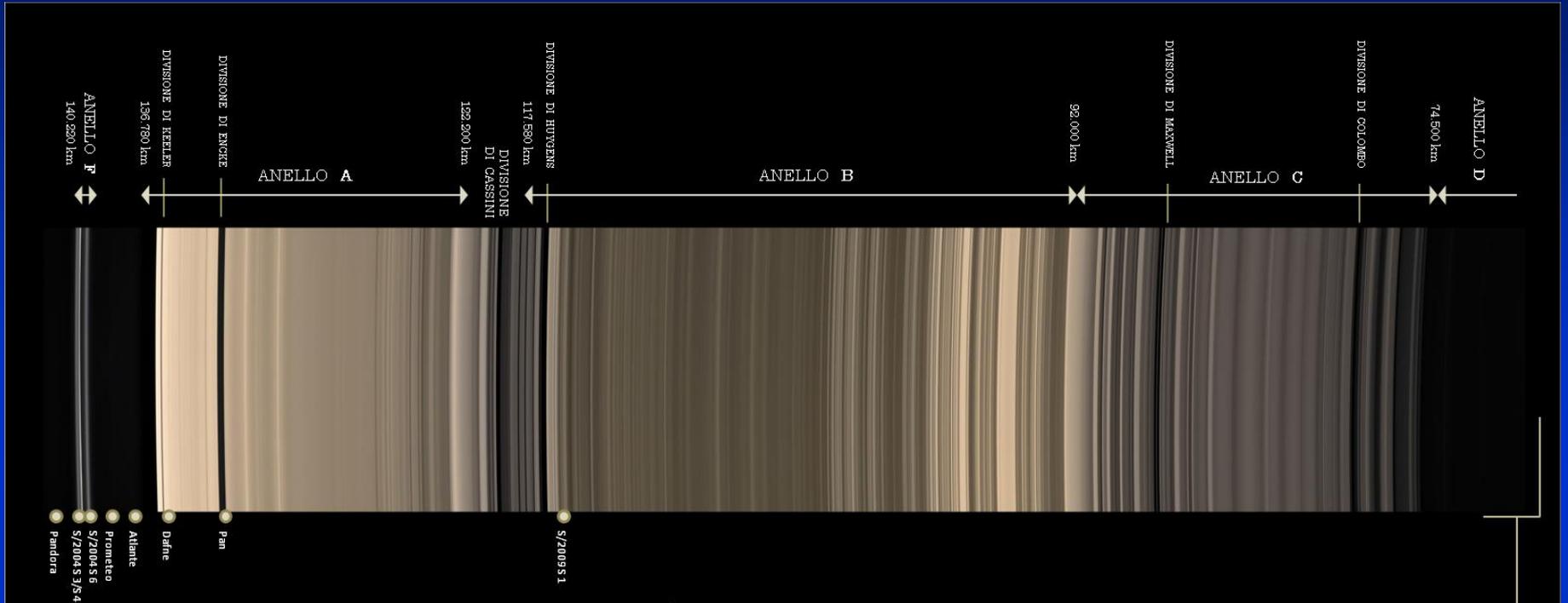
$\rho = 3,34 \text{ g/cm}^3$

$M_{Luna} = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

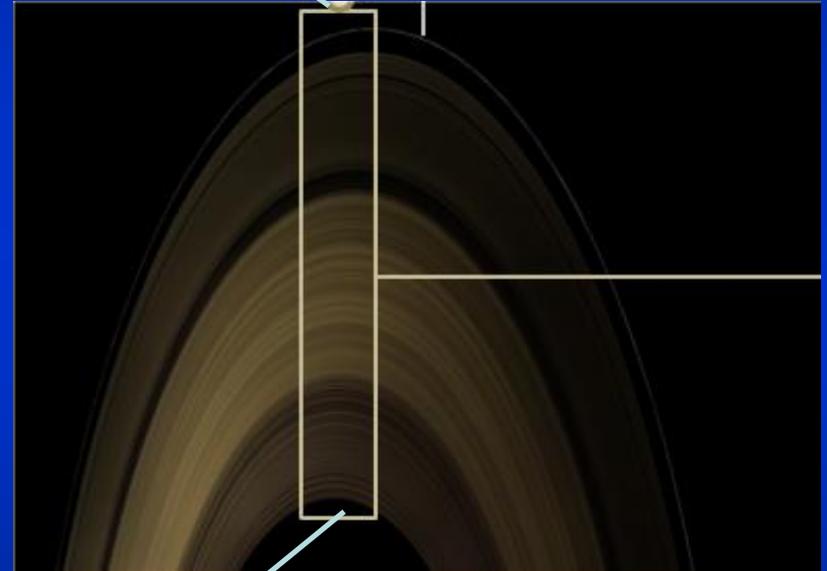
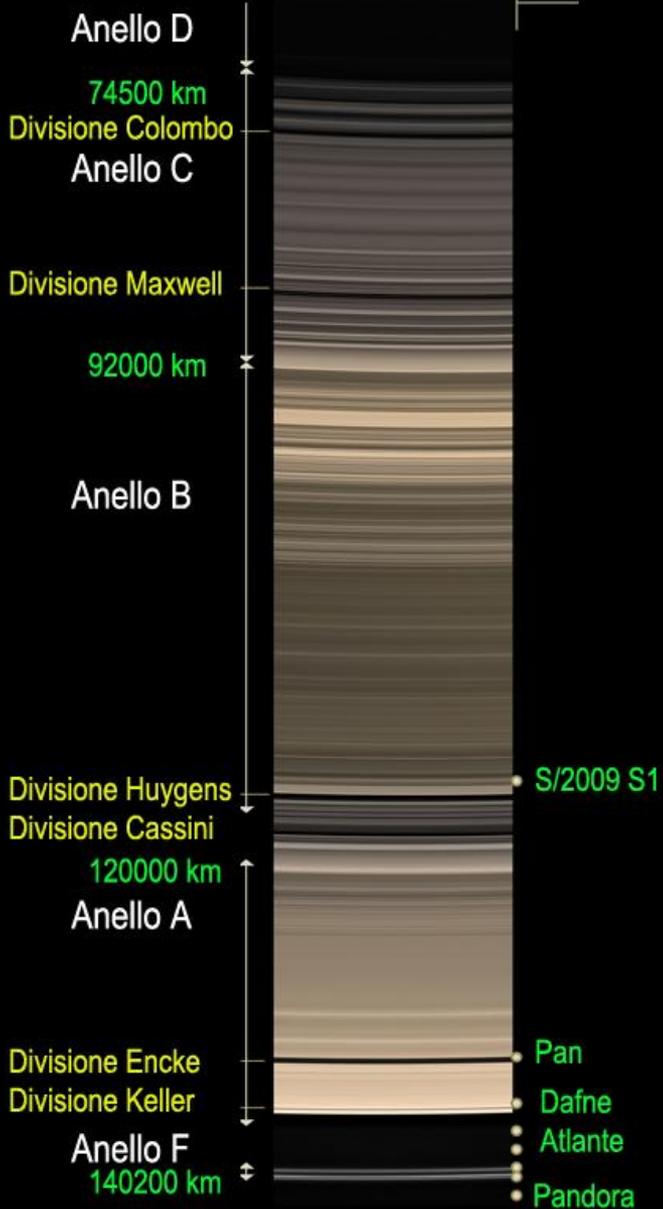
# Distribuzione dei satelliti di Saturno



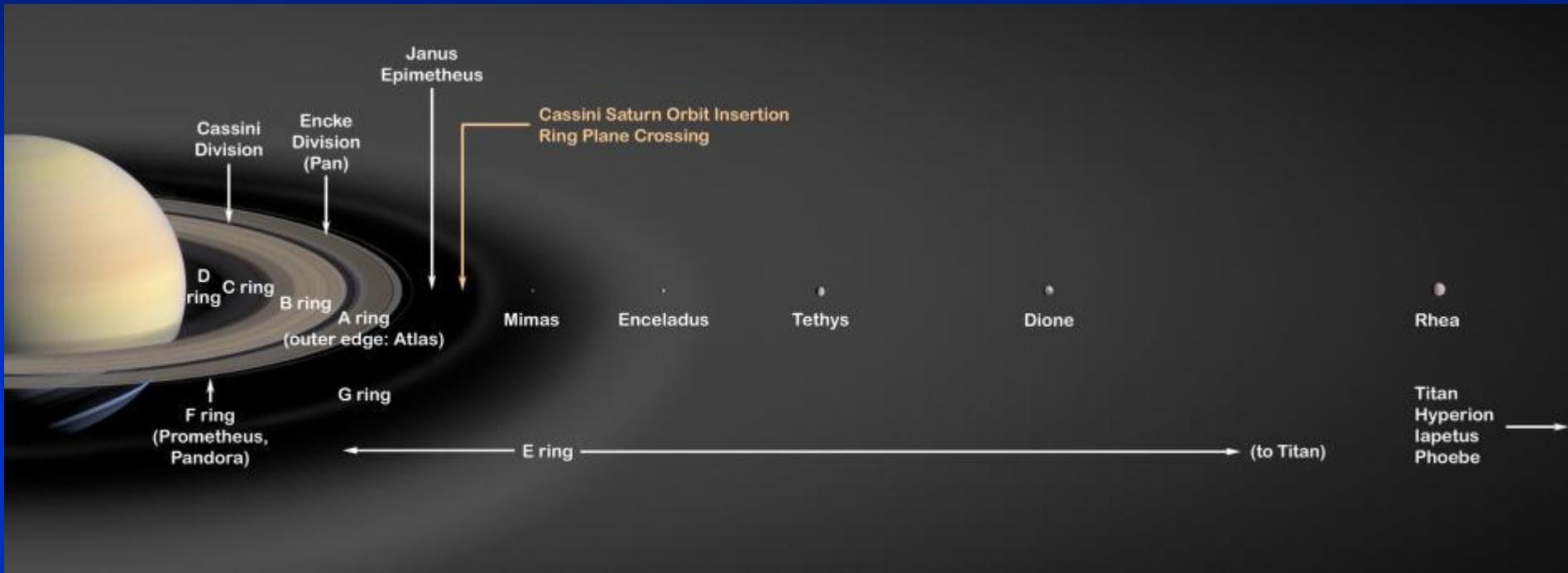
# Distribuzione dei satelliti pastore negli anelli di Saturno



# Struttura e satelliti pastore negli anelli di Saturno



# Descrizione degli anelli di Saturno

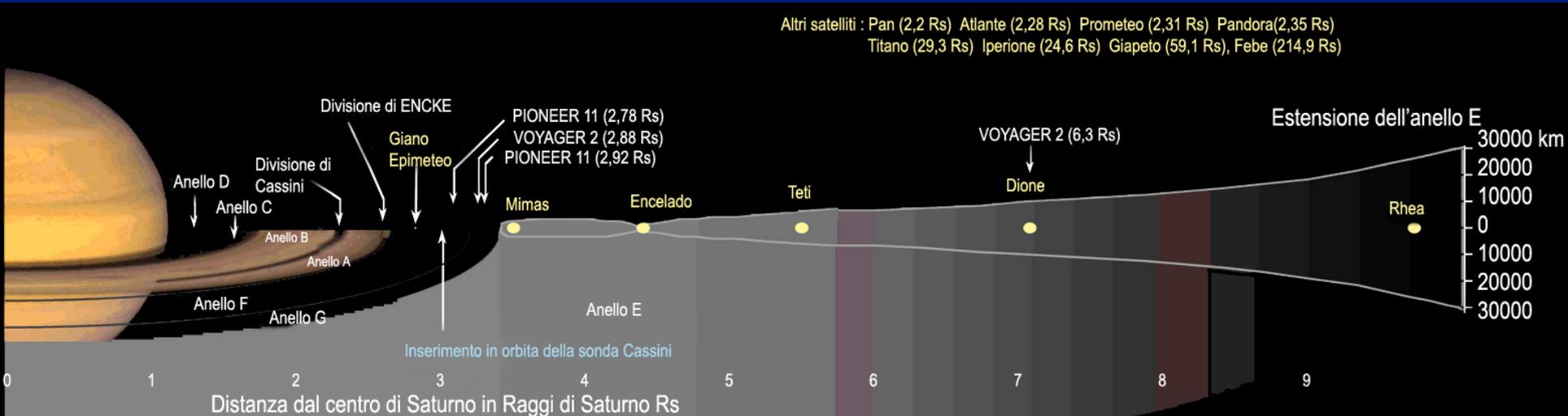


Gli anelli furono scoperti da Huygens nel 1655

Dal pianeta verso l'esterno: anelli D, C, B, A, F, G and E.

Gli anelli principali D-C-B-A iniziano ad un'altezza di circa 6 600 km dalla superficie di Saturno e si estendono fino a 120 000 km ed anche oltre con gli anelli esterni F e G. L'anello E si estende sino ad 1 milione di km dall'orbita di Mimas a quella di Titano

# Saturno il sistema degli anelli



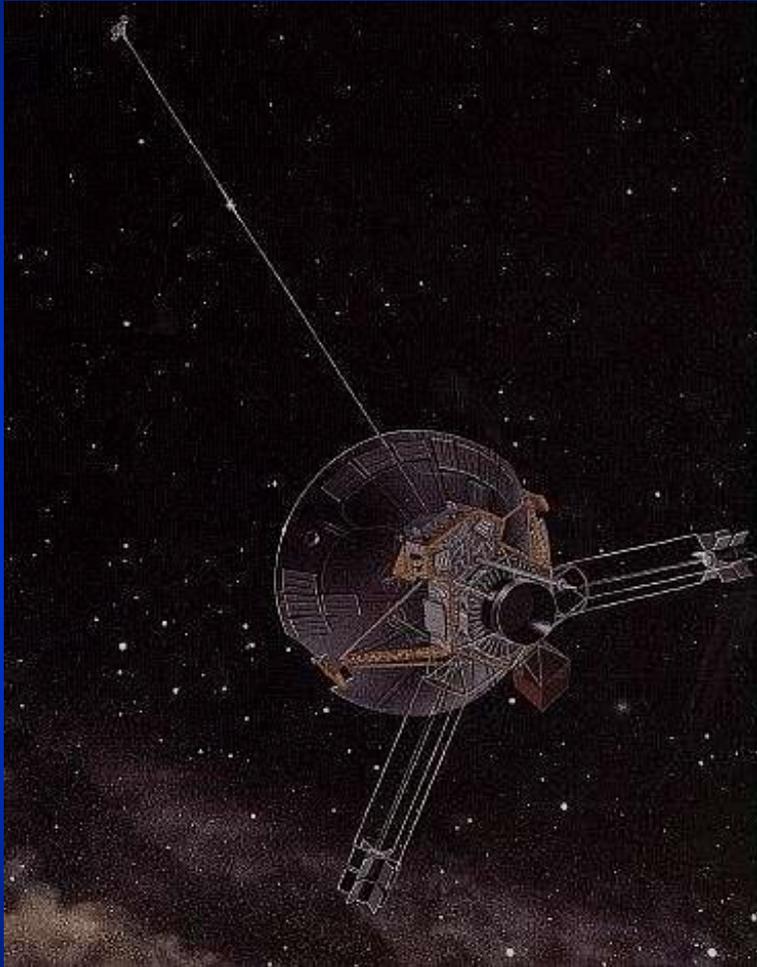
Gli anelli furono scoperti da Huygens nel 1655

Dal pianeta verso l'esterno: anelli D, C, B, A, F, G and E.

Gli anelli principali D-C-B-A iniziano ad un'altezza di circa 6 600 km dalla superficie di Saturno e si estendono fino a 120 000 km ed anche oltre con gli anelli esterni F e G. L'anello E si estende sino ad 1 milione di km dall'orbita di Mimas a quella di Titano

# L'esplorazione spaziale di Saturno

# L'esplorazione spaziale di Saturno-Pioneer 11



La prima navicella spaziale ad avvicinarsi a Saturno fu il **Pioneer 11**, lanciato il 6 aprile 1973.

La navicella raggiunse Saturno nel 1979 fotografandolo dalla distanza di 24000 km.

Furono scoperti due nuovi satelliti ed un altro anello (chiamato anello F).

# L'esplorazione spaziale di Saturno-Pioneer 11



Pioneer 11:vista  
di Saturno da  
2 846 000 km.  
In basso il  
satellite Titano

1979 Pioneer 11

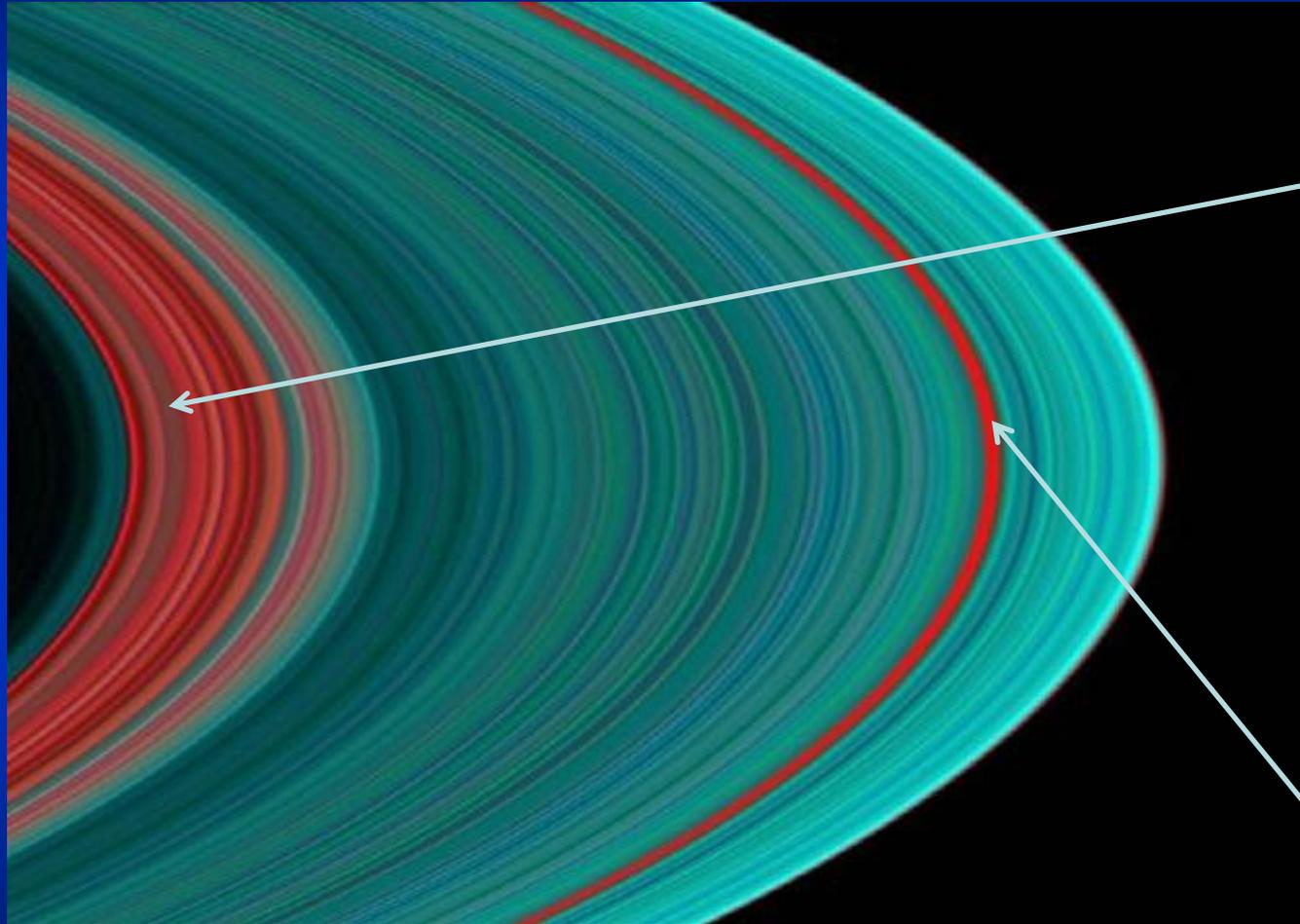
# Le missioni Voyager I e II



Le navicelle **Voyager 1 e 2** furono lanciate dalla NASA alla fine dell'estate 1977 da Cape Canaveral.

Gli incontri con Saturno avvennero il **12 novembre 1980** per il **Voyager 1** che passò a 64000 km di distanza e il **25 agosto 1981** per il **Voyager 2** che fotografò il pianeta da 41000 km.

# Anelli A, B e C di Saturno osservati in UV



Dalla immagine si evidenzia la diversa composizione negli anelli A, B e C.

La "Divisione di Cassini" è in arancio a sinistra ed è seguita dall'anello A mostrato completamente.

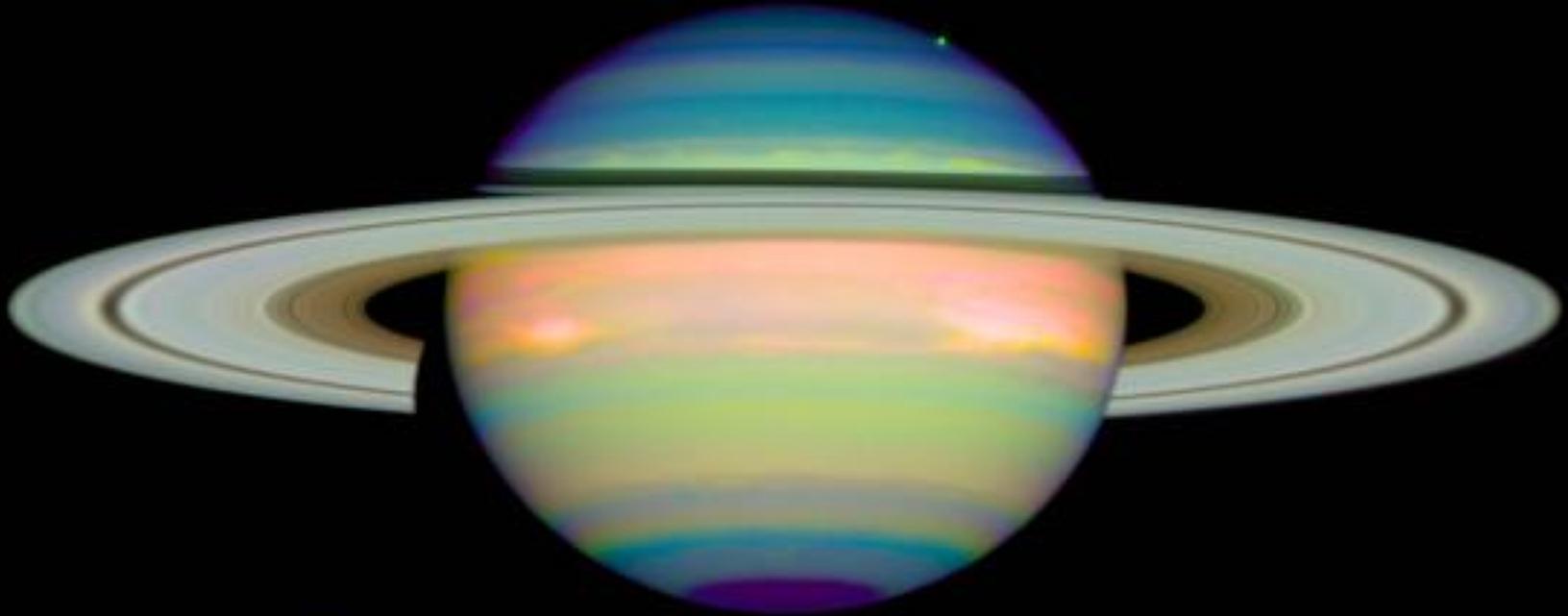
La Divisione di Cassini contiene anelli più "sporchi" dell'anello A in colore turchese indicando una maggiore composizione di ghiaccio.

La banda rossa verso l'esterno è la Divisione di Encke.

Risoluzione circa 97 km.

Voyager 2

# Il telescopio HST Saturno con Dione e Teti

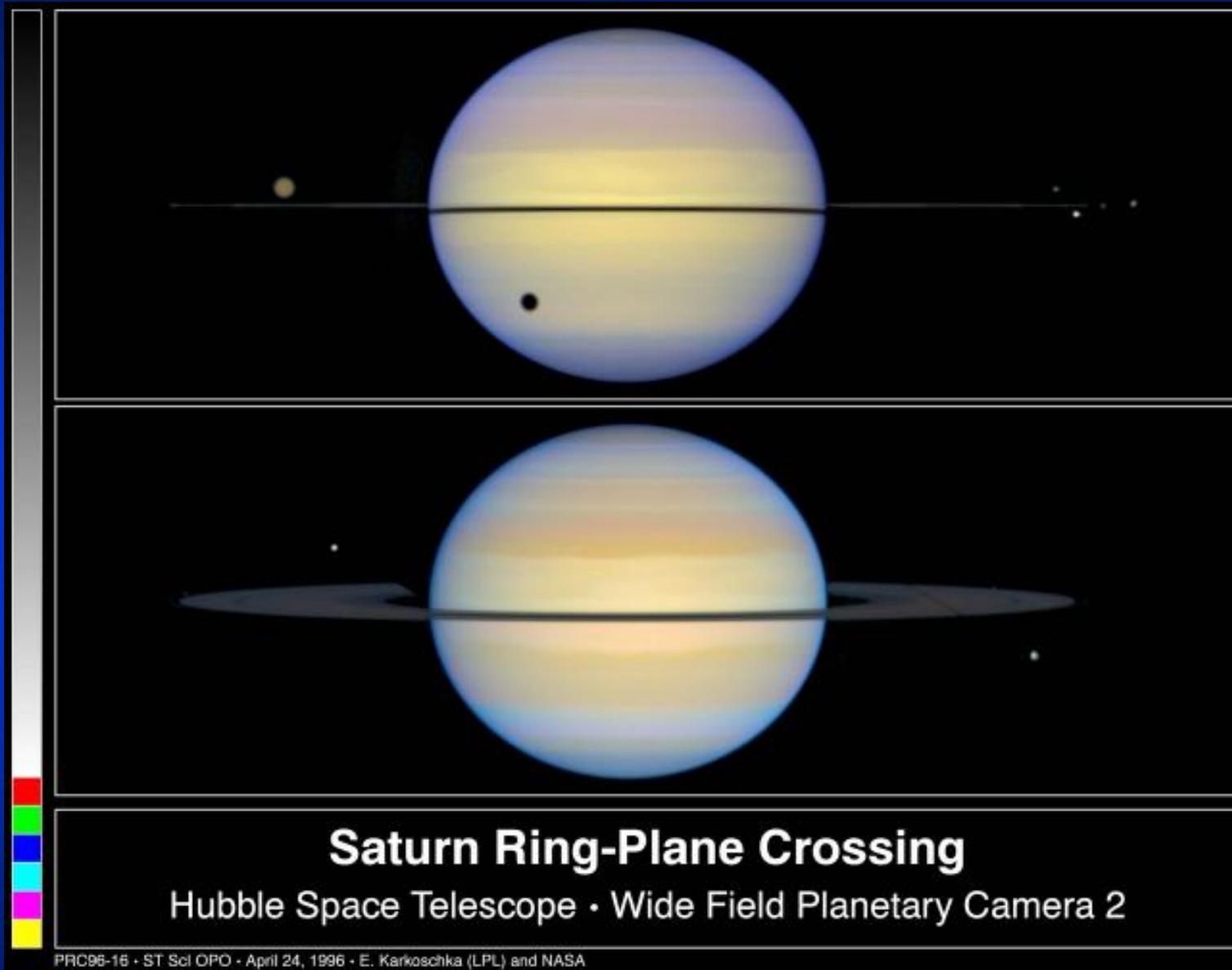


**Saturn • January 4, 1998**  
Hubble Space Telescope • NICMOS

PRC98-18 • April 23, 1998 • ST ScI OPO • E. Karkoschka (University of Arizona) and NASA

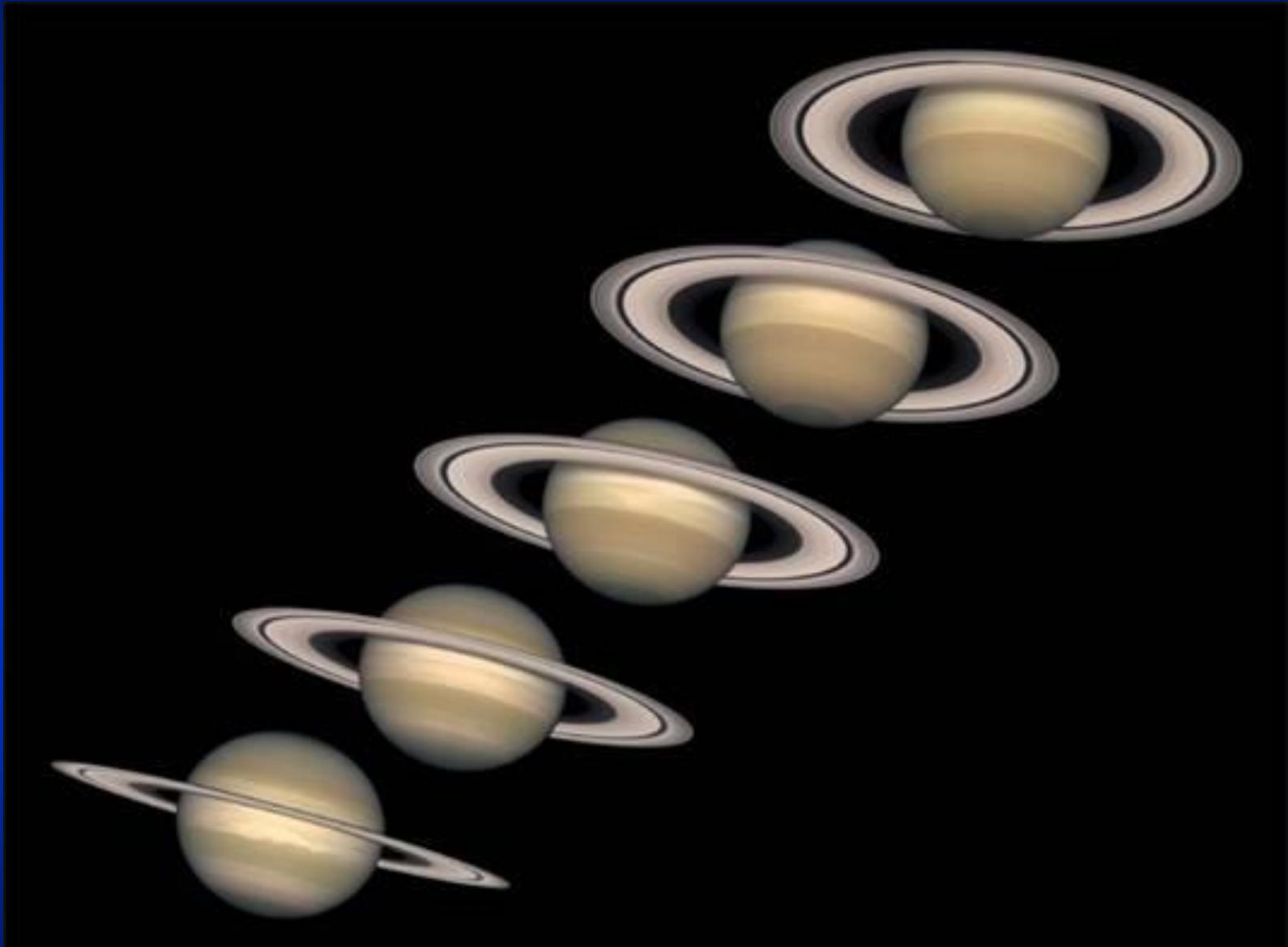
4-1-1998 HST Telescopio Spaziale Hubble

# Saturno con Titano, Mimas, Teti, Giano ed Encelado



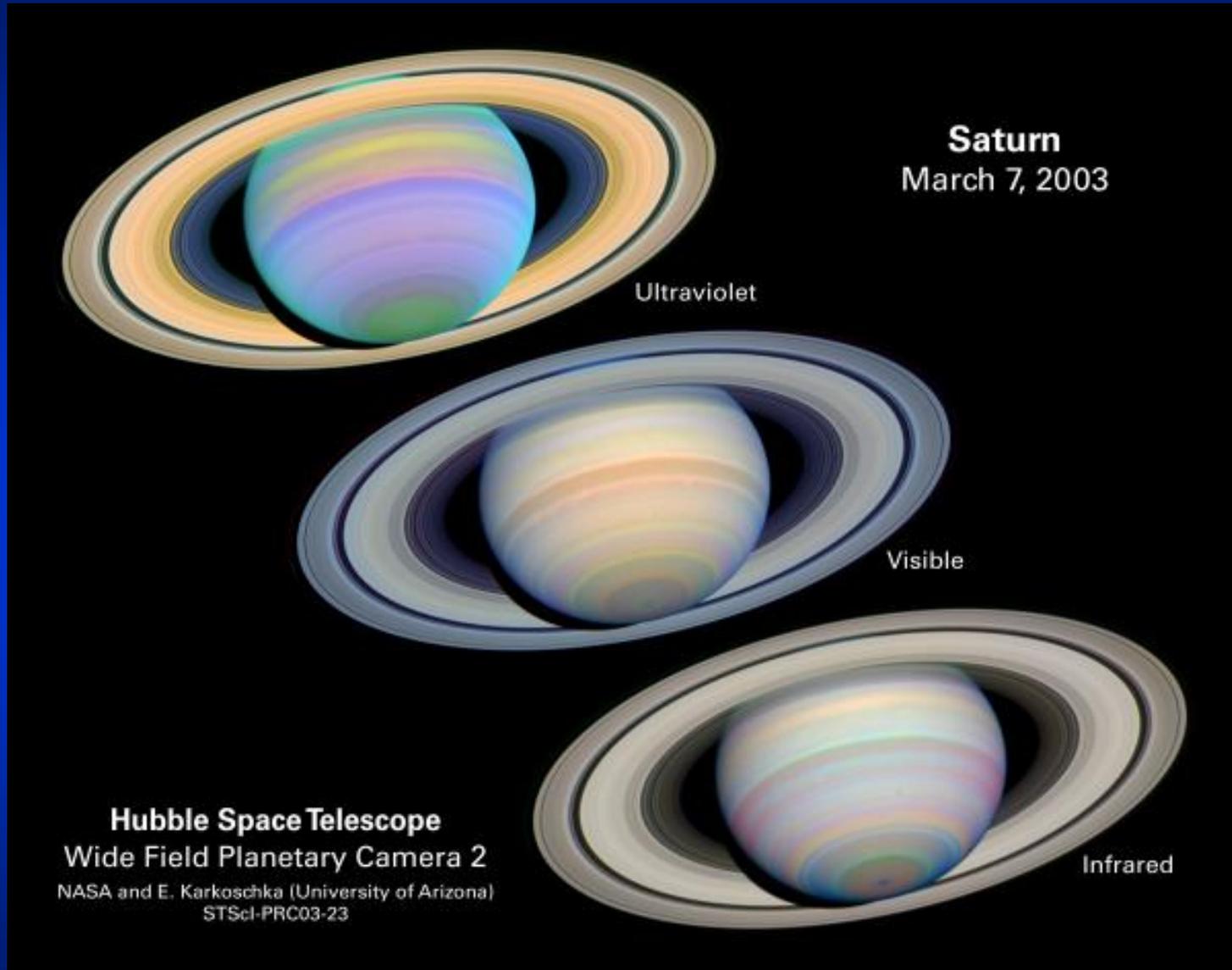
6-8-1995 HST Telescopio Spaziale Hubble

# Gli anelli di Saturno variazioni di inclinazione



1996-2000 HST Telescopio Spaziale Hubble

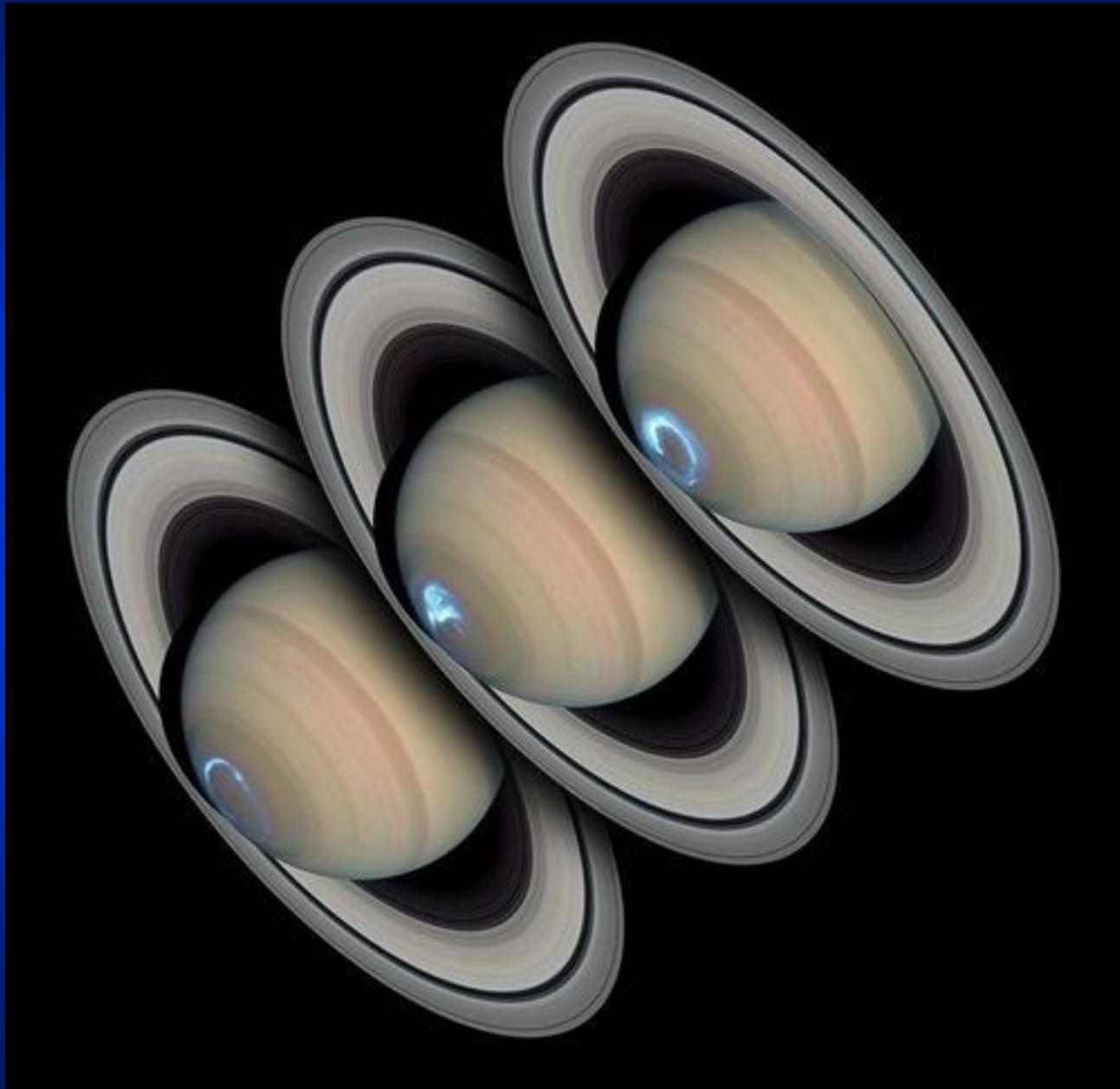
# Gli anelli di Saturno in tre bande UV-V-IR



7-3-2003 HST Telescopio Spaziale Hubble

# Aurore di Saturno 24-26-28 gennaio 2005

HST  
Telescopio  
Spaziale  
Hubble



# L'esplorazione spaziale di Saturno

## Sonda Cassini

# La sonda Cassini esplora Saturno



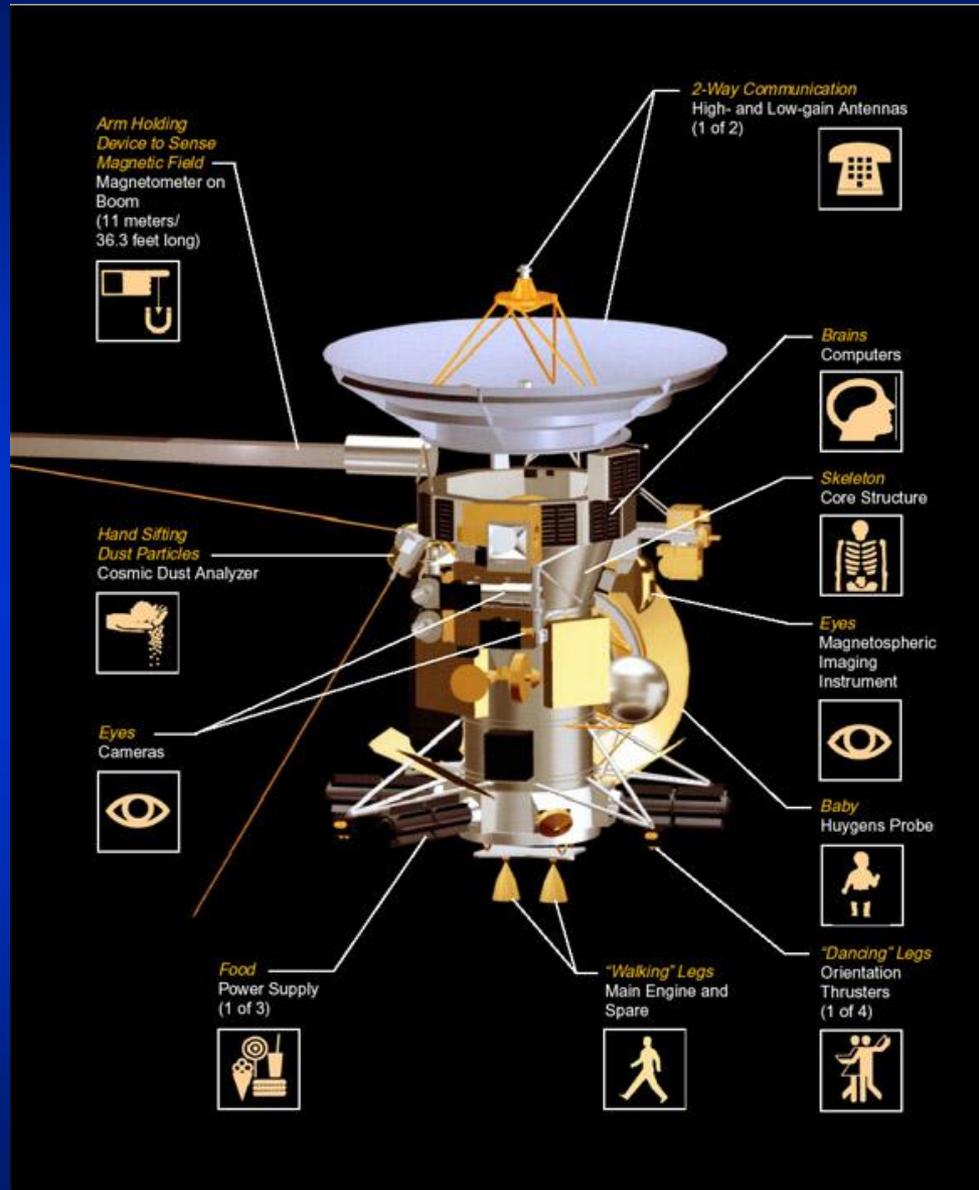
Sonda Cassini

# La sonda Cassini esplora Saturno



Sonda Cassini

# La sonda Cassini esplora Saturno



Sonda Cassini

# Strumenti del Cassini Orbiter

Gas Spectrometer &  
Magnetosphere Imager  
(INMS & MIMI)

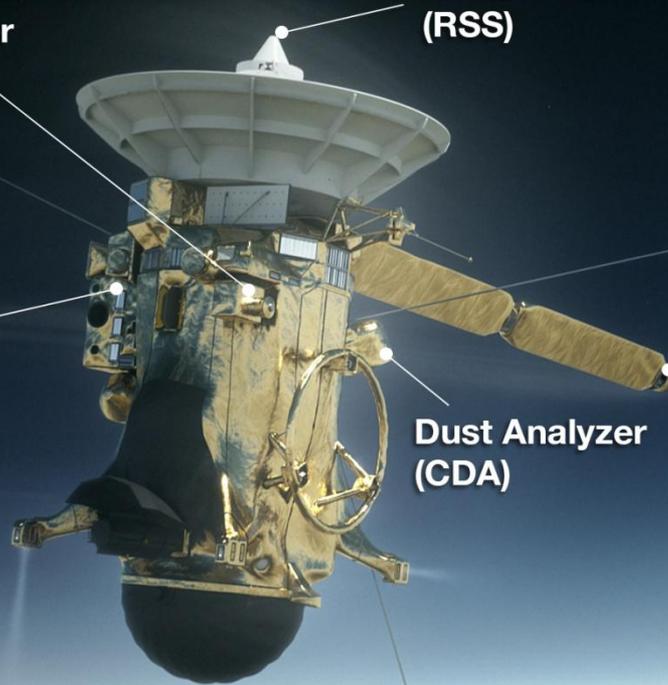
Radio Science  
(RSS)

Radio & Plasma  
Wave Antennas  
(RPWS)

Infrared & Ultraviolet  
Spectrometers  
(CIRS, UVIS)

Dust Analyzer  
(CDA)

Magnetometer



# Venti anni di missione per la sonda Cassini

**15 ottobre 1997:** il vettore di lancio statunitense *Titan IVB/Centaur* parte per lo spazio dal complesso di lancio 40 del John F. Kennedy Space Center (Florida) con a bordo la sonda Cassini-Huygens.

**25 aprile 1998:** primo sorvolo ravvicinato di Venere. L'antenna viene sfruttata per proteggere il satellite dalla radiazione termica.

**dicembre 1998:** manovre correttive nello spazio profondo.

**24 giugno 1999:** secondo sorvolo ravvicinato di Venere.

**17 agosto 1999:** sorvolo ravvicinato della Terra.

**dicembre 1999-aprile 2000:** attraversamento della fascia degli asteroidi, flyby dell'asteroide 2685 Masursky

**29 dicembre 2000:** sorvolo ravvicinato Giove

**Aprile-maggio 2004:** inizia l'esplorazione di Saturno

**14 gennaio 2005:** la sonda Huygens inizia la discesa nell'atmosfera di Titano

**14 gennaio 2005, ore 13:34 CET:** la Huygens atterra

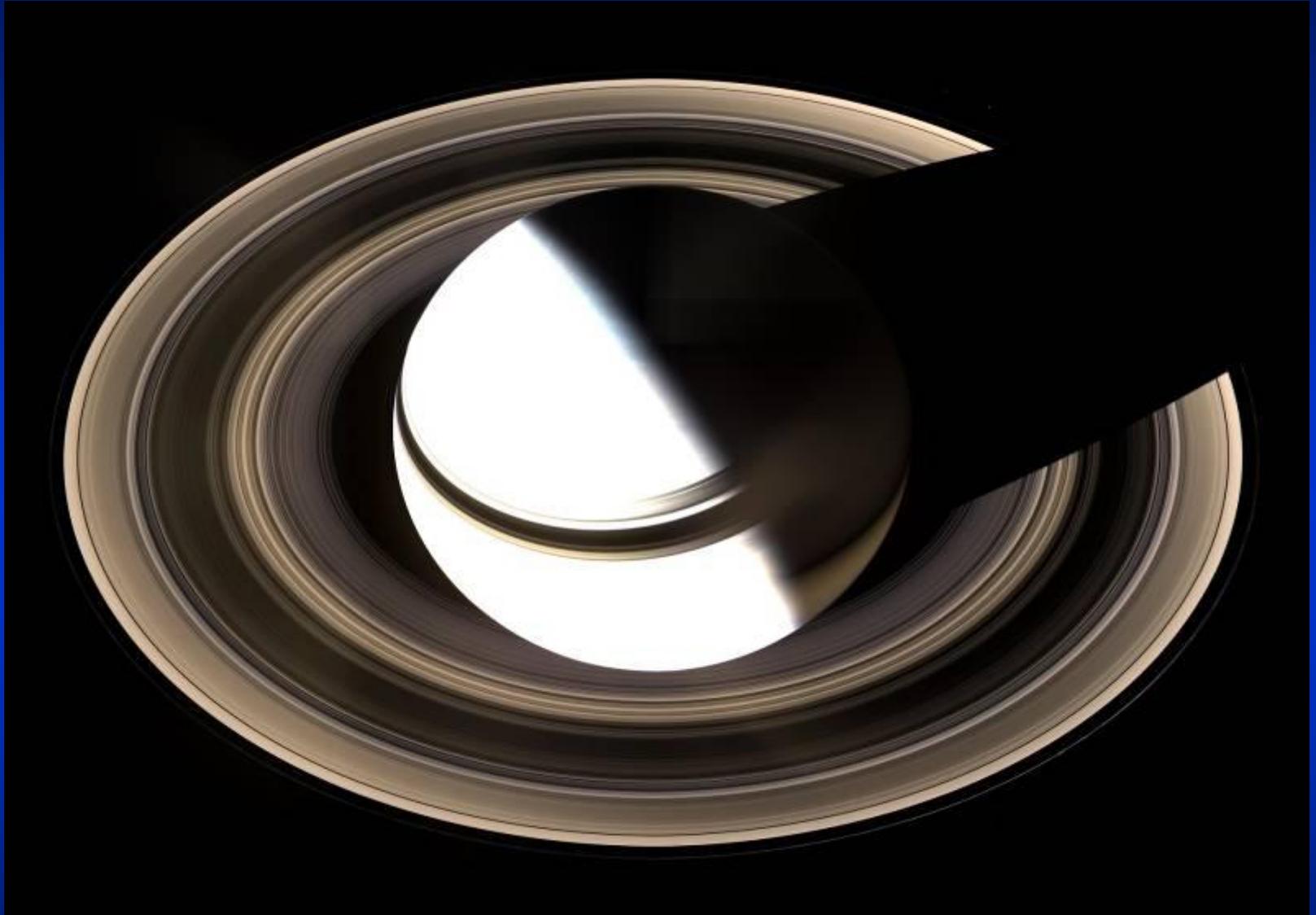
**2 febbraio 2010:** la missione viene ribattezzata Cassini Solstice ed estesa di altri sette anni.

**26 settembre 2010** inizia ufficialmente la Cassini Solstice

**26 aprile 2017 - Gran Finale:** avvio procedura per il completamento della missione, inizio dei sorvoli (i "tuffi") tra Saturno e gli anelli più interni.

**15 settembre 2017:** dopo 22 "tuffi" fine programmata della missione, rientro nell'atmosfera di Saturno con conseguente distruzione della sonda.

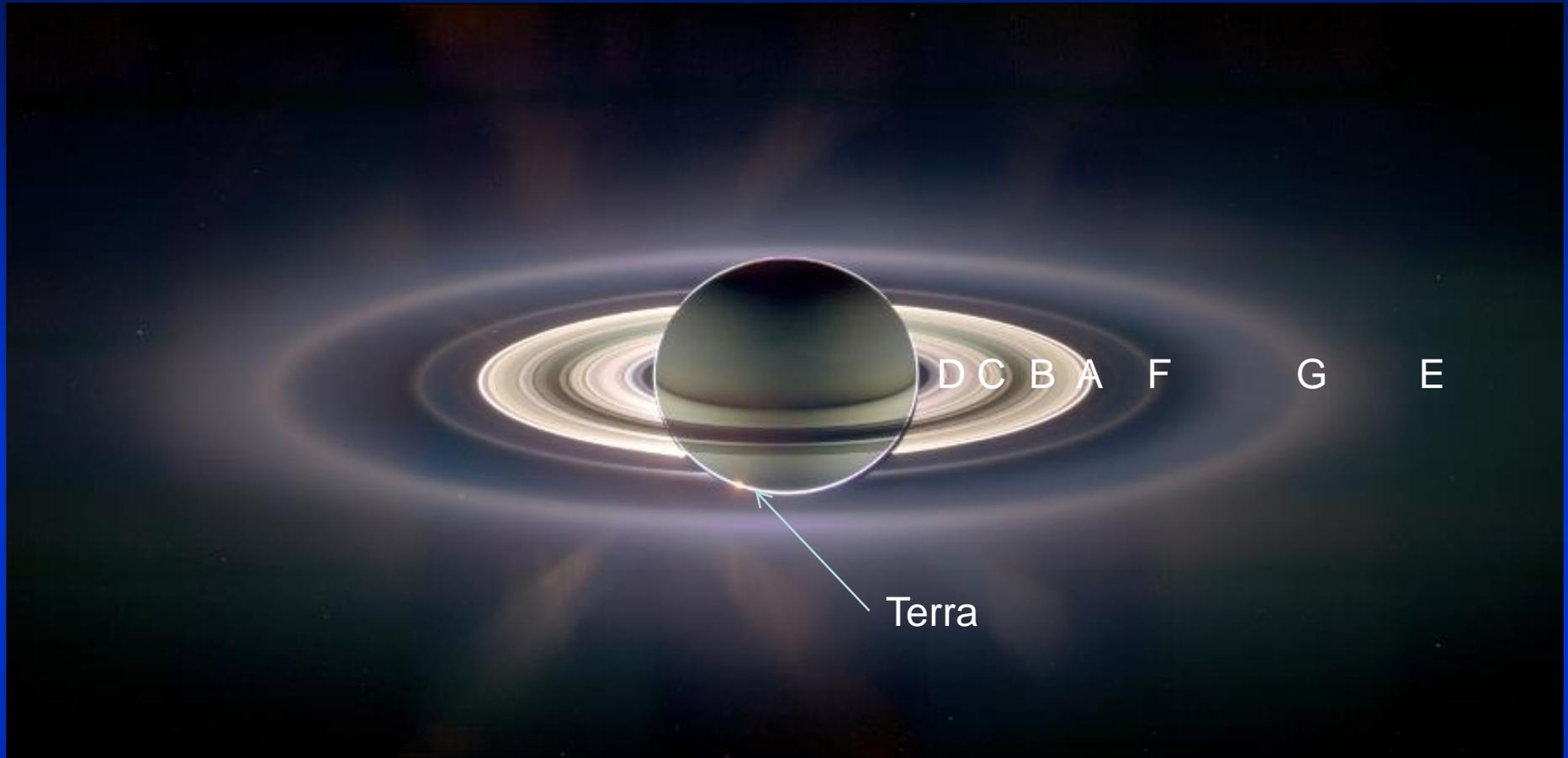
# Saturno



19-1-2007  
Sonda Cassini

Mosaico di 36 immagini con 12 set separati in rosso, verde e blu (RGB).  
Da una distanza di 1,23 milioni di km. Risoluzione 70 km / pixel.

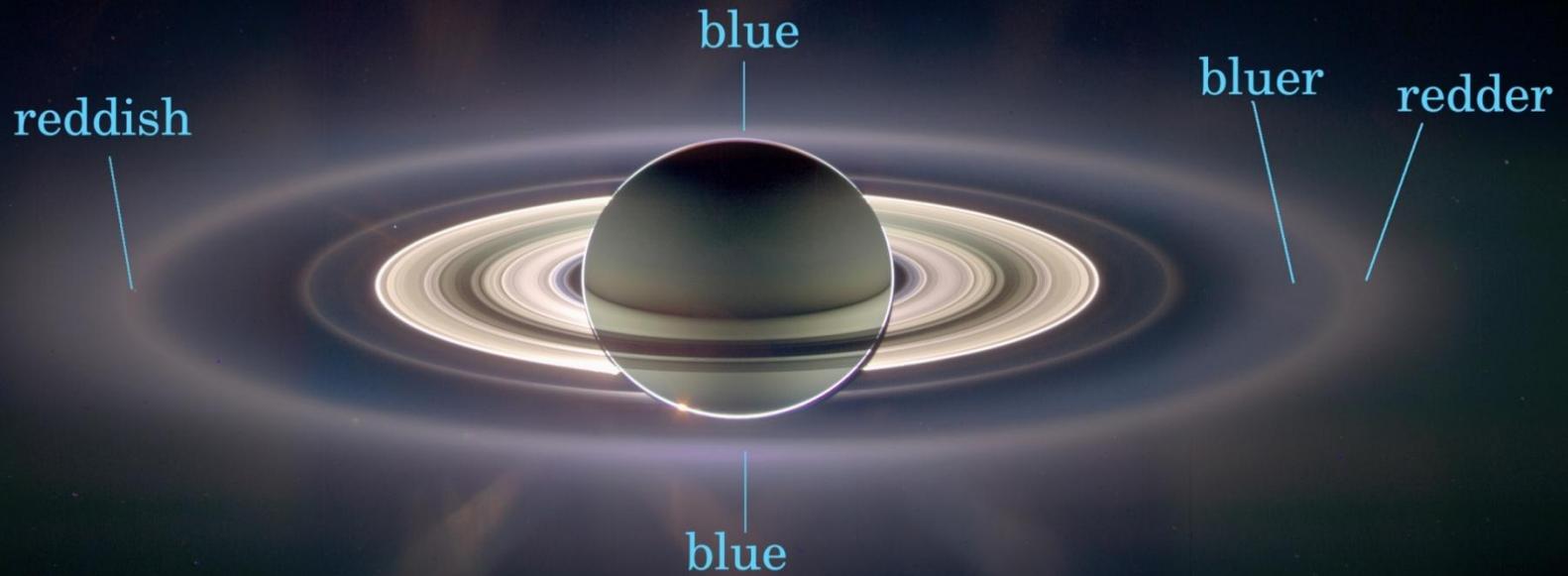
# Gli anelli di Saturno-geyser Encelado



Saturno visto da Cassini da una distanza di 2.2 milioni di km. L'immagine, composta da 256 sotto-immagini, ha una scala di 260 km per pixel. E' ben visibile l'anello G, oltre i brillanti anelli interni. Oltre l'anello G si osserva l'anello E "riempito" dagli "sbuffi" dei soffioni di ghiaccio di Encelado.

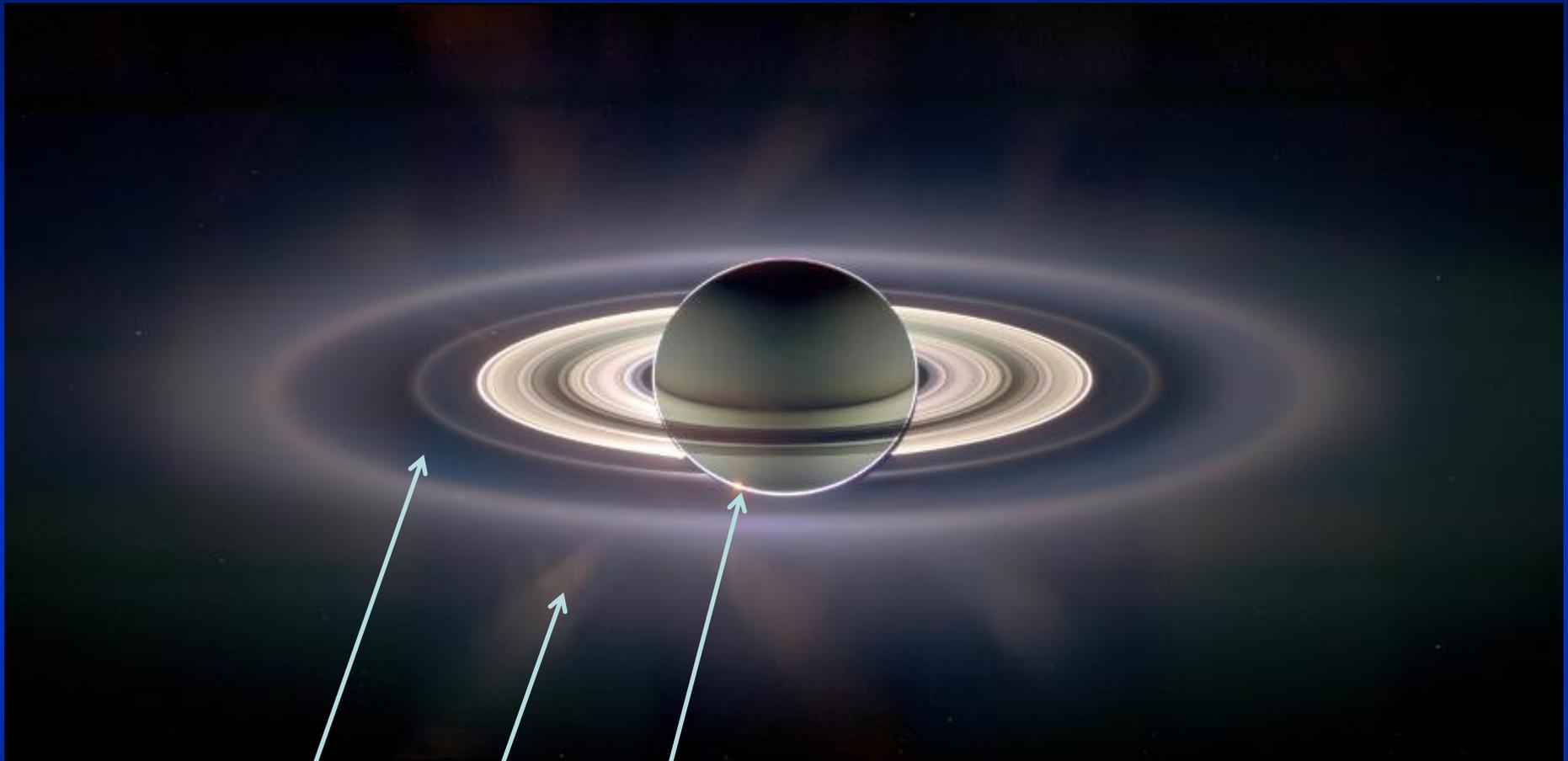
15-9-2006 Sonda Cassini «collage» di 165 immagini

# Anello G il più esterno riempito con il materiale emesso dai Geyser di Encelado



15-9-2006 Sonda Cassini «collage» di 165 immagini

# Anelli G ed E il più esterno riempito con il materiale emesso dai Geyser di Encelado



Anello G

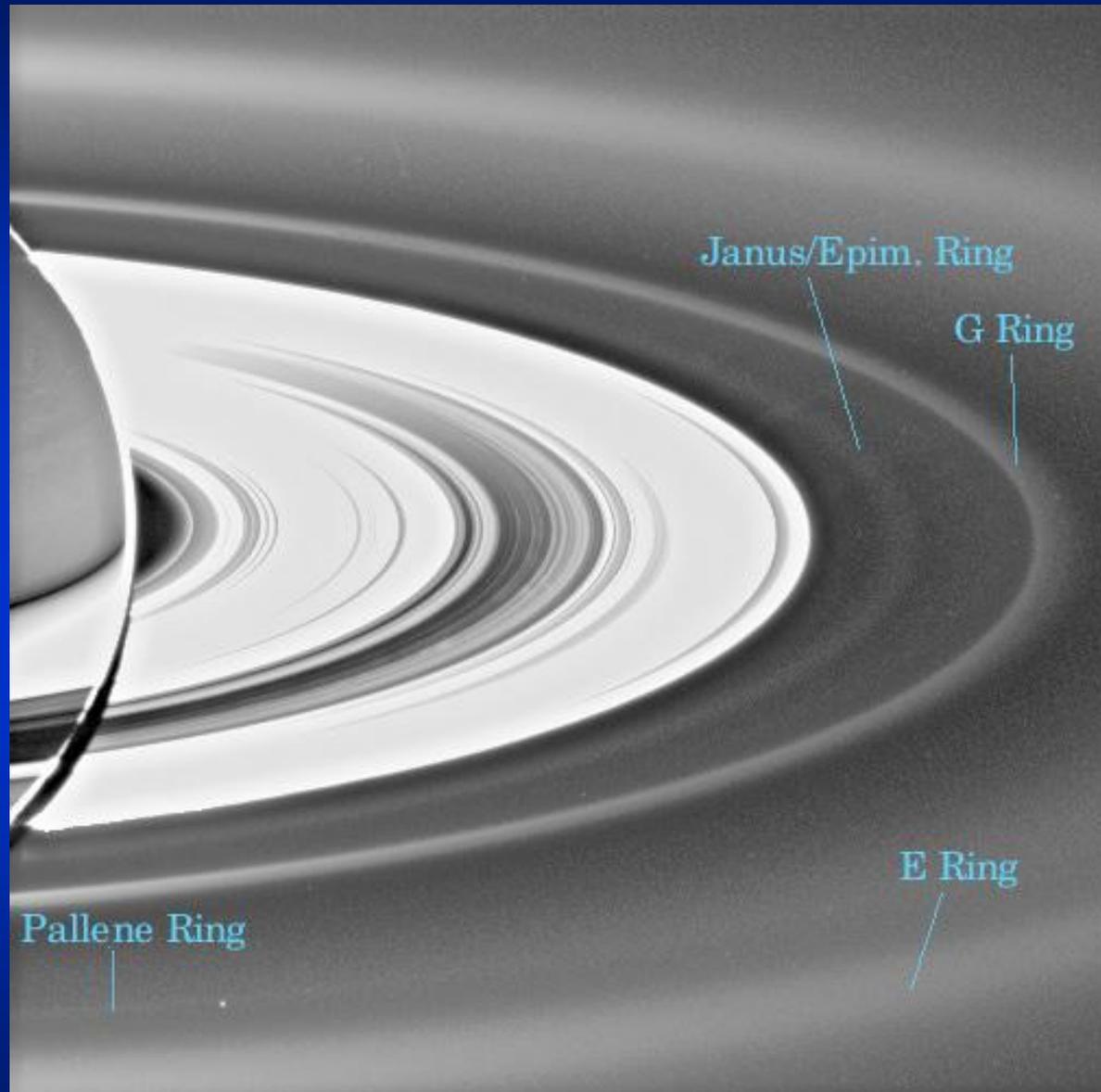
Anello E

Terra

Cassini ad una distanza di 2.2 million km  
Saturn. Risoluzione 260 km/pixel

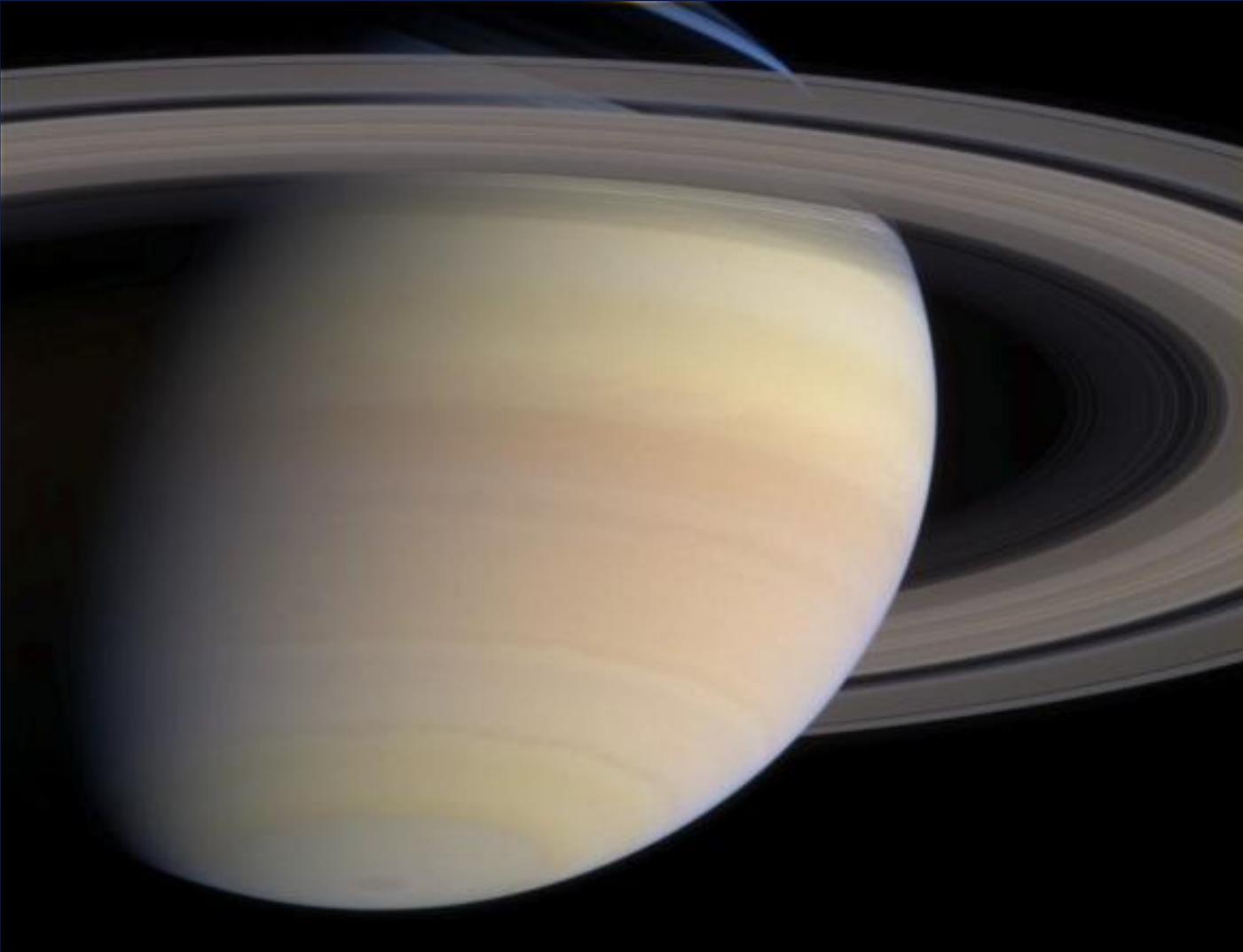
15-9-2006 Sonda Cassini «collage» di 165 immagini

# Due nuovi anelli di Saturno



15-9-2006 Sonda Cassini «collage» di 165 immagini

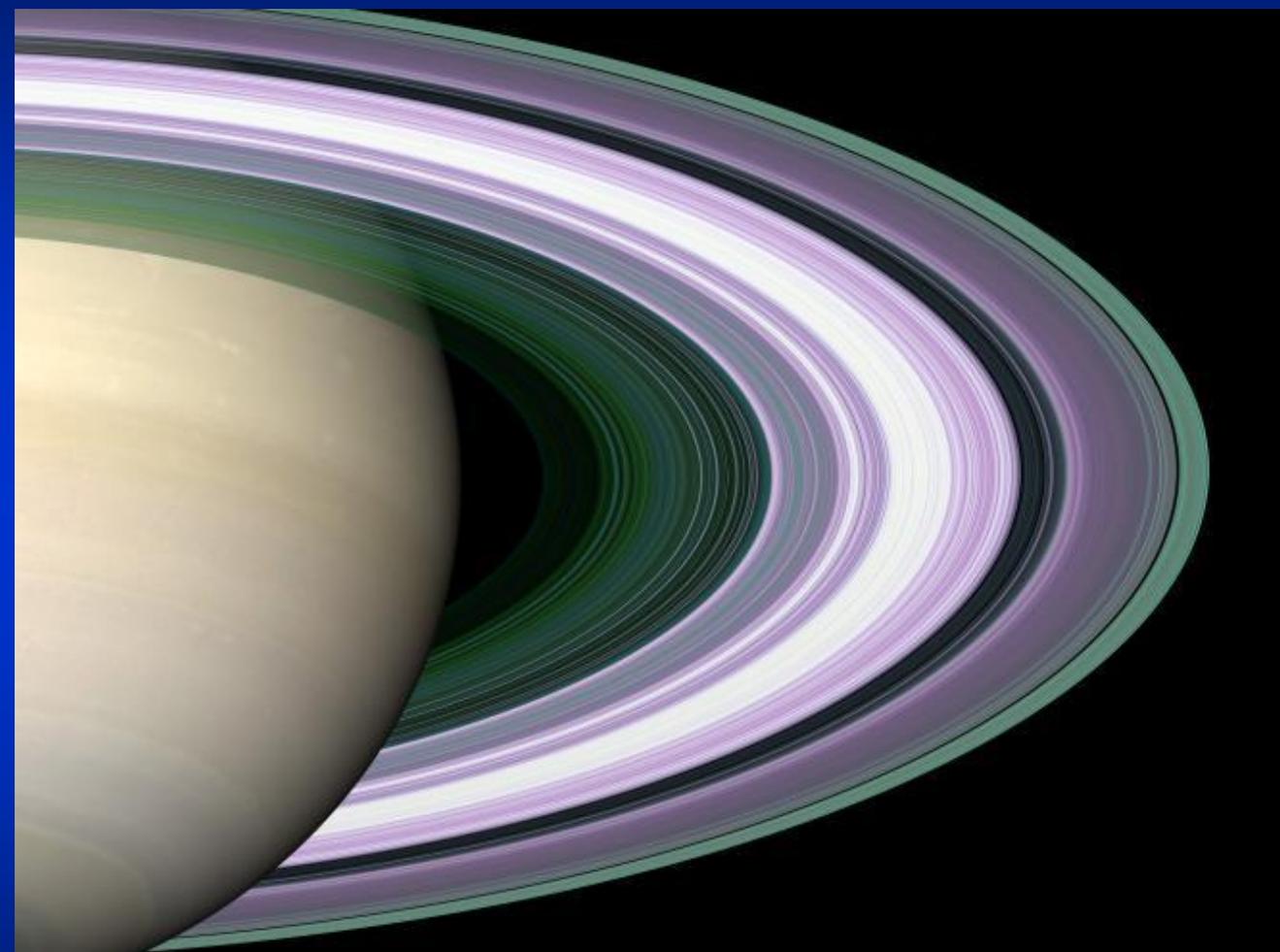
# Saturno



Cassini: 1,2 miliardi di km dalla Terra e 15,7 milioni di km da Saturno. Risoluzione 132 km/pixel.

21-5-2004 Sonda Cassini

# Radio occultazione di Saturno anelli D-C-B-A



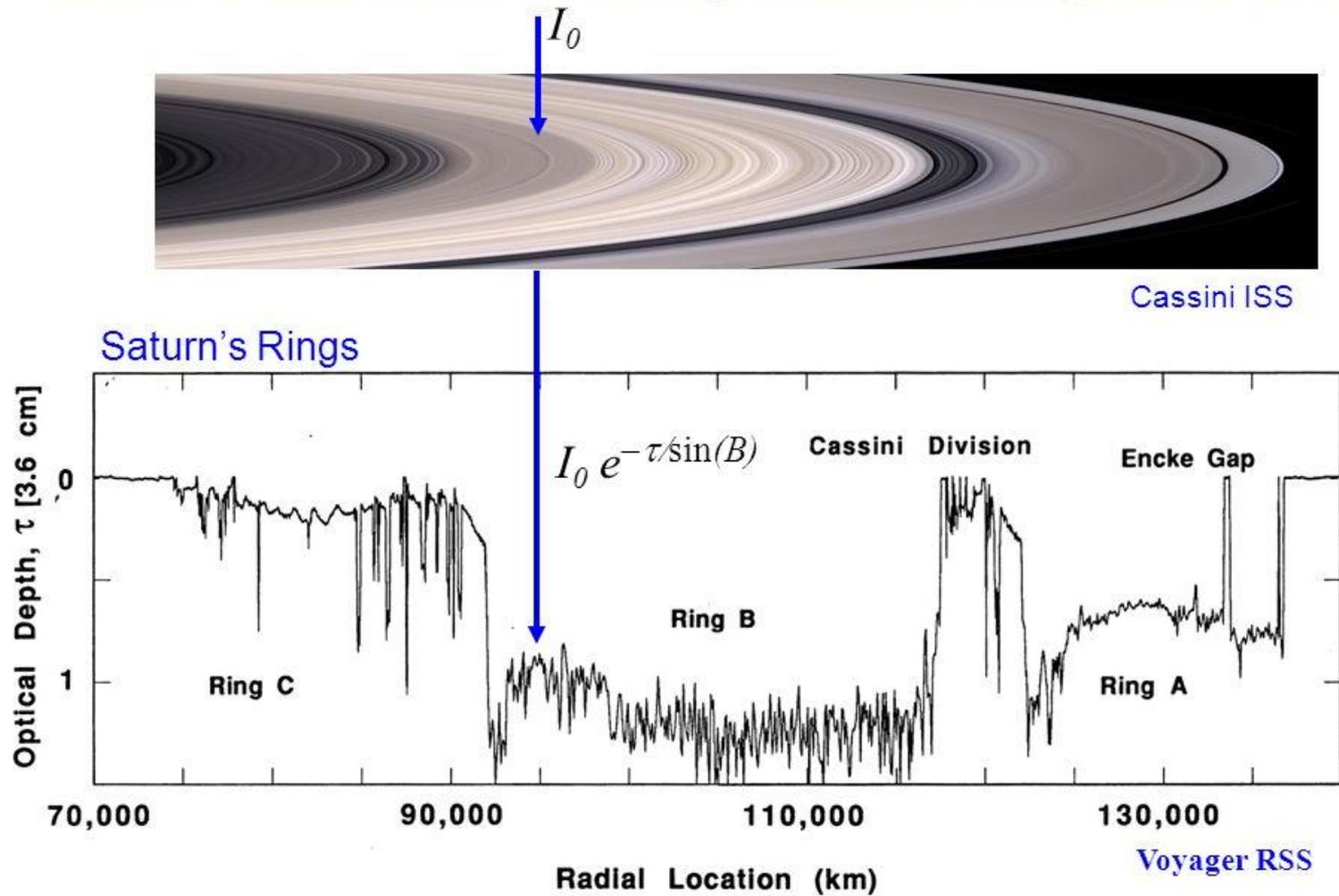
Il segnale radio è stato mandato alle lunghezze d'onda di 0,94, 3,6 e 13 cm.

Colore viola indica regioni con particelle maggiori di 5 cm.

Verde e blu indicano regioni con particelle tra 5 ed 1 cm.

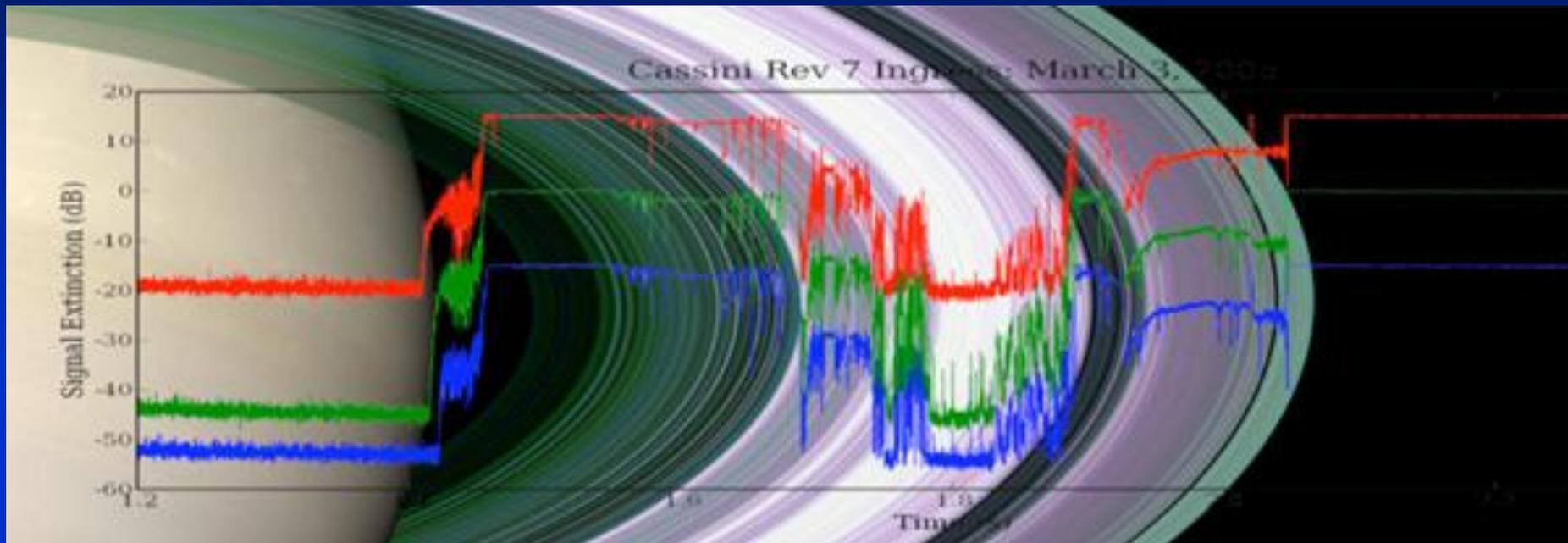
Il colore bianco nell'anello B indica la regione più densa di particelle

# Radio occultazione di Saturno anelli D-C-B-A



Sonda Cassini

# Radio occultazione di Saturno



Il segnale radio è stato mandato alle lunghezze d'onda di 0,94 3,6 e 13 cm.

Colore viola indica regioni con particelle maggiori di 5 cm.

Verde e blu indicano regioni con particelle tra 5 ed 1 cm.

Il colore bianco nell'anello B indica la regione più densa di particelle

3-5-2005 Sonda Cassini

# Saturno



Immagine della camera a grande campo da una distanza di circa 1 milione di km da Saturno. La sonda Cassini stava viaggiando pochi gradi sopra il piano degli anelli.

L'immagine è stata ottenuta dalla composizione delle immagini nei filtri **RGB**

Risoluzione 60 km per pixel

# Saturno

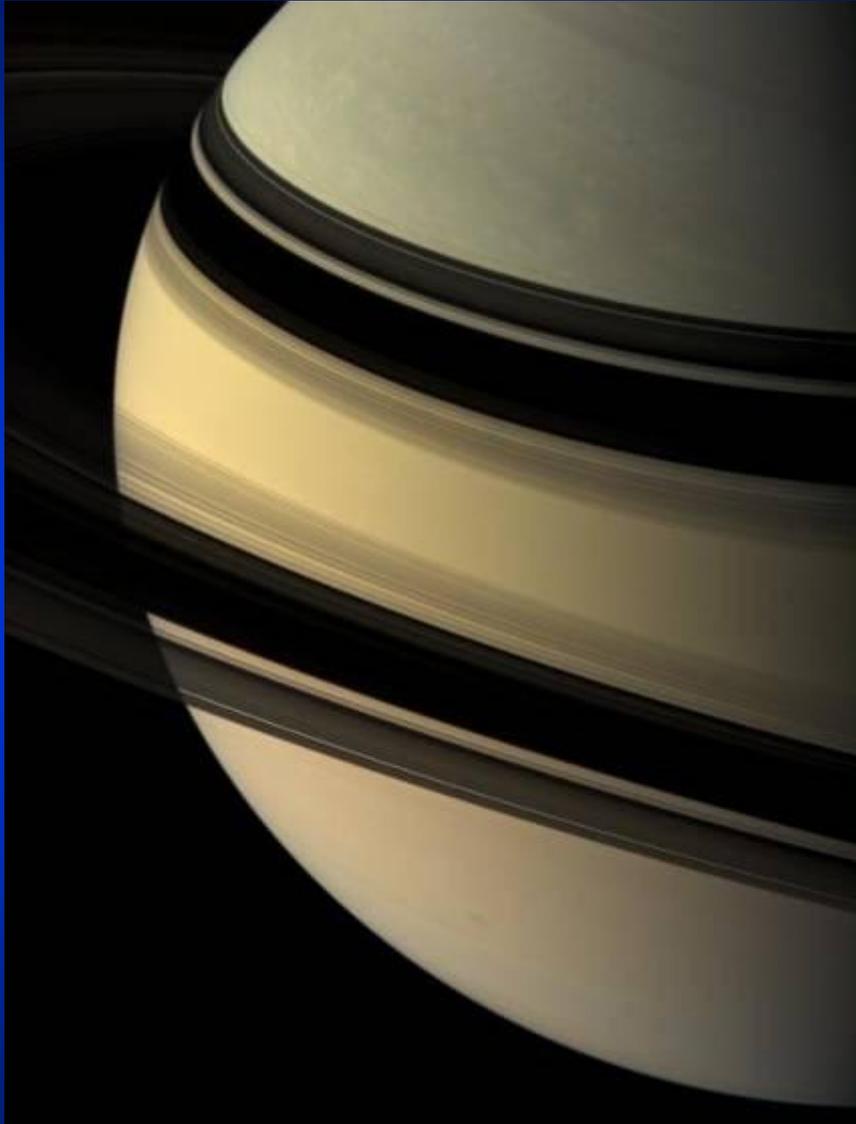


Immagine della camera a grande campo da una distanza di circa 1,6 milioni di km da Saturno. La sonda Cassini stava viaggiando 14 gradi sopra il piano degli anelli.

L'immagine è stata ottenuta dalla composizione delle immagini nei filtri **RGB**

Risoluzione 90 km per pixel

# Anelli di Saturno

L'arcobaleno è un effetto fittizio della sovrapposizione dei colori.

Angolo di 9 gradi sotto il piano degli anelli.

Da una distanza di circa 523000 km da Saturno.

L'immagine è stata ottenuta dalla composizione delle immagini nei filtri **RGB**

Risoluzione 31 km per pixel

# Saturno

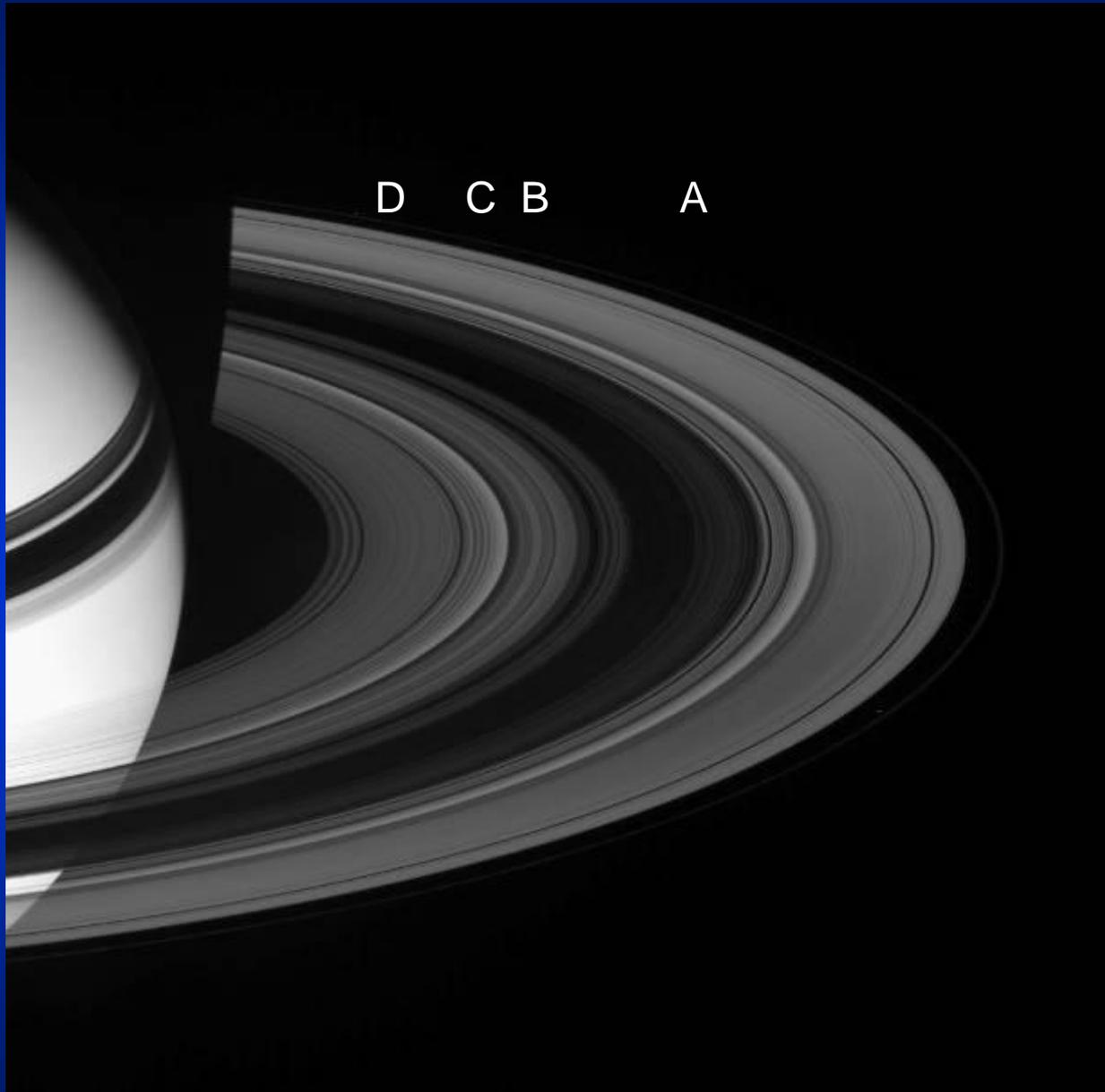
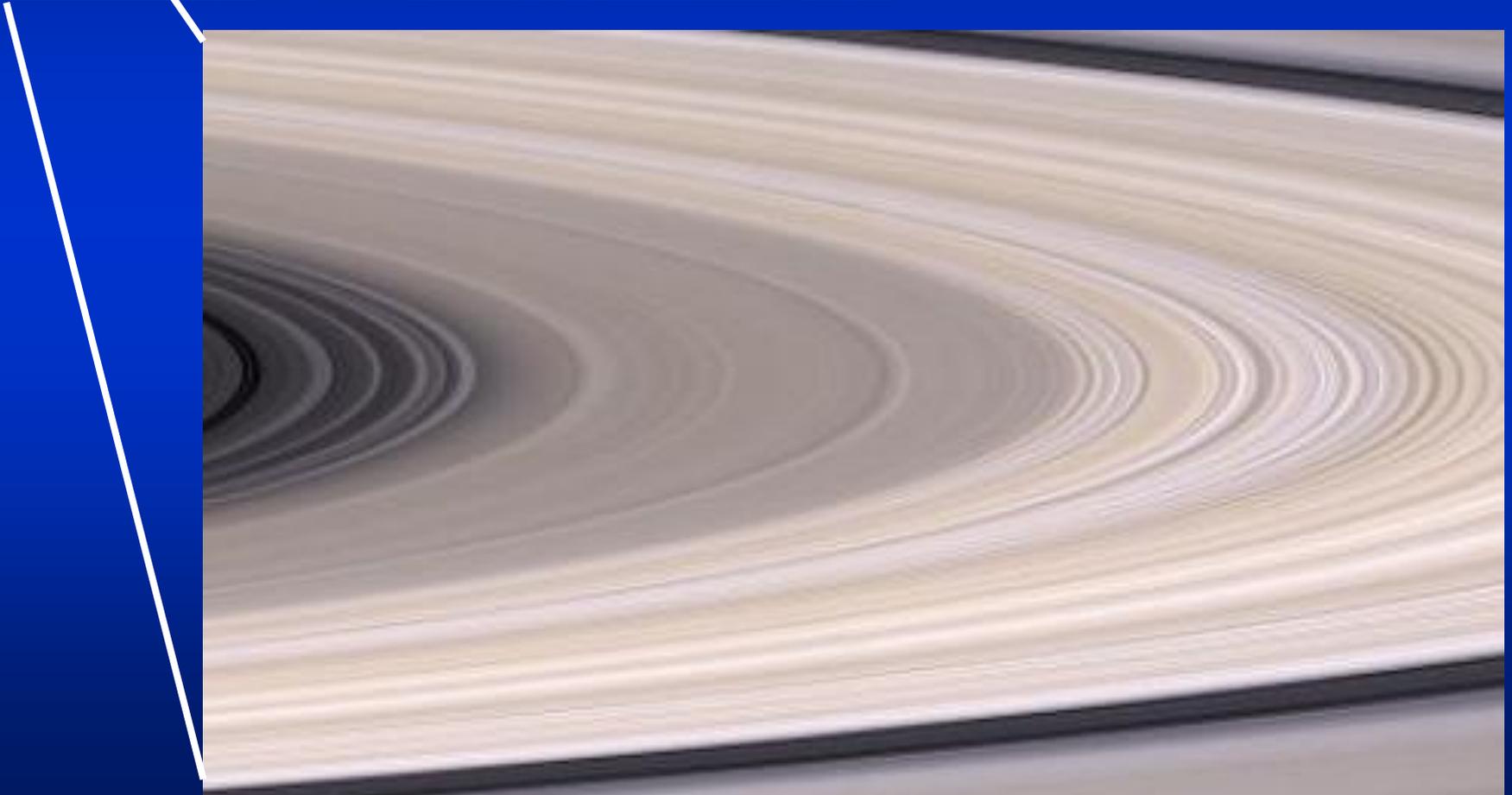


Immagine della camera a grande campo da una distanza di circa 1,8 milioni di km da Saturno. La sonda Cassini stava viaggiando 17 gradi sopra il piano degli anelli.

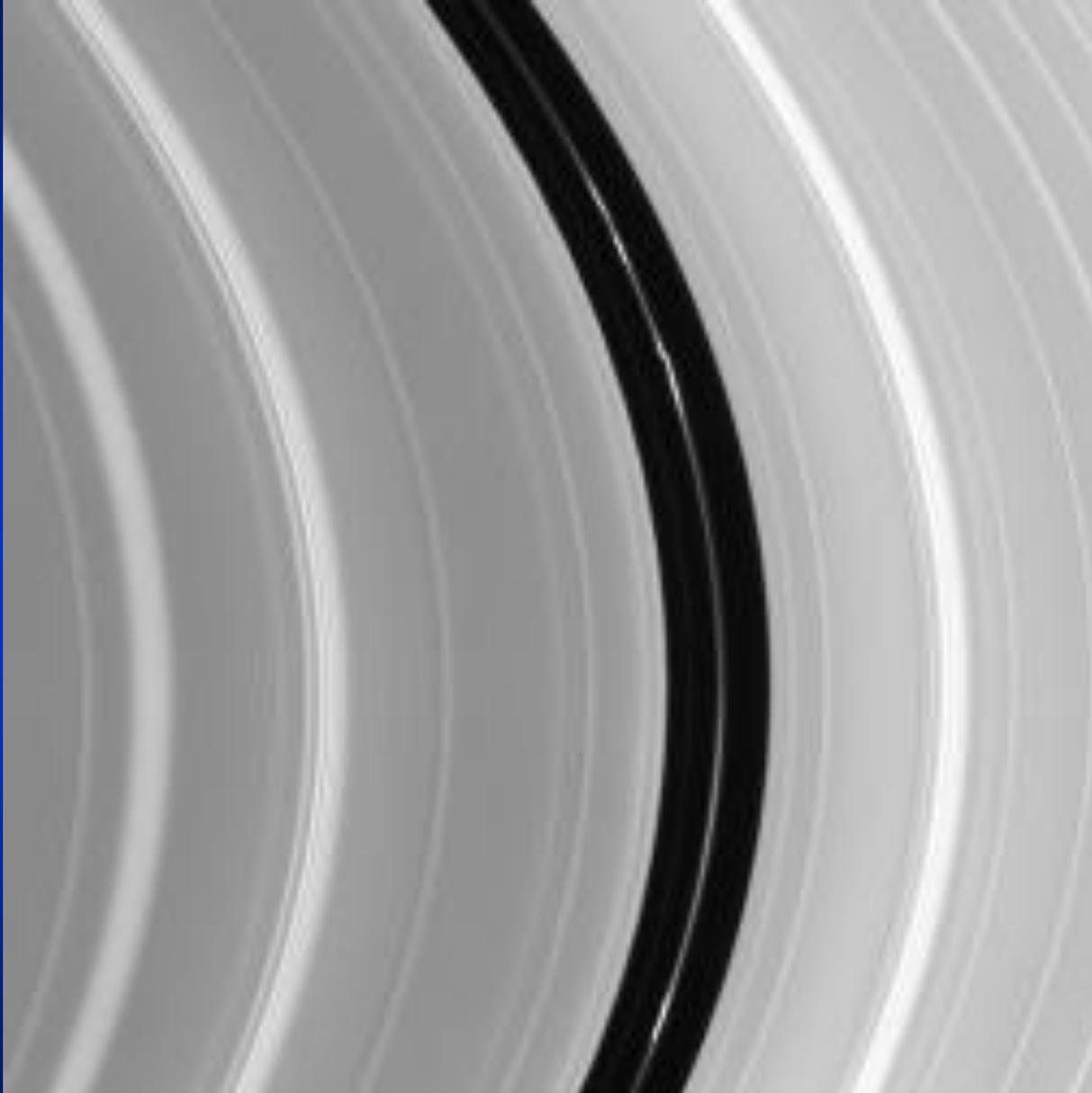
L'immagine è stata ottenuta dalla composizione delle immagini nei filtri **RGB**

Risoluzione 103 km per pixel

# Struttura fine degli anelli di Saturno



# Gli anelli di Saturno e la divisione di Encke

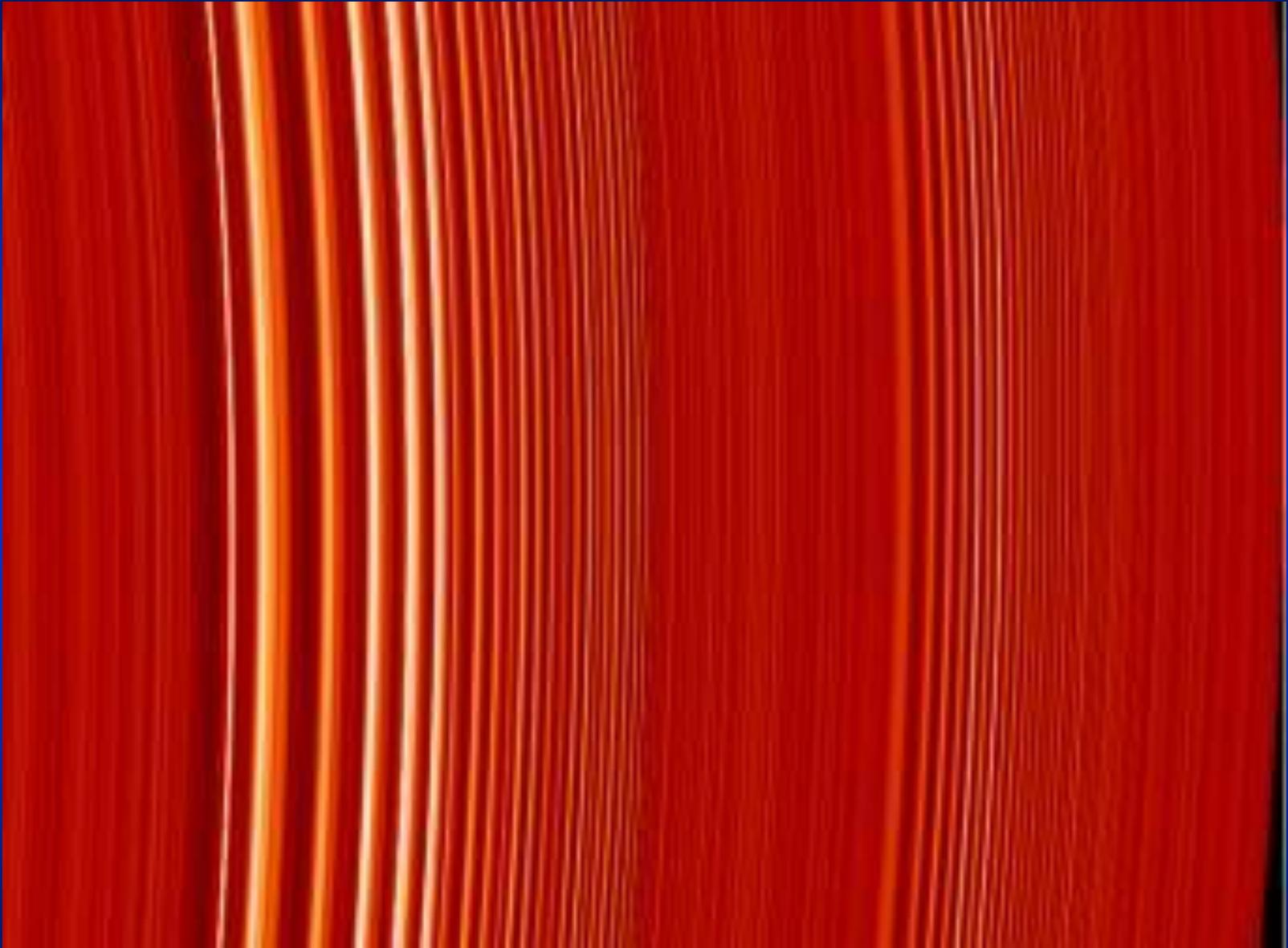


La **Divisione di Encke**, larga 300 km, presenta sorprendenti strutture dentro gli anelli (tra cui sistemi di “onde di densità”).

Mentre gli anelli sono costituiti da resti di lune ghiacciate la divisione è creata dal ripetuto passaggio di una piccola luna “pastore”, Pan, con dimensioni di 20 km.

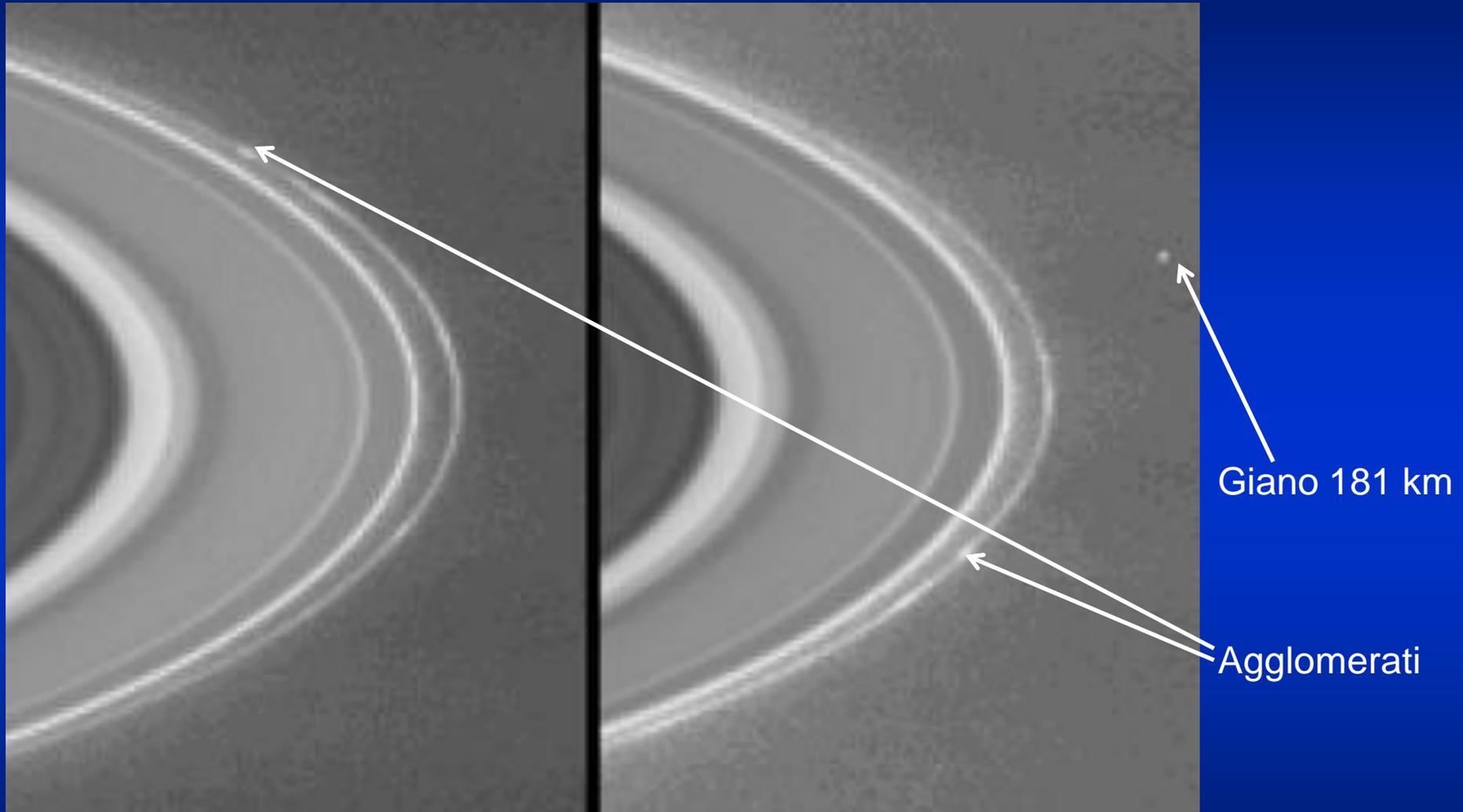
Sonda Cassini

# Onde di spirale nell'anello A di Saturno viste nell'ultravioletto



Sonda Cassini

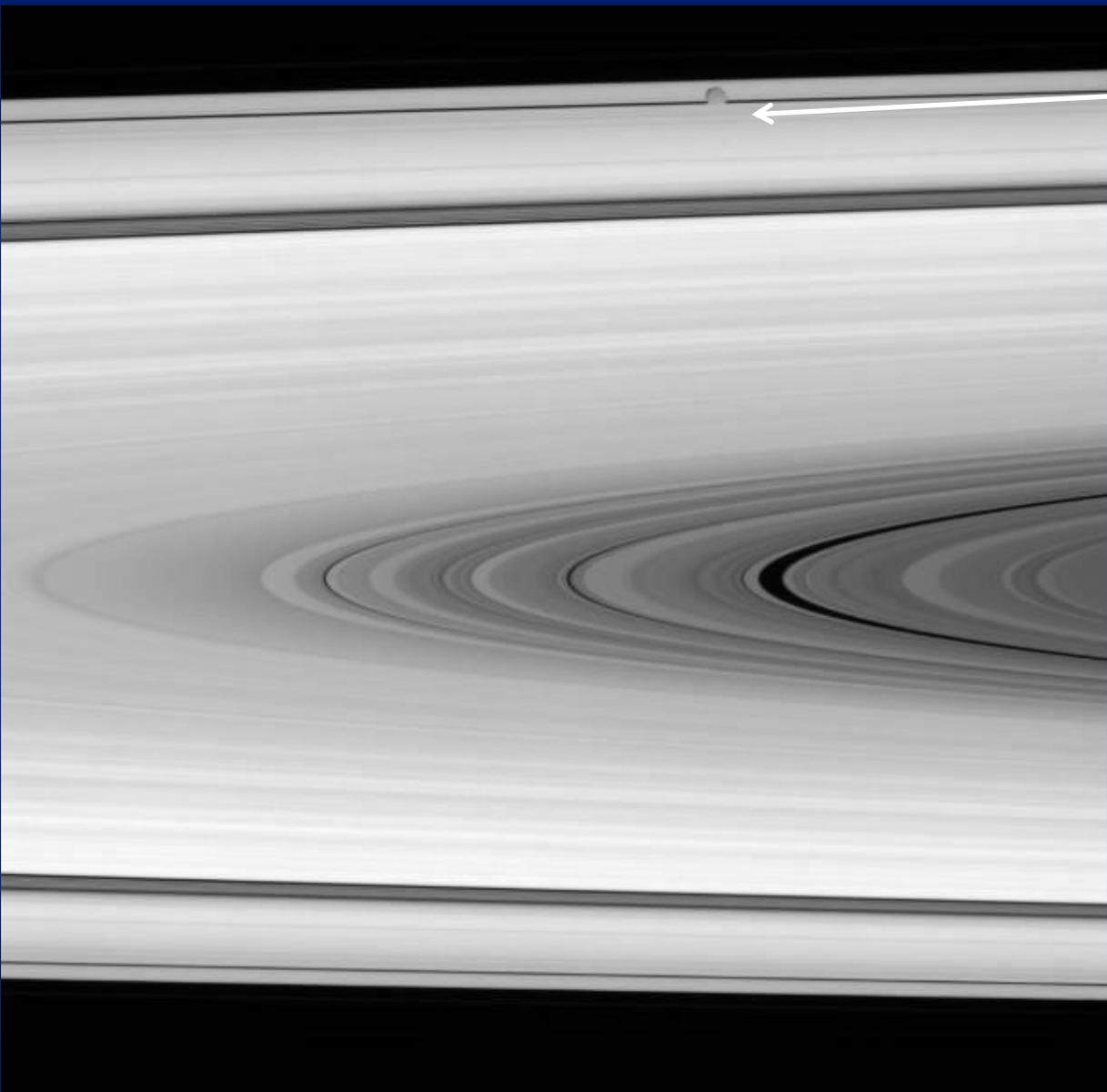
# Giano e strutture irregolari nell'anello esterno F di Saturno



Distanza 69 milioni di km risoluzione 377 km per pixel.

23-2-2004 Sonda Cassini filtro "verde" a 568 nm

# Epimeteo tra gli anelli di Saturno



Epimeteo

116 km

Anello F

Anello B

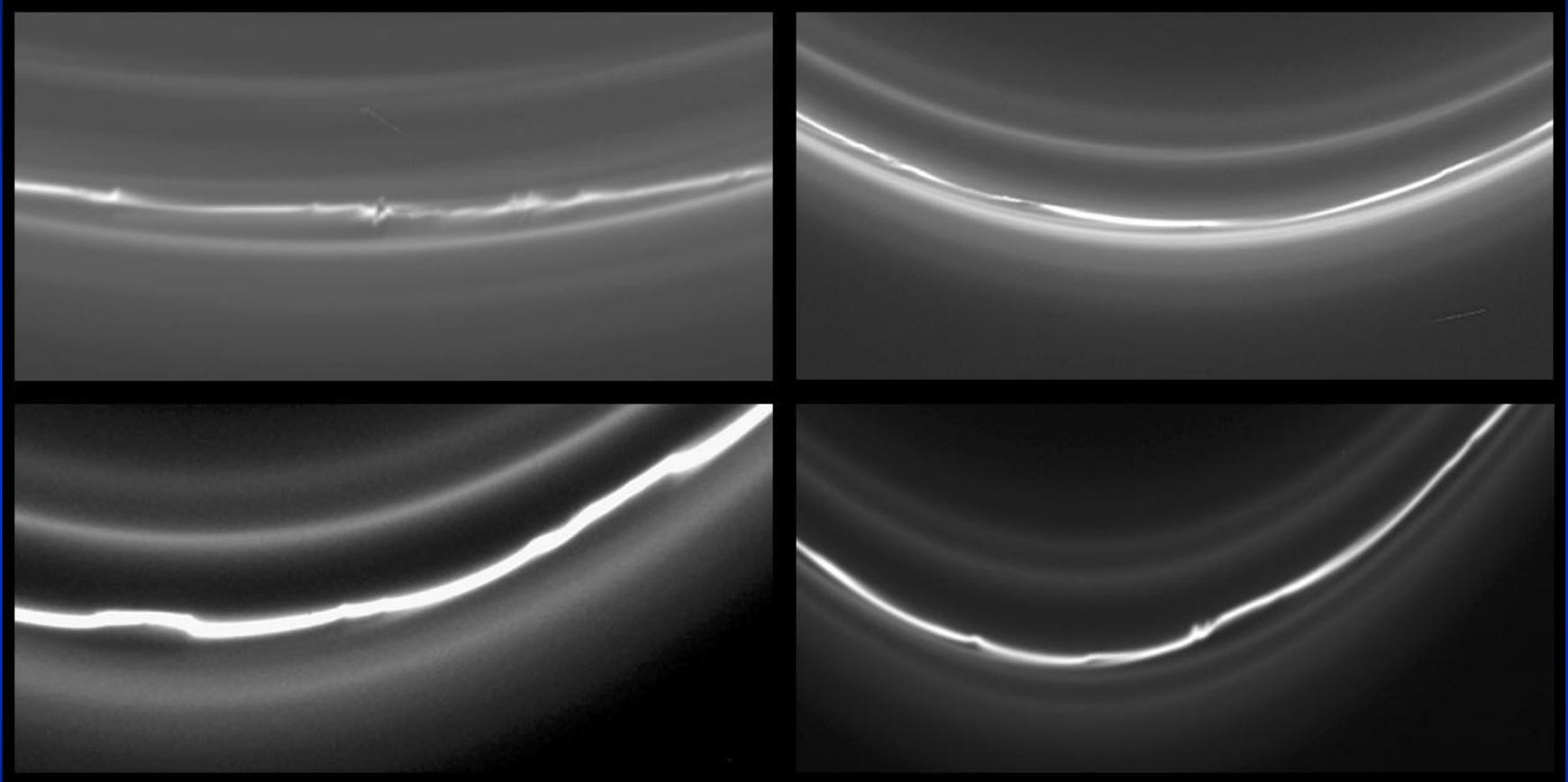
Divisione di  
Cassini

Anello A

Distanza 1,1 milioni di km  
da Saturno risoluzione 6 km  
per pixel.

17-2-2008 Sonda Cassini

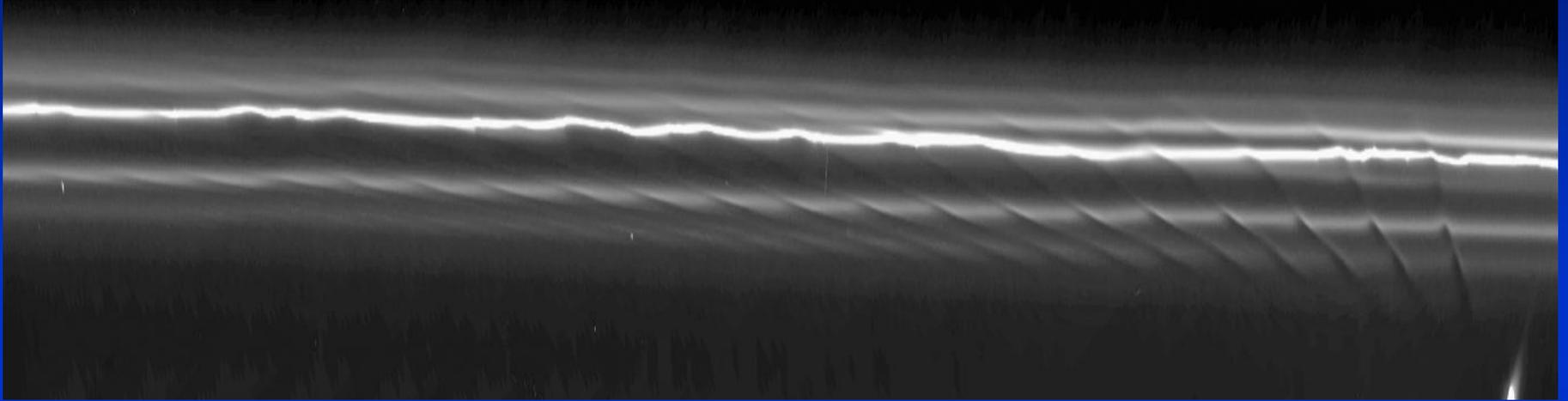
# Irregolarità nell'anello F di Saturno causate da Pandora e Prometeo



La struttura dell'anello F di Saturno è governata dalle lune pastore Prometeo (102 km) e Pandora (84 km). La struttura dell'anello dipende fortemente dall'interazione con le lune pastore. Distanza 735000-952000 km da Saturno risoluzione 4-6 km per pixel.

3-5-2005 e 4-5-2005 Sonda Cassini

## «L'effetto Prometeo» sull'anello F



Deformazioni indotte dalla luna pastore Prometeo (10 km) quando questa si avvicina e poi si allontana dall'anello F nella sua orbita eccentrica. L'ampiezza delle variazioni avviene in un intervallo di circa 2,5 ore. Le dimensioni dei "canali oscuri" sono di circa 1000 km. Si notino i cambiamenti di "pendenza" di queste oscillazioni.

Distanza da Saturno circa 1,1 milioni di km risoluzione 6 km per pixel.

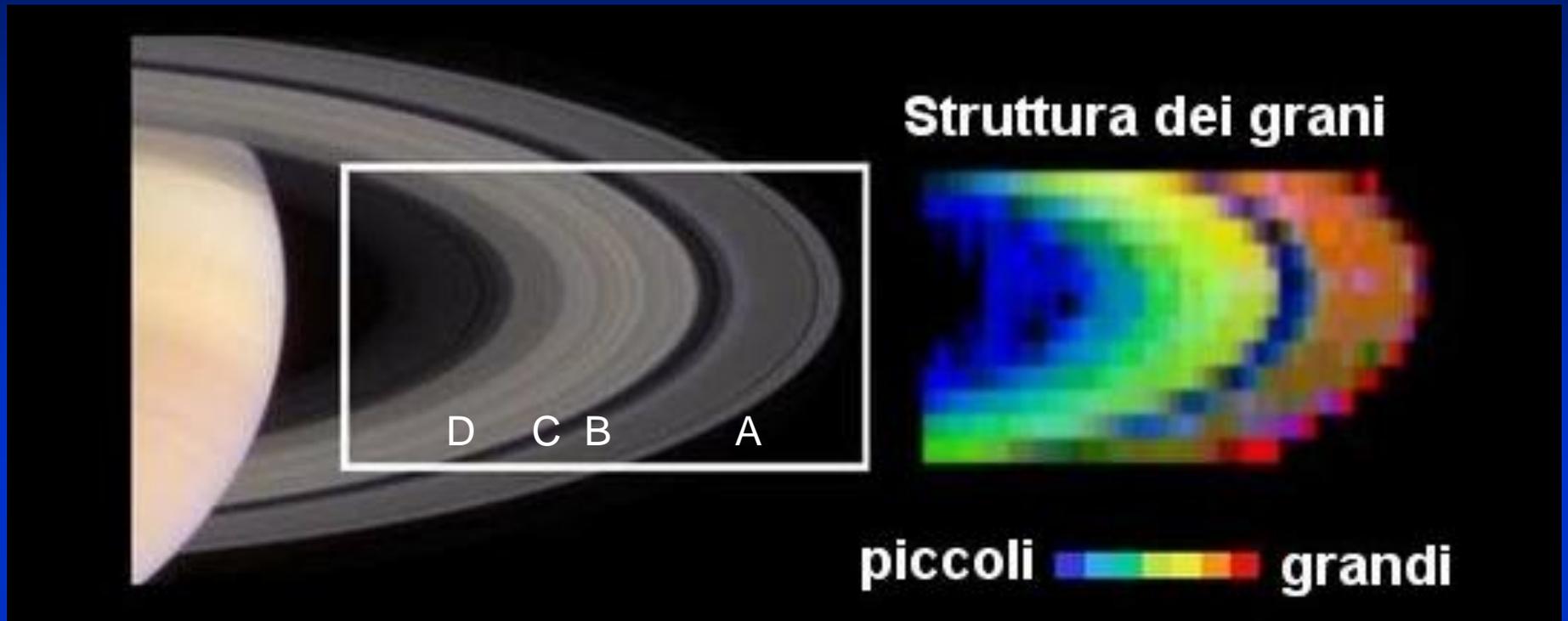
## Gli anelli di Saturno con Dione e Giano



La sonda Cassini guarda verso Saturno osservando Dione e Giano. Alcuni crateri sono visibili su Dione (1126 km). Giano (181 km) appare leggermente deformato a causa del suo moto durante l'esposizione. Distanza da Saturno 2,9 milioni di km risoluzione 11 km per pixel. Filtro IR a 790 nm.

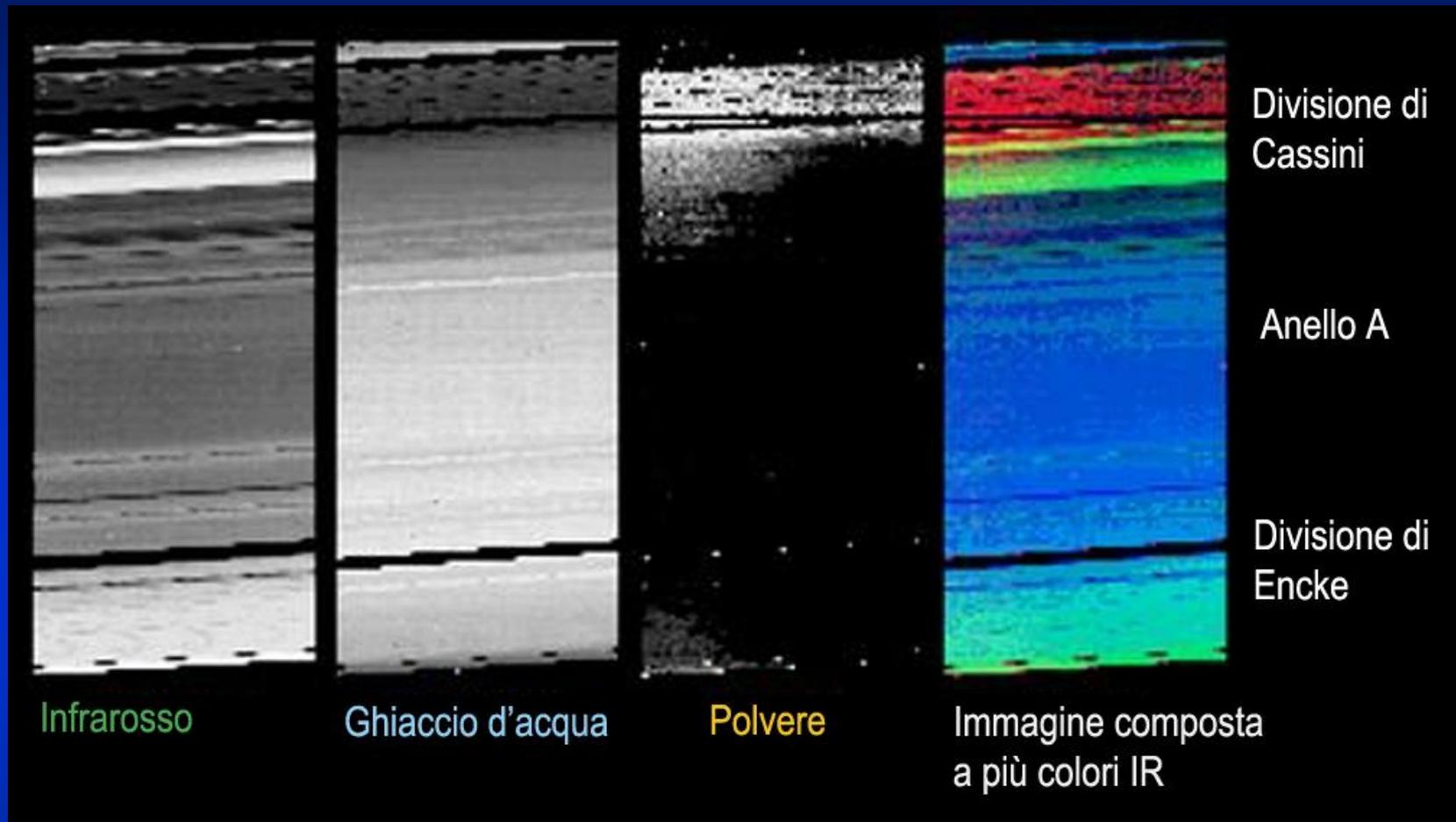
10-3-2006 Sonda Cassini

# Composizione degli anelli di Saturno nel visibile ed IR



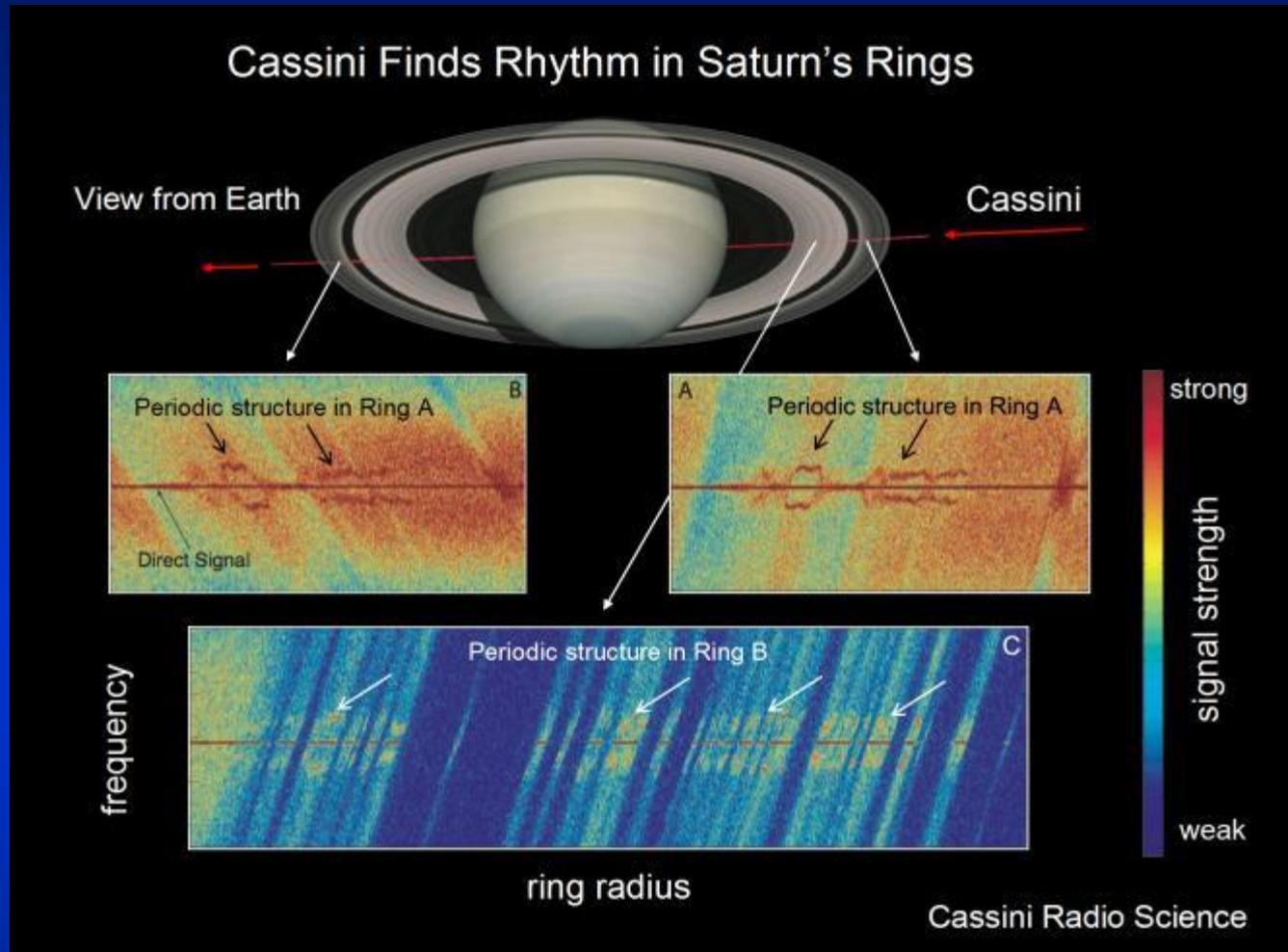
Le dimensioni dei composti degli anelli vanno da grani molti piccoli “neve in polvere” ai grani più grandi come “neve granulare”

# Mappa degli anelli di Saturno nel visibile ed IR



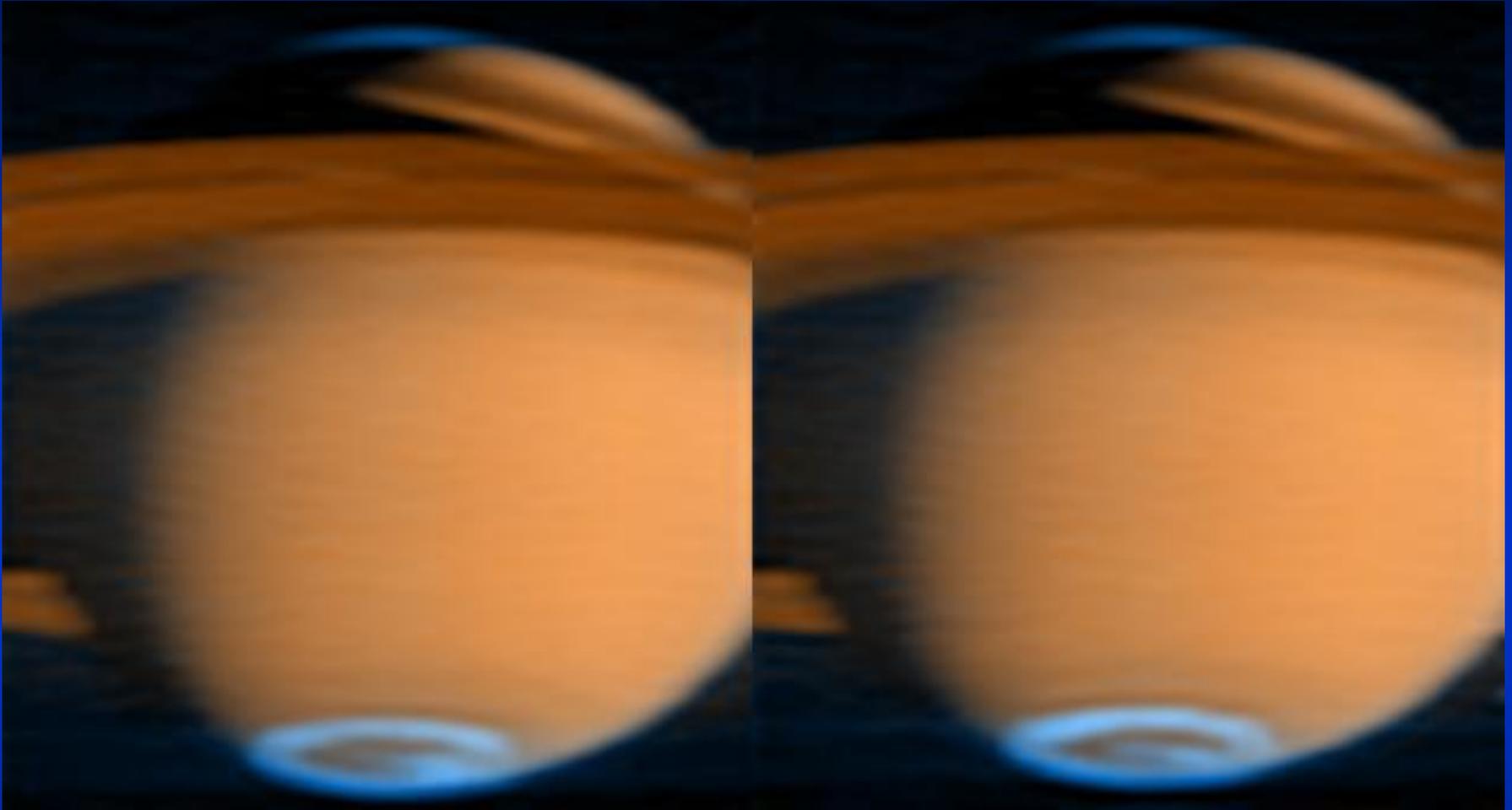
La trasmissione infrarossa mostra la “brillantezza” dell’immagine diffusa entro gli anelli. Più spesso è il materiale minore è il passaggio della luce mentre nella divisione di Cassini la trasparenza è maggiore. Il ghiaccio d’acqua è presente soprattutto nell’anello A. Il materiale più “sporco” è più abbondante nella parte interna e nelle divisioni di Cassini ed Encke. Questo materiale è di composizione simile a quello su Febe una delle lune di Saturno..

# Struttura fine degli anelli di Saturno-misure radio



Esperimento con l'emissione radio mostra delle strutture periodiche negli anelli A e B variabili in dimensioni da 100 a 250 metri.

# Aurore polari di Saturno



In blu (falsi colori) l'emissione aurorale del gas di idrogeno eccitato dal bombardamento elettronico. Le zone rosso arancio rappresentano la luce solare riflessa. Le due immagini mostrano le variazioni delle emissioni aurorali ai poli di Saturno soggette all'azione del vento solare.

21-6-2005 Sonda Cassini

# L'atmosfera di Saturno

Pressione superficiale	140 000 Pascal=1,4 bar
Temperatura ad 1 bar	-139 °C
Temperatura ad 0,1 bar	-189 °C
Densità superficiale ad 1 bar	~ 0,19 kg/m <sup>3</sup>
Velocità dei venti	400 m/s a < 30 gradi di latitudine 150 m/s a > 30 gradi di latitudine
Peso molecolare medio	2,07 gr/mole
Composizione	H <sub>2</sub> 96,3 %, He 3,25 %
in ppm	CH <sub>4</sub> 4500, NH <sub>3</sub> 125, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (etano) 7
Aerosol	Ammoniaca ghiacciata, ghiaccio

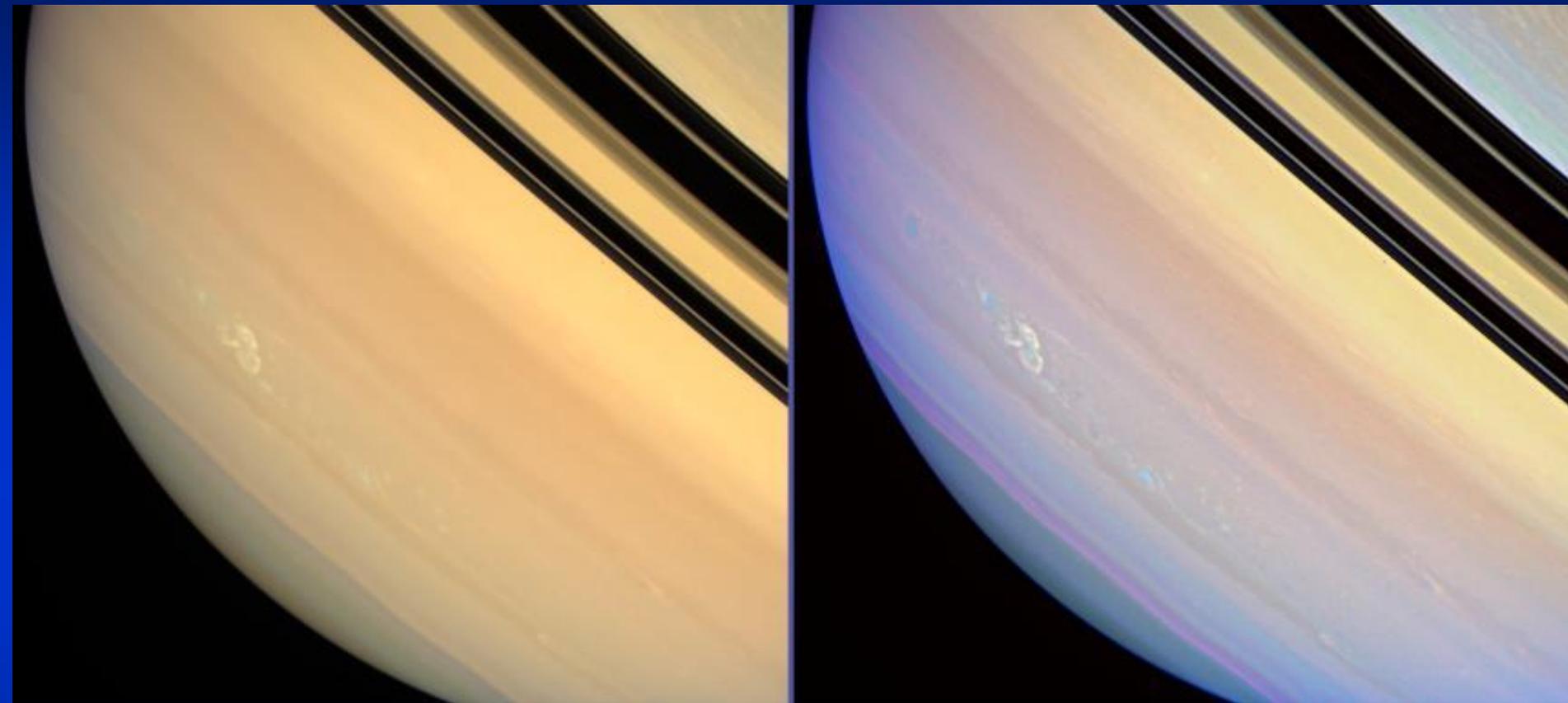
# Tempesta nell'atmosfera di Saturno



Evoluzione della tempesta dal 5-12-2010 al 24-12-2010. All'inizio lo "spot" era estesa di 1300 km nord-sud e 2500 est-ovest. Il 24-12-2010 la tempesta era cresciuta nella direzione nord-sud fino a 10000 km. La coda delle tempesta ha raggiunto i 100000 km. Da una distanza di 1,9 milioni di km con risoluzione media di circa 143 km per pixel.

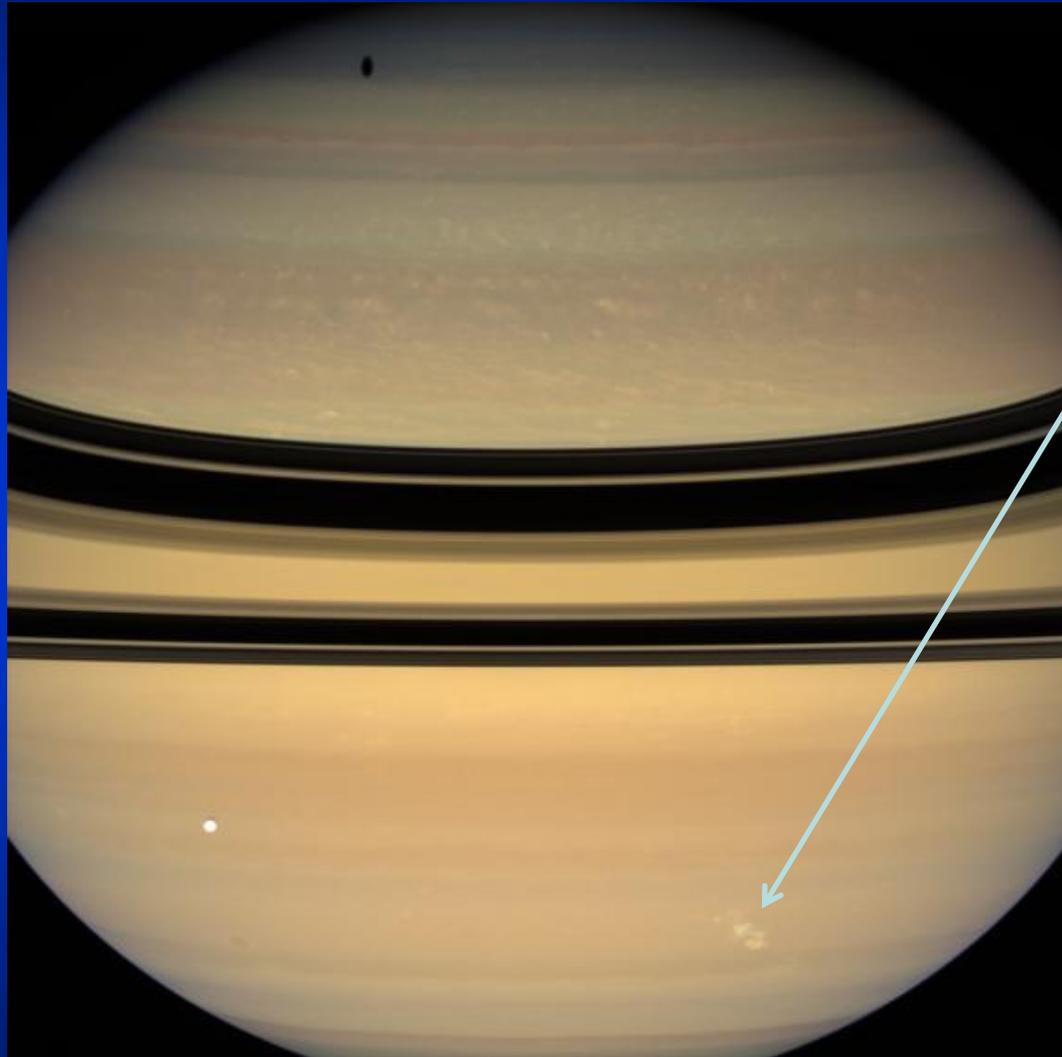
**Dal 5-10-2010 al 24-12-2010 Sonda Cassini**

# Turbolenza nell'atmosfera di Saturno



A sinistra immagine composta in RGB mostra Saturno nei colori “naturali”. La “tempesta” è molto più visibile nell’immagine a destra che combina infrarosso, verde e luce violetta a 939, 567 e 420 nm.

# Turbolenza con fulmini nell'atmosfera di Saturno



La tempesta si presenta come un brillante spot bianco. Fulmini entro la tempesta producono emissioni radio dette "Saturn Electrostatic Discharges" effettivamente osservate il 27 Nov. 2007

Sullo sfondo si osserva il satellite Teti (1107 km)

Immagine RGB presa da una distanza di 1,7 milioni di km con una risoluzione di 97 km per pixel

# Vortici nell'atmosfera di Saturno



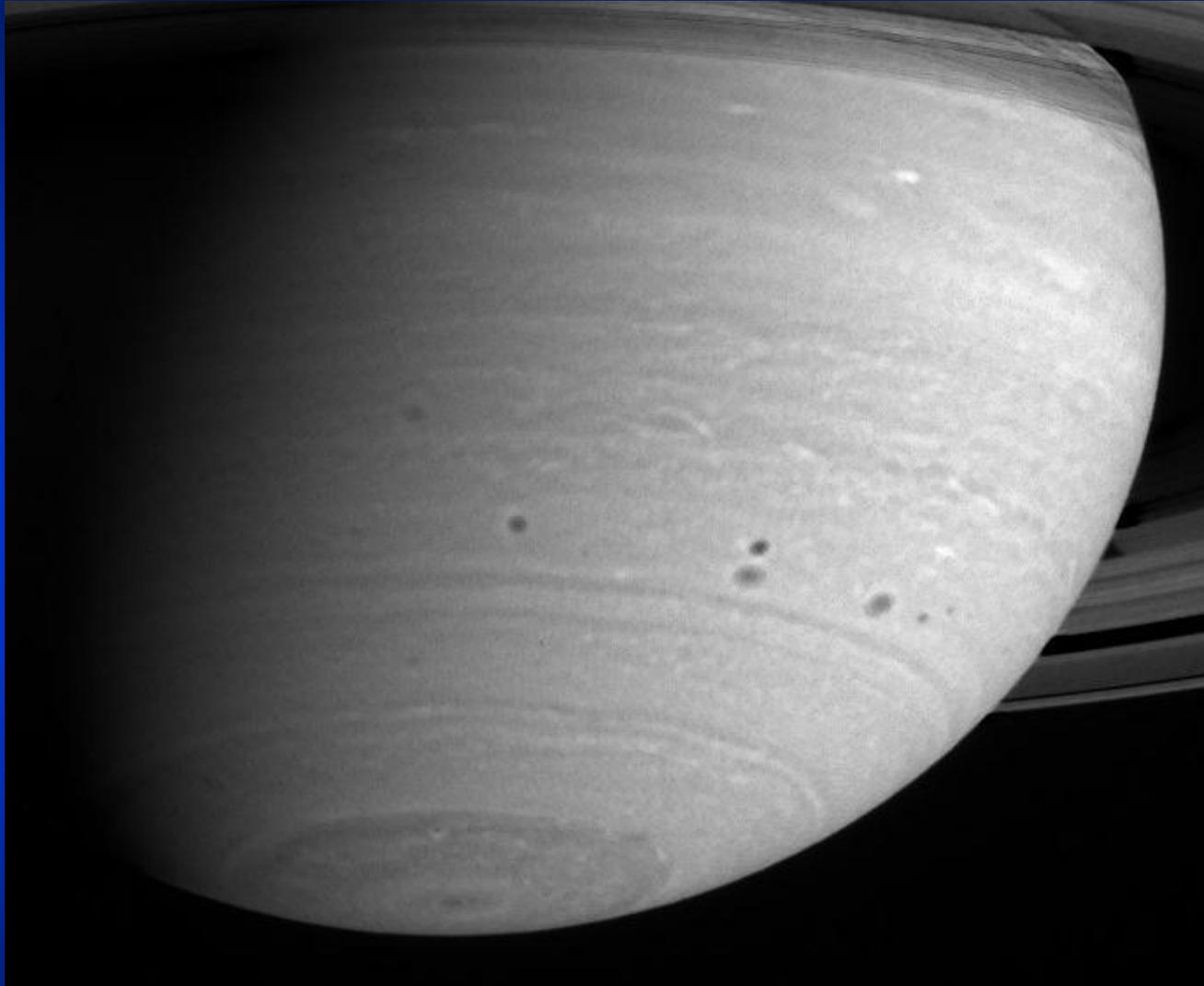
La durata di questi vortici si può prolungare per mesi ed anche per anni.

Il vortice in alto a destra è uno dei più grandi di Saturno.

Immagine presa da una distanza di 3,2 milioni di km con una risoluzione di 19 km per pixel

16-2-2006 Sonda Cassini

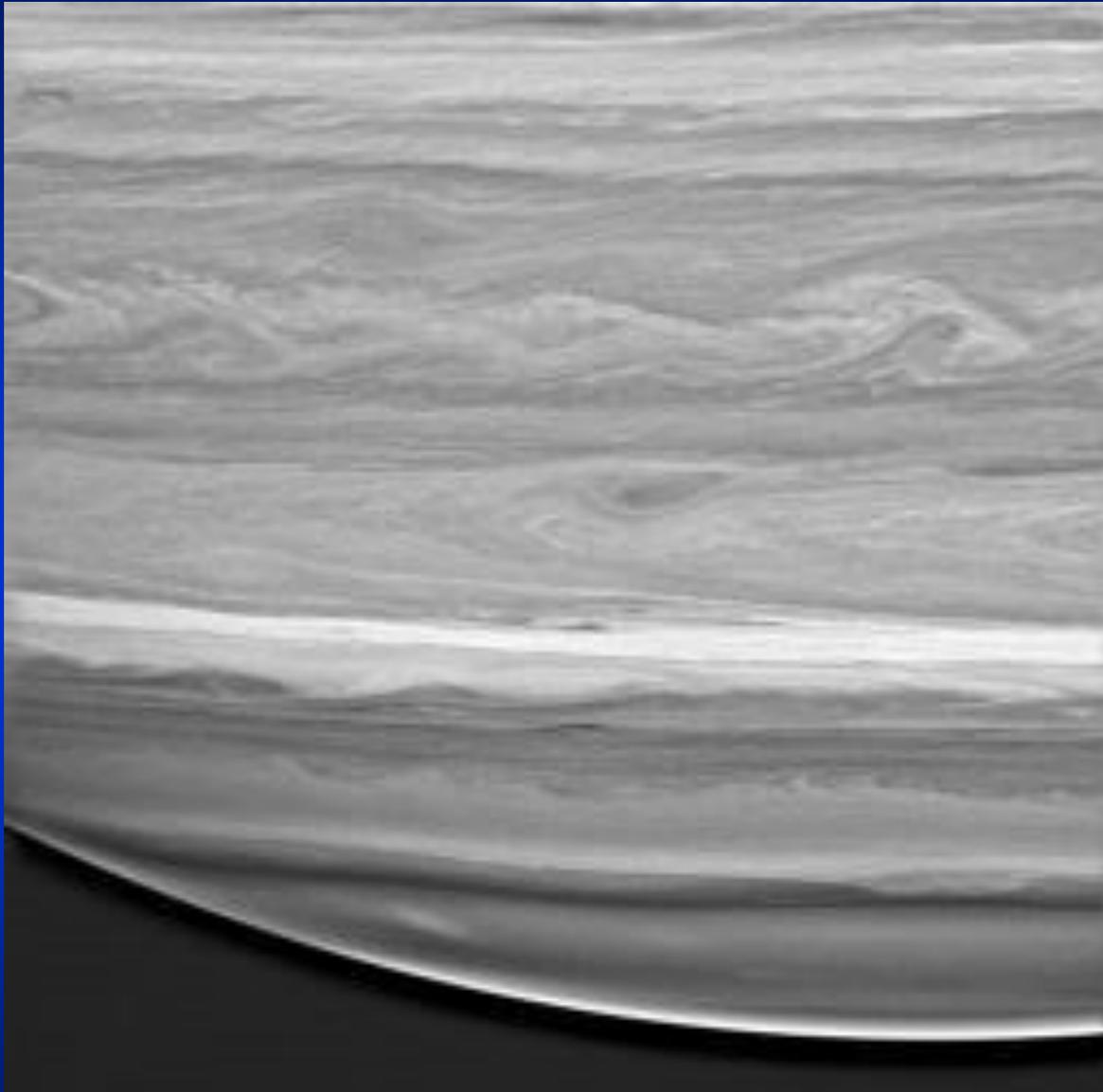
# Macchie nell'atmosfera di Saturno



Si notano quattro macchie scure che formano un sistema simmetrico nord-sud. A nord delle macchie alcune bande latitudinali mostrano un profilo distorto come se fosse provocato da onde che si muovono attraverso l'atmosfera del pianeta.

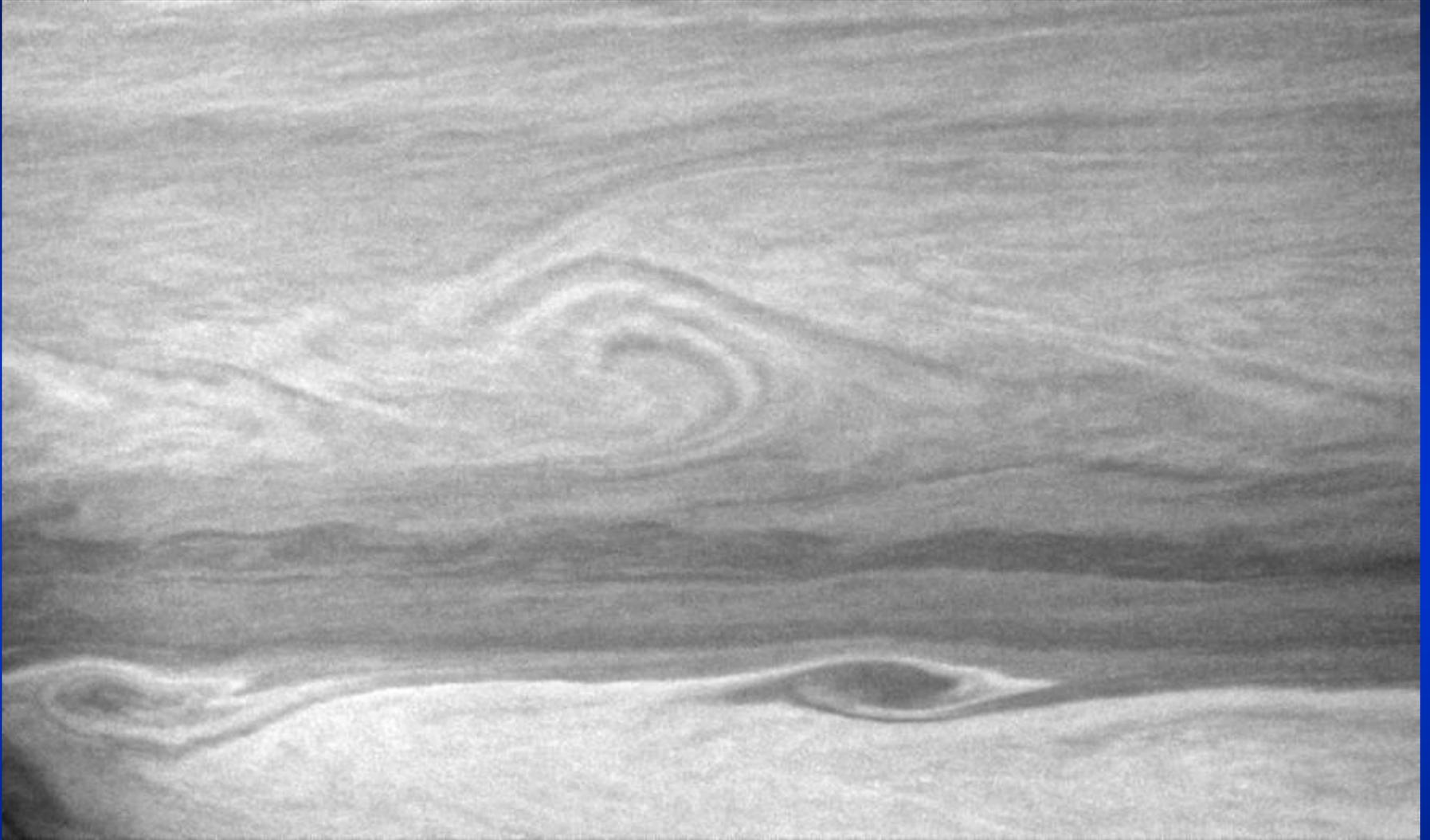
Immagine presa da una distanza di 24,7 milioni di km con una risoluzione di 147 km per pixel nel filtro a 750 nm.

# Turbolenza nell'atmosfera di Saturno



Sonda Cassini

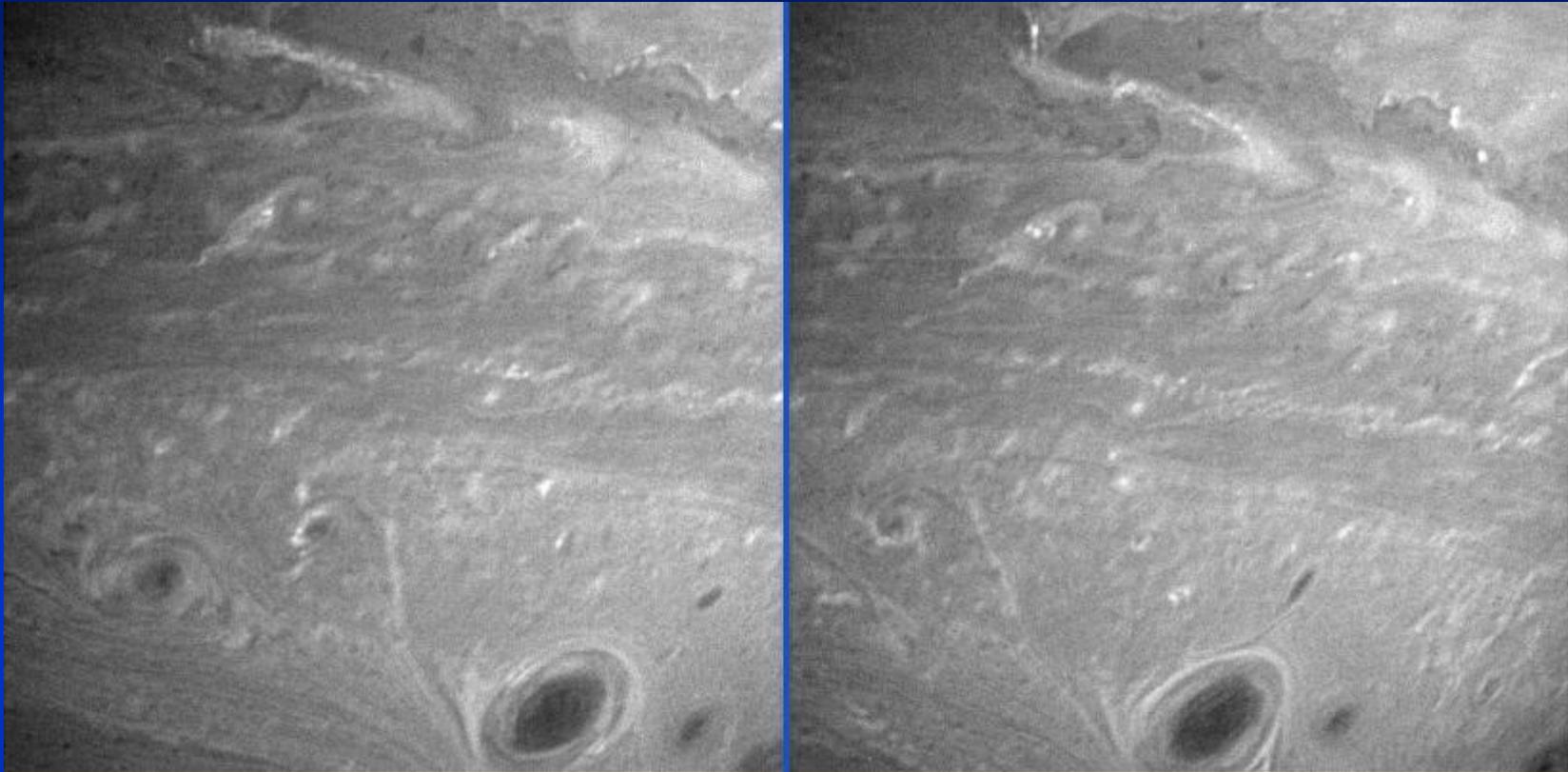
# Scorrimento di fluidi nell'atmosfera di Saturno



Grandi vortici nell'atmosfera a sud di Saturno Immagine presa da una distanza di 3,9 milioni di km con una risoluzione di 23 km per pixel.

15-8-2007 Sonda Cassini

# Evoluzione di uragani nell'atmosfera di Saturno

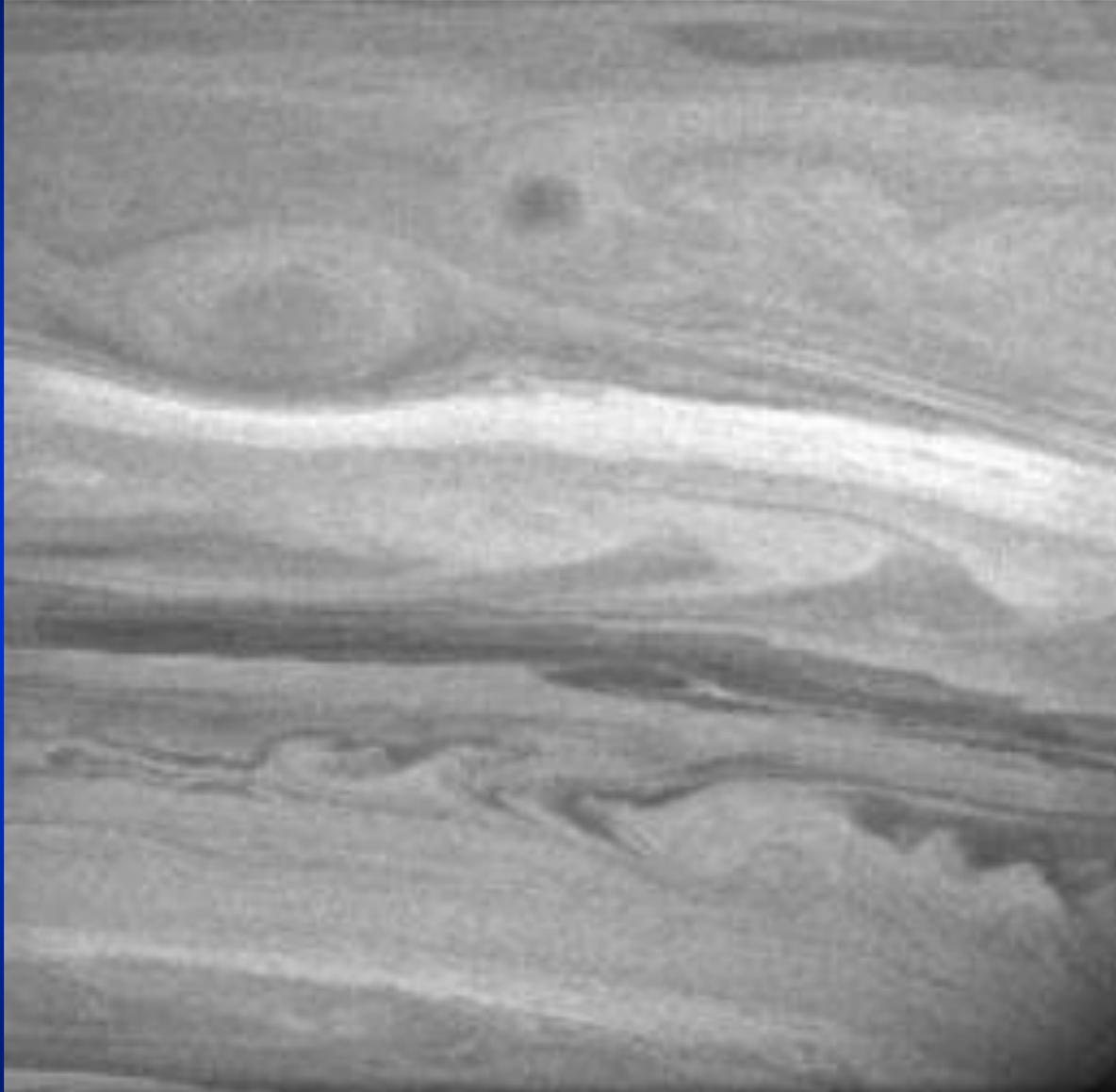


Moti turbolenti nell'atmosfera di Saturno. A destra l'immagine è dopo due rotazioni di Saturno rispetto all'immagine a sinistra. Le strutture ovali ruotano in senso antiorario con tempeste più piccole che si fondono tra di loro.

Immagine presa da una distanza di 2,4 milioni di km con una risoluzione di 14 km per pixel.

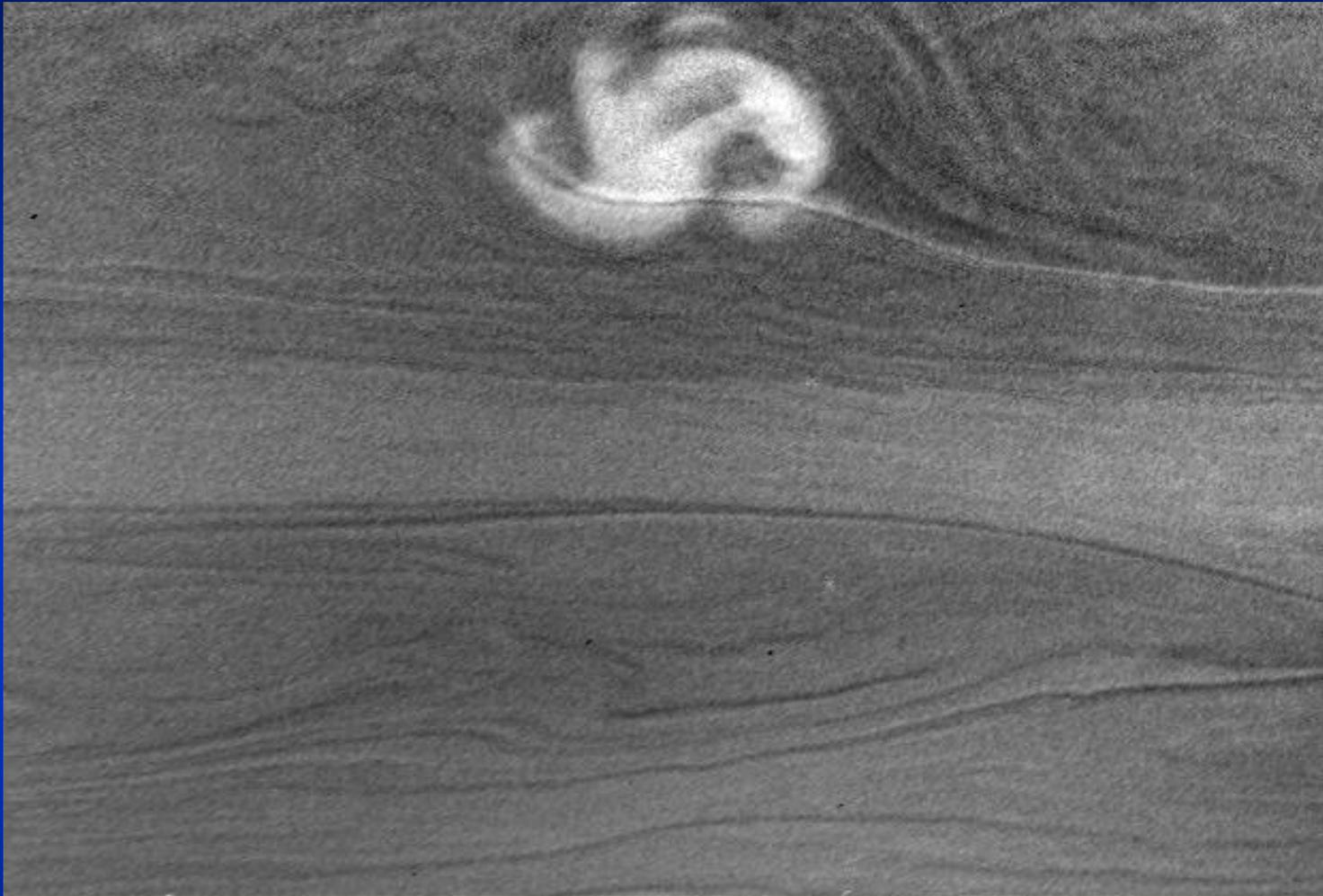
Da febbraio ad ottobre 2004 Sonda Cassini

# Turbolenza nell'atmosfera di Saturno



Sonda Cassini

# Tempesta nell'atmosfera di Saturno



Tempesta nel lato in ombra di Saturno "illuminata" dalla luce proiettata dagli anelli.  
Dimensione nord-sud di circa 3500 km  
Immagine presa da una distanza di 3,5 milioni di km con una risoluzione di 20 km per pixel.

27-1-2006 Sonda Cassini

# Il colore blu dell'atmosfera di Saturno (ed il satellite Mimas)



Il colore blu è dovuto allo scattering Rayleigh della luce solare con le molecole dell'atmosfera.

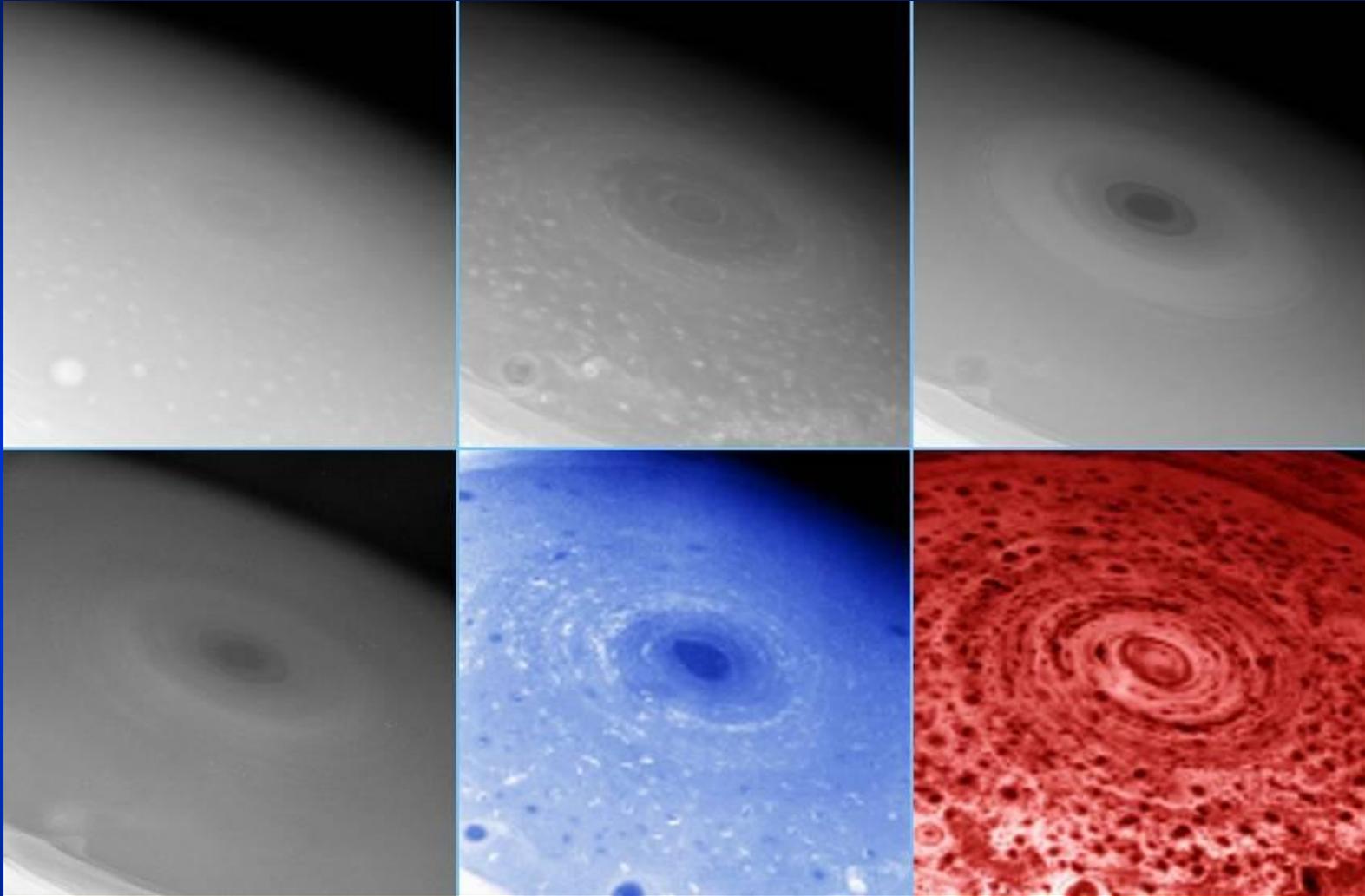
29-1-2005  
Sonda Cassini

# Emisfero nord di Saturno



14-12-2004 Sonda Cassini

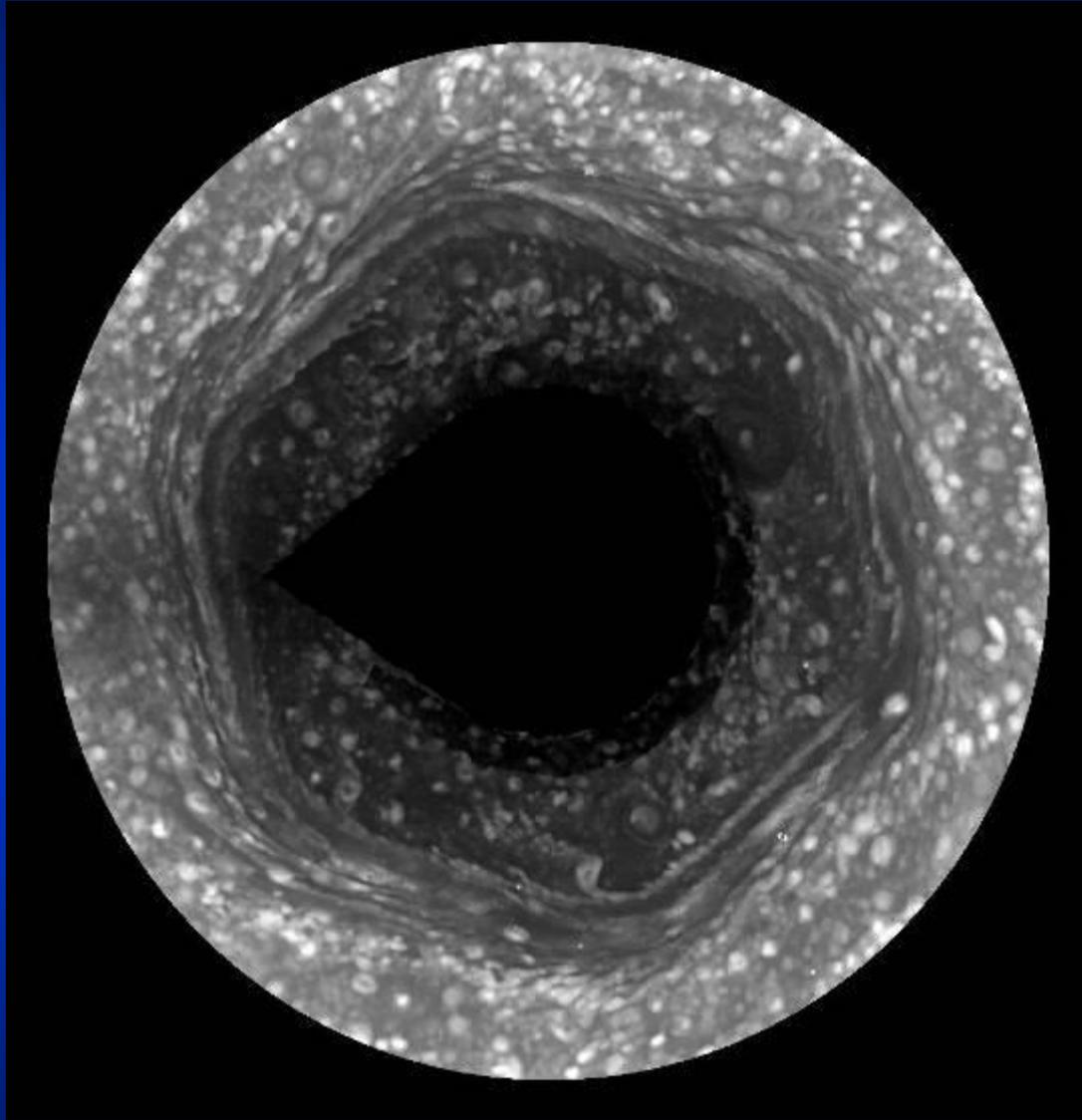
# Vortici atmosferici al Polo Sud di Saturno



Le immagini sono state prese a diverse lunghezze d'onda (460,752,728,890,2800,5000 nm) per indagare in profondità queste tempeste polari

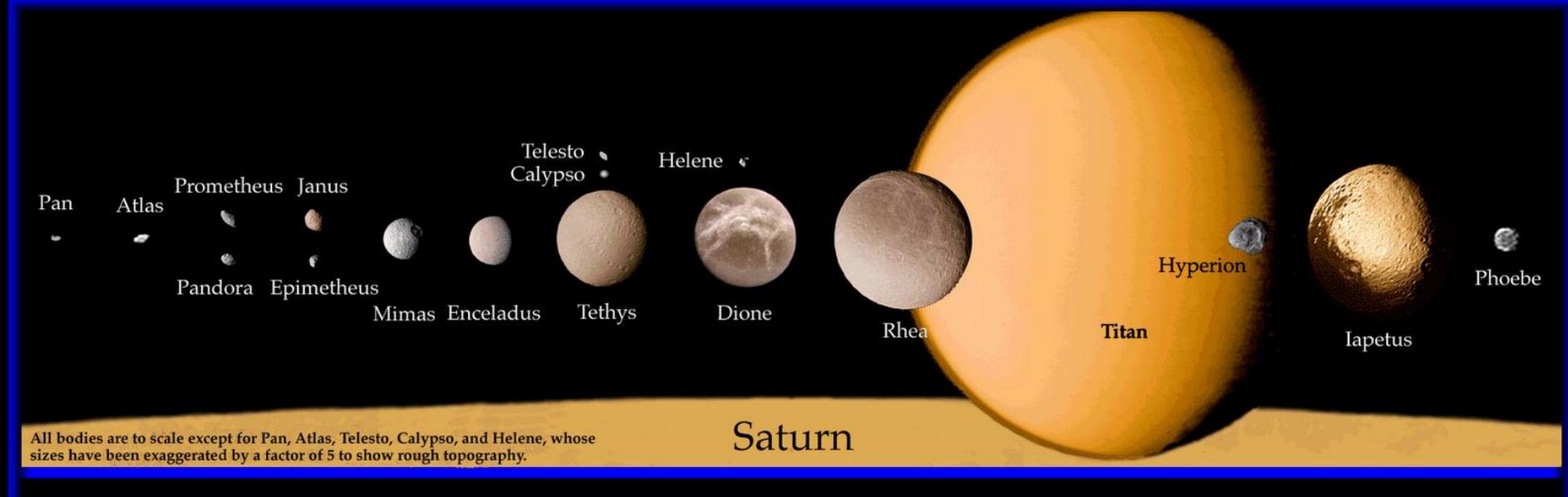
**Sonda Cassini**

# Struttura atmosferica esagonale al Polo Nord di Saturno

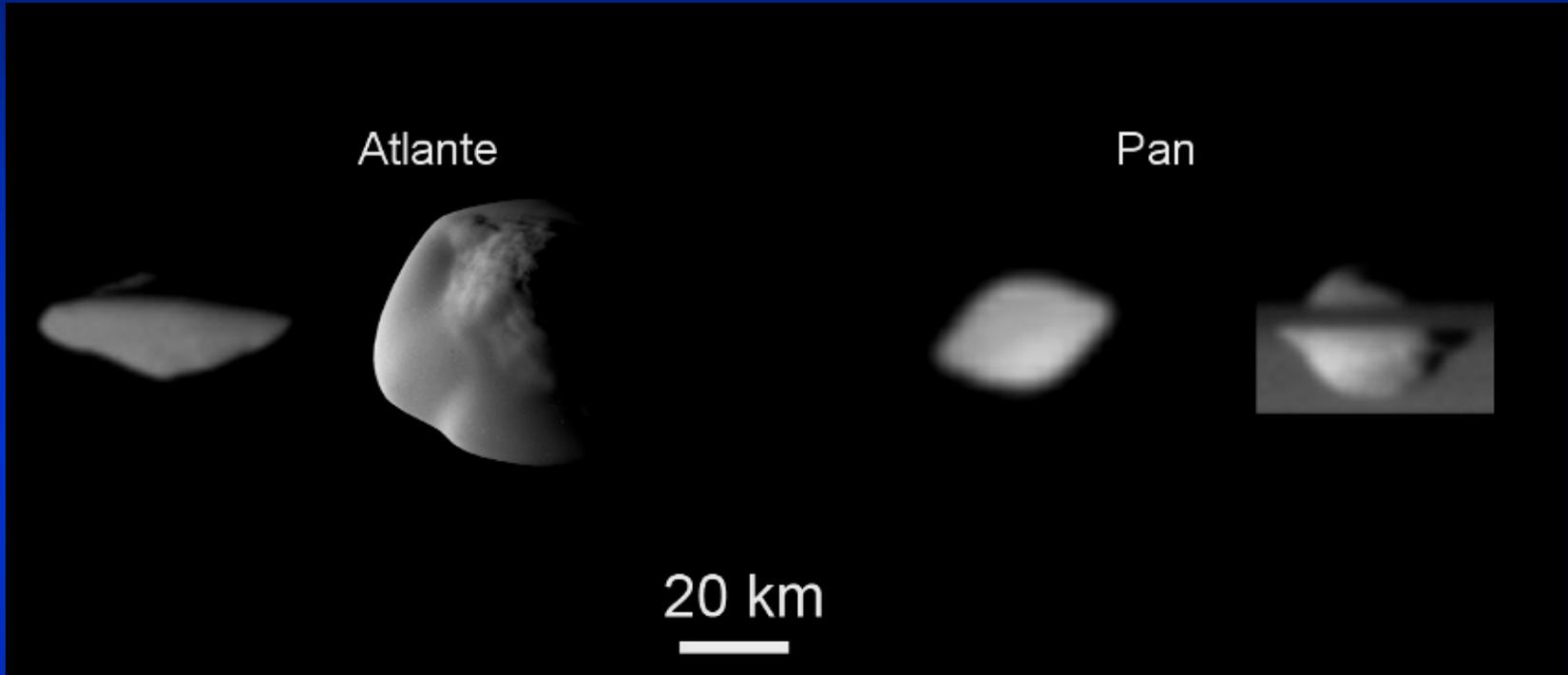


Sonda Cassini

# Saturno ed i suoi satelliti

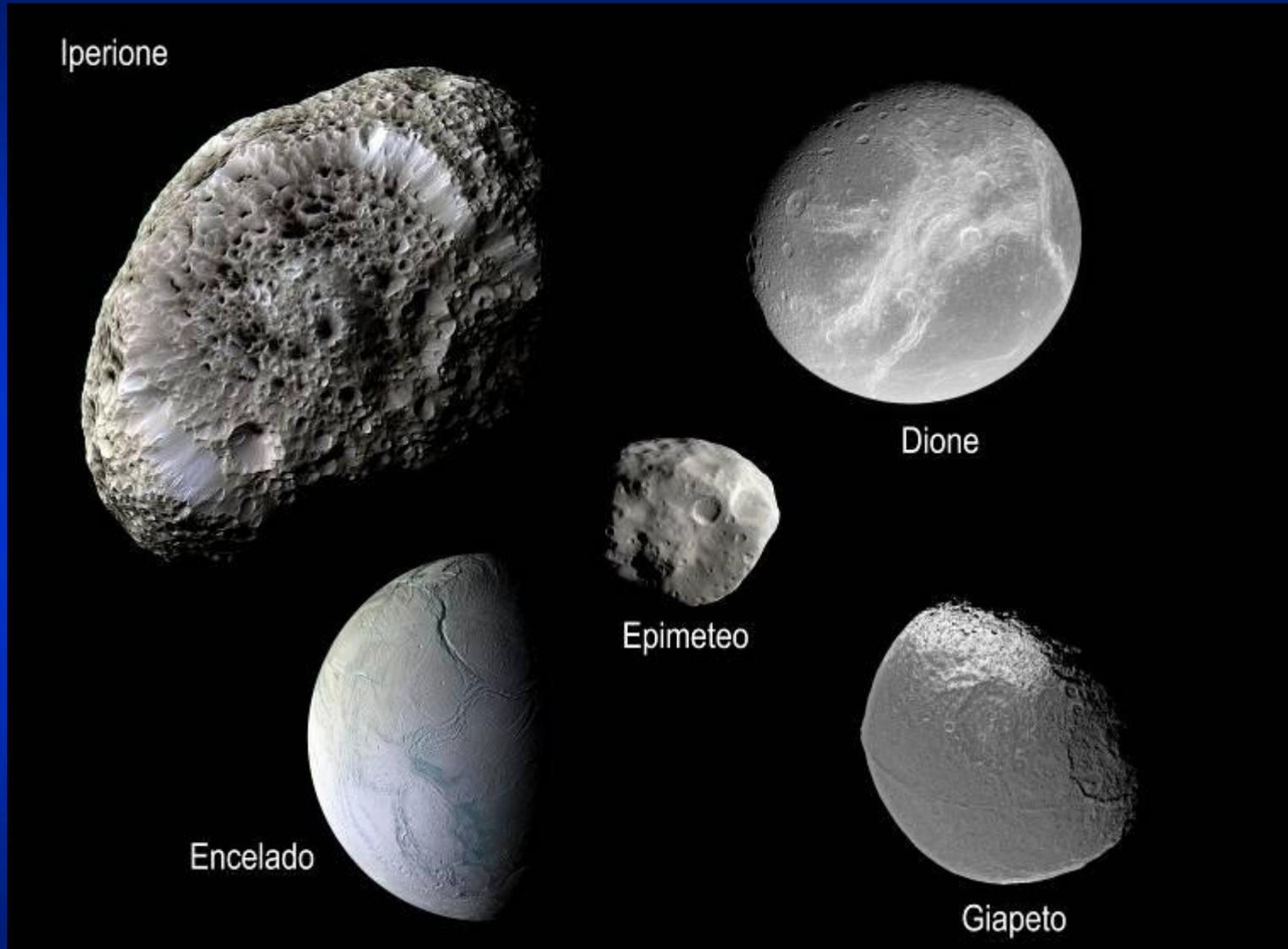


# Alcune lune minori di Saturno



Sonda Cassini

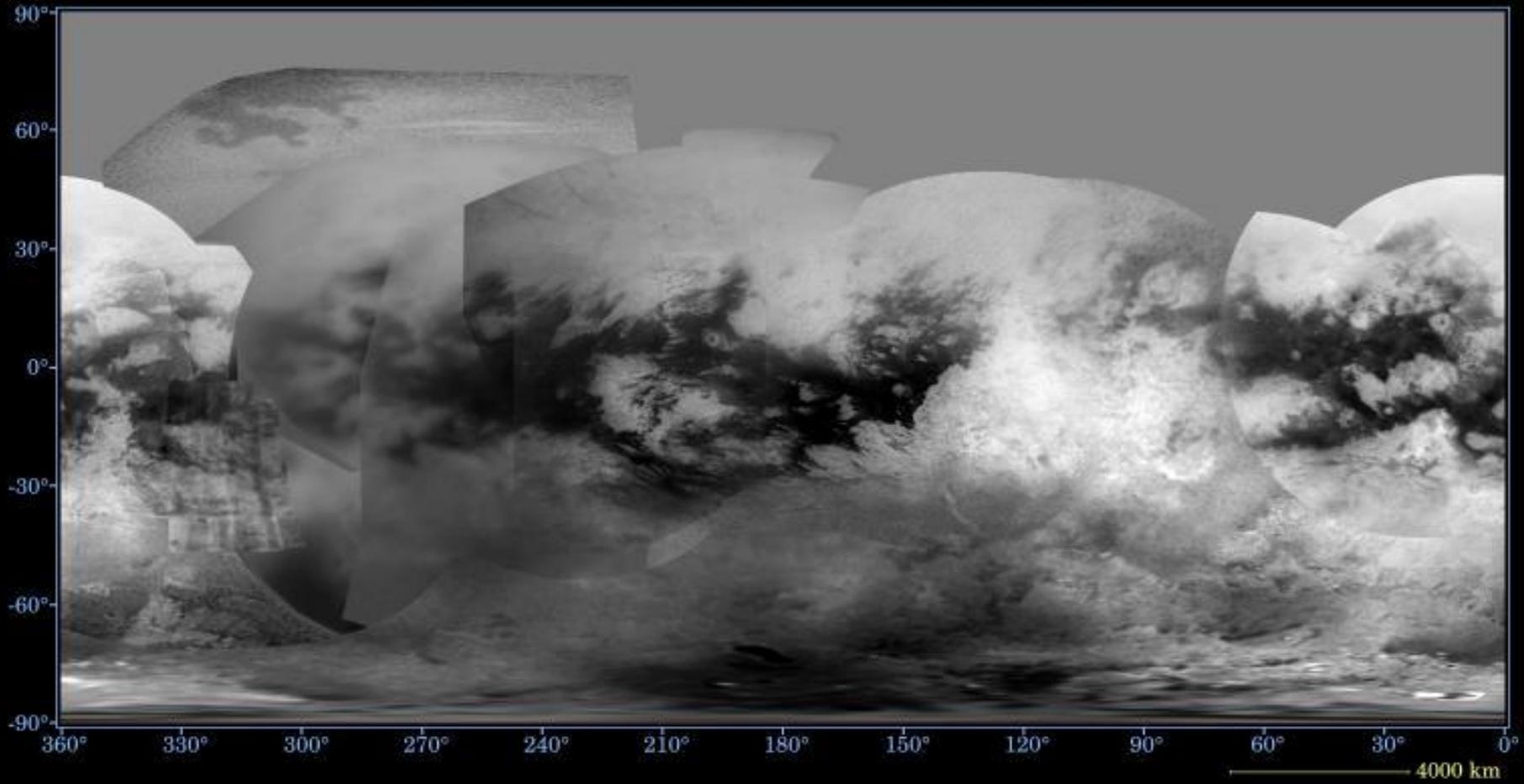
# Saturno ed alcuni dei suoi satelliti



Sonda Cassini

# Mappa di Titano - proiezione equidistante con scala a 4 km

Map of Saturn's Moon Titan - October 2007



## Titano

$D=5151$  km

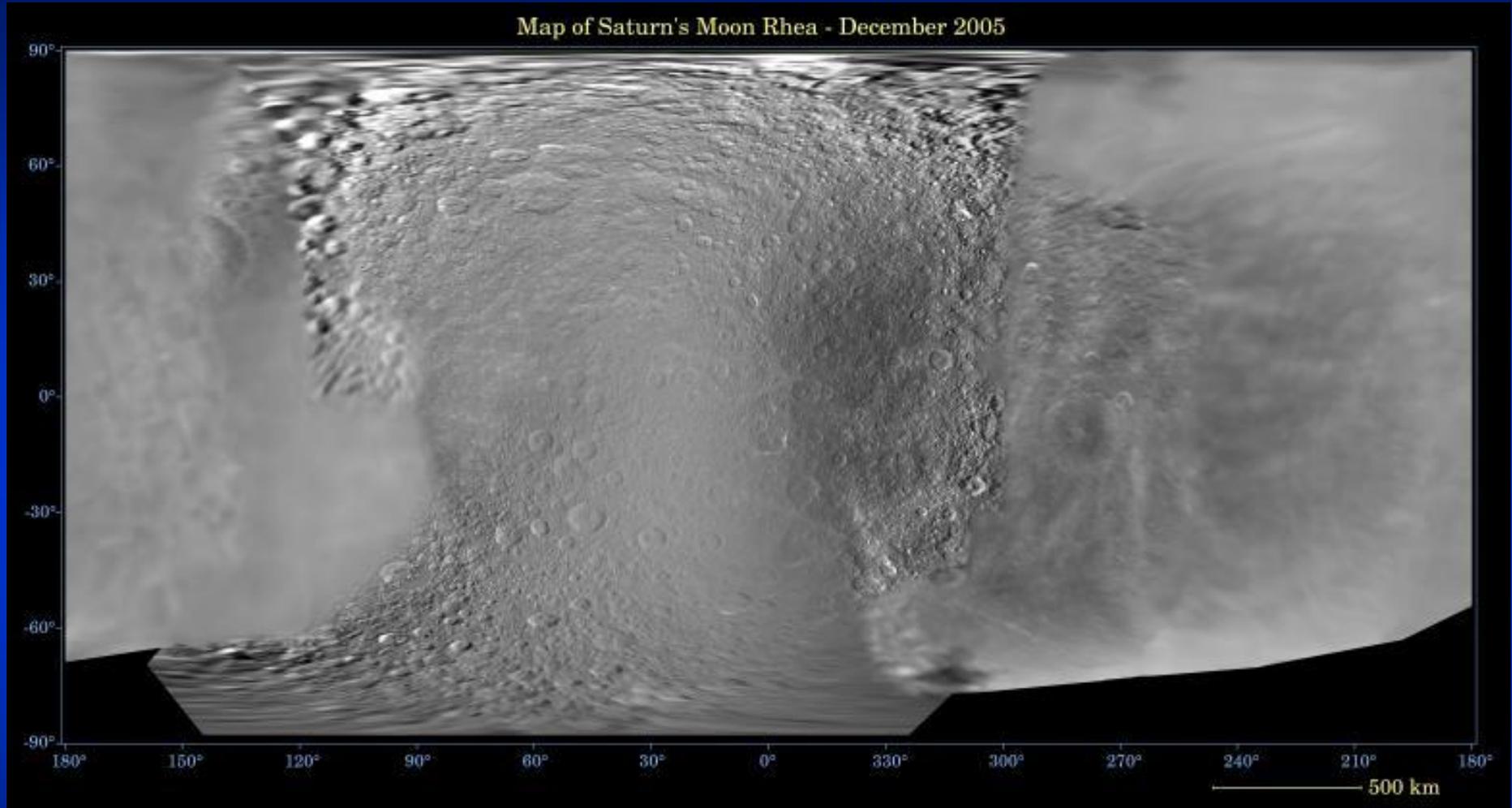
$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

Sonda Cassini

# Mappa di Rea - proiezione equidistante con scala a 660 m



Rea

$D=1528$  km

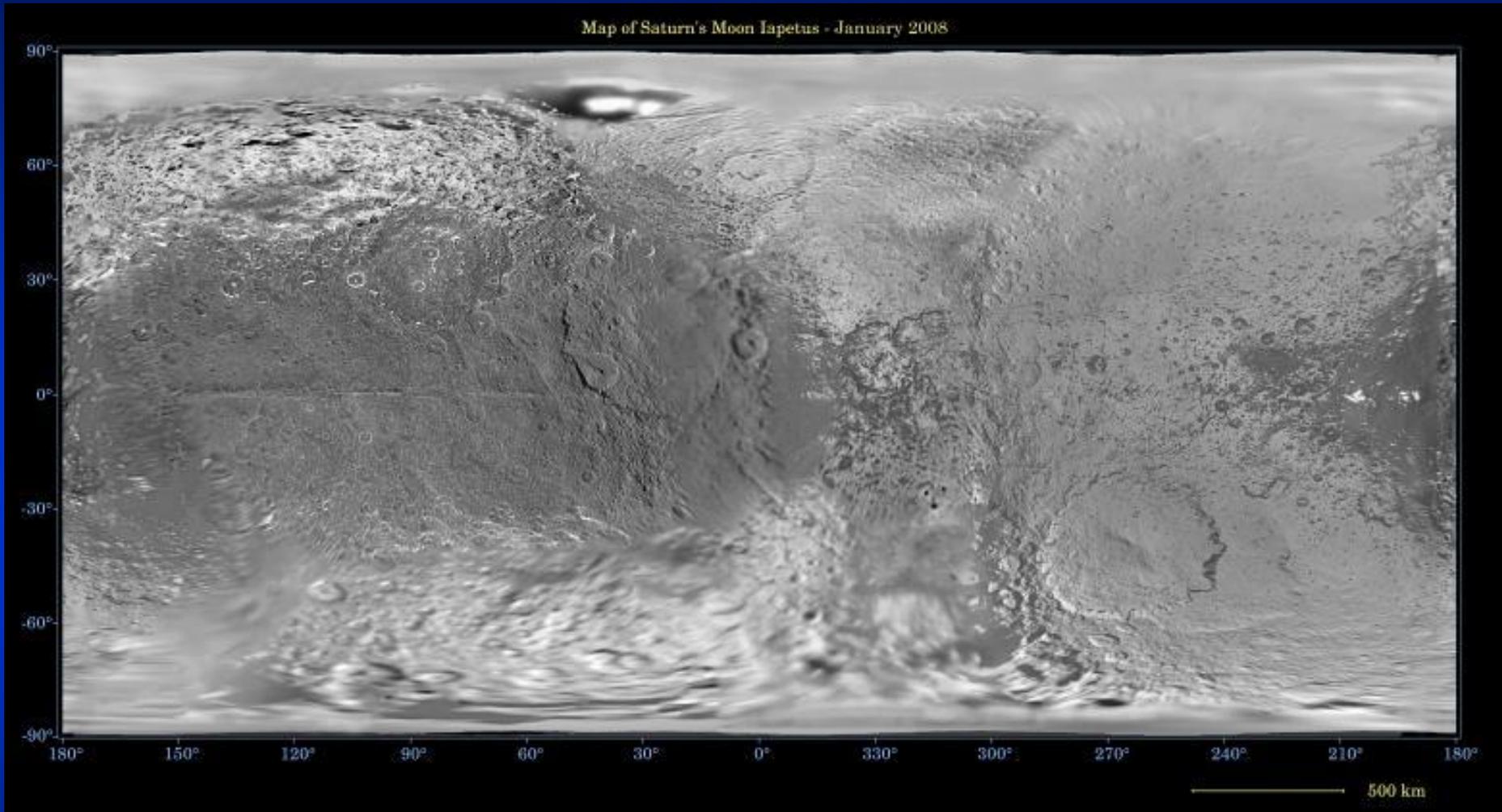
$D/D_{Luna}=0,43$

$\rho= 1,24$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,034$

Sonda Cassini

# Mappa di Giapeto - proiezione equidistante con scala a 803 m



## Giapeto

$D=1460$  km

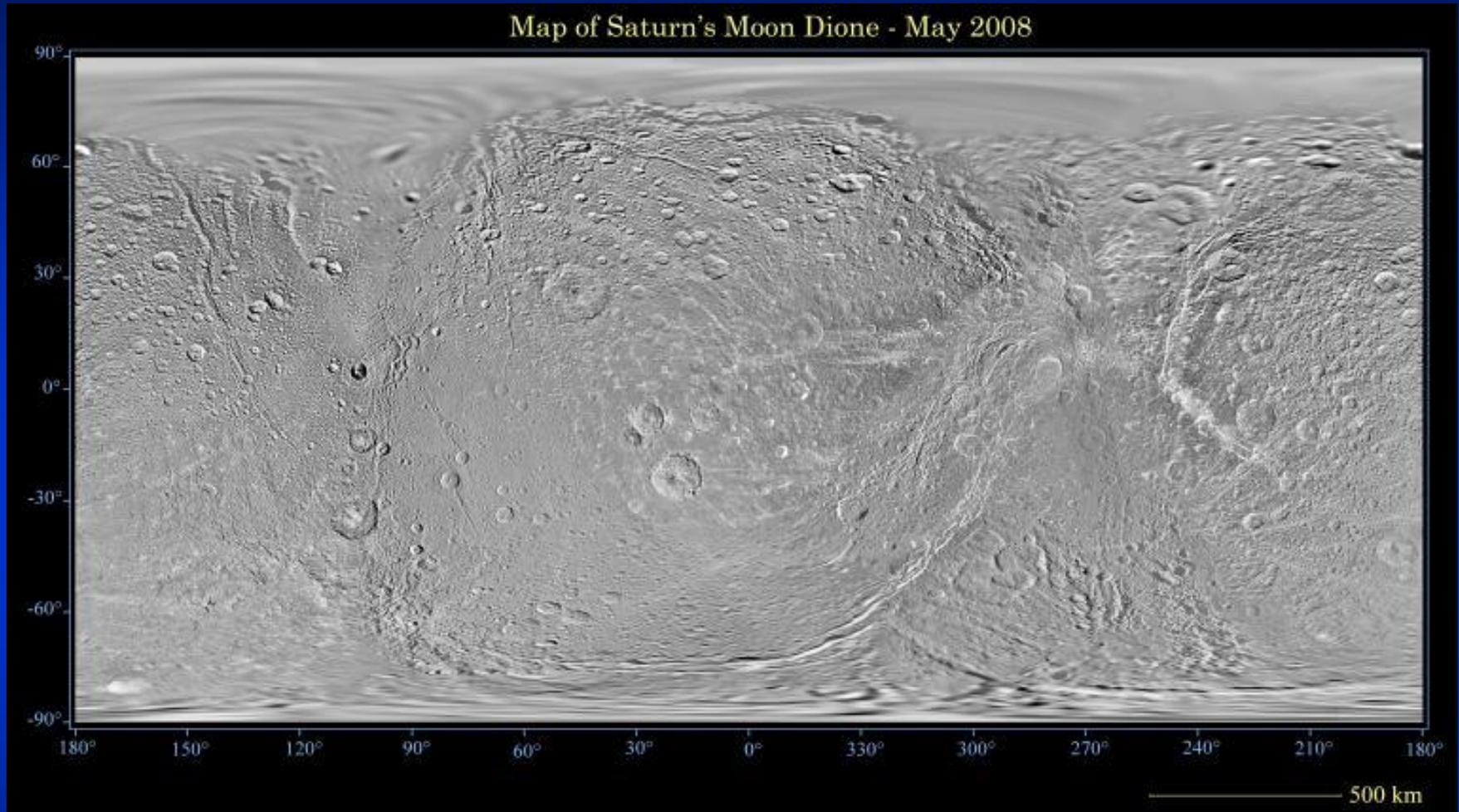
$D/D_{Luna}=0,42$

$\rho= 1,27$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0256$

Sonda Cassini

# Mappa di Dione - proiezione equidistante con scala a 614 m



## Dione

$D=1118$  km

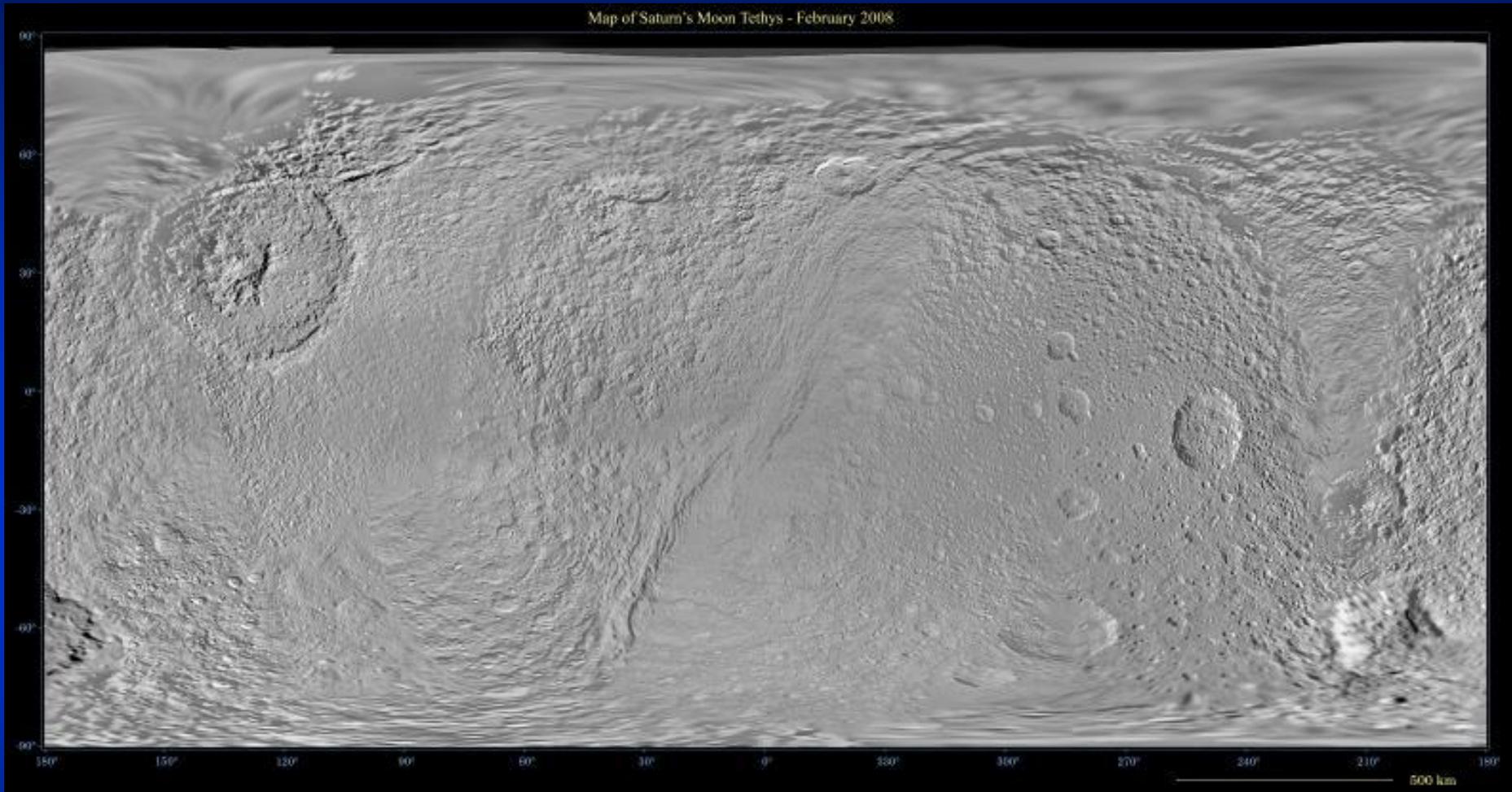
$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho= 1,49$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,014$

Sonda Cassini

# Mappa di Teti - proiezione equidistante con scala a 292 m



## Teti

$D=1060$  km

$D/D_{Luna}=0,30$

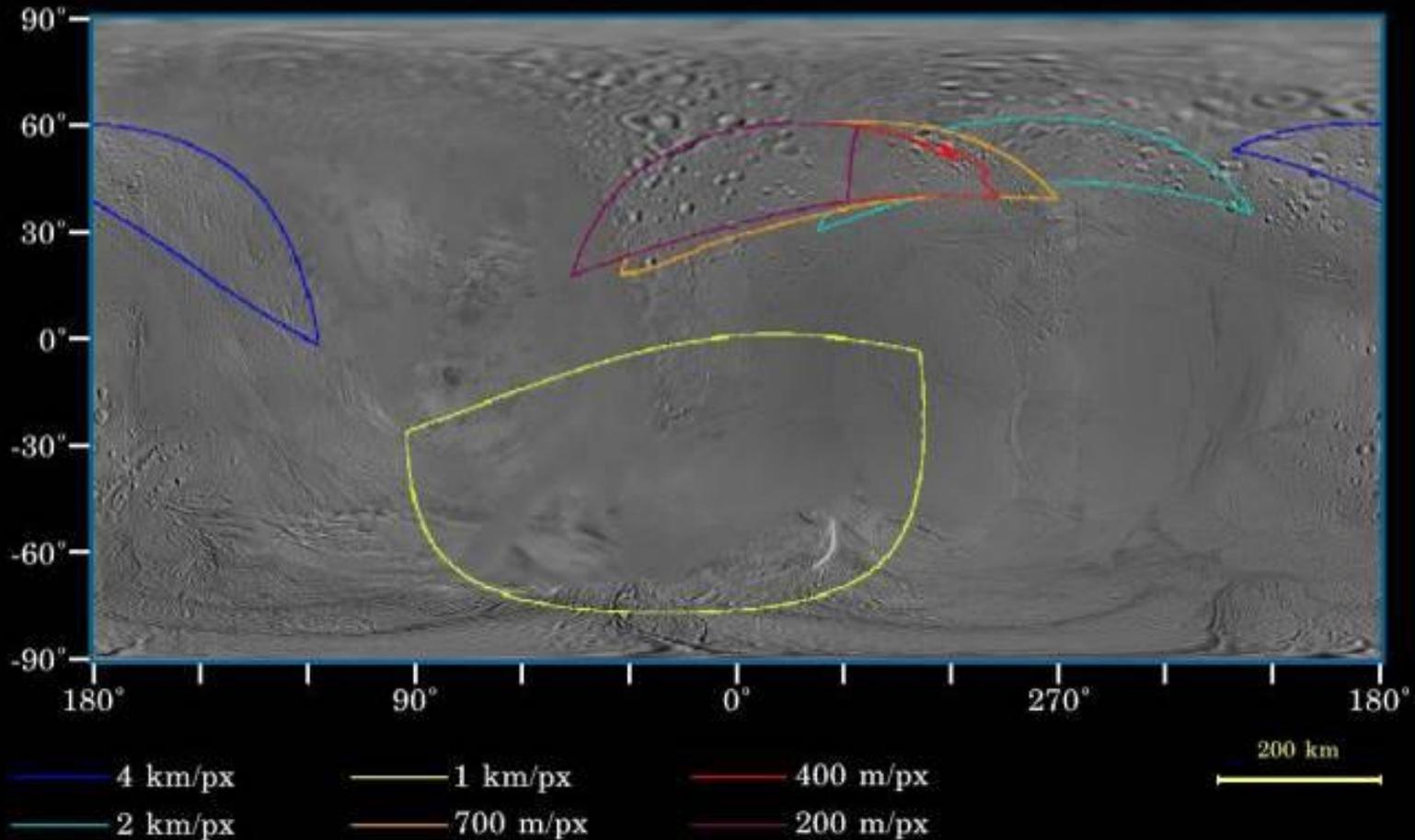
$\rho= 0,991$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0085$

Sonda Cassini

# Mappa di Encelado

Cassini's Enceladus Flyby March 12, 2008 - Planned Image Coverage



## Encelado

$D=499$  km

$D/D_{Luna}=0,14$

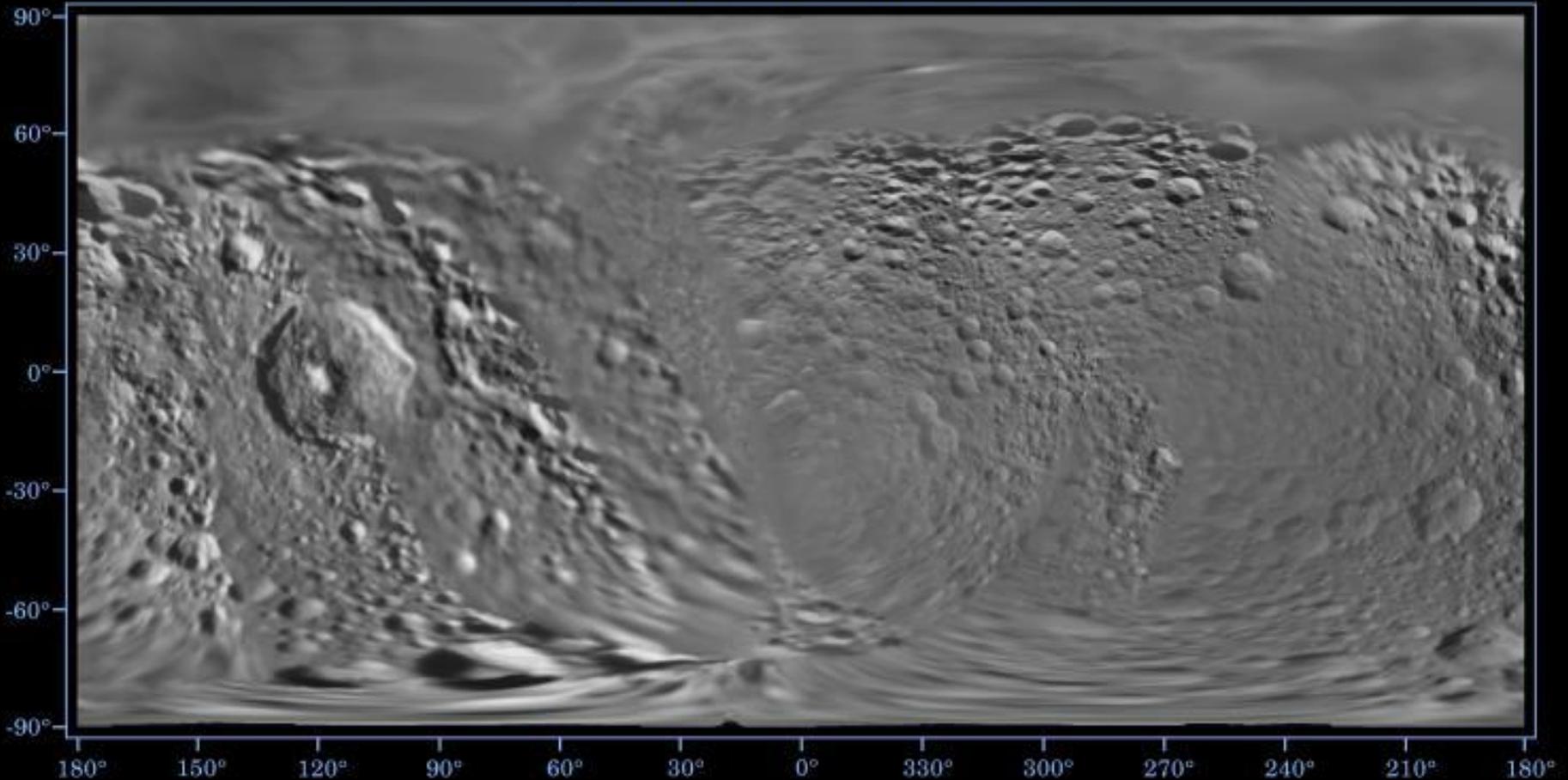
$\rho=1,3$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=9,9 \times 10^{-5}$

Sonda Cassini

# Mappa di Mimas

Map of Saturn's Moon Mimas - December 2005



## Mimas

$D=397$  km

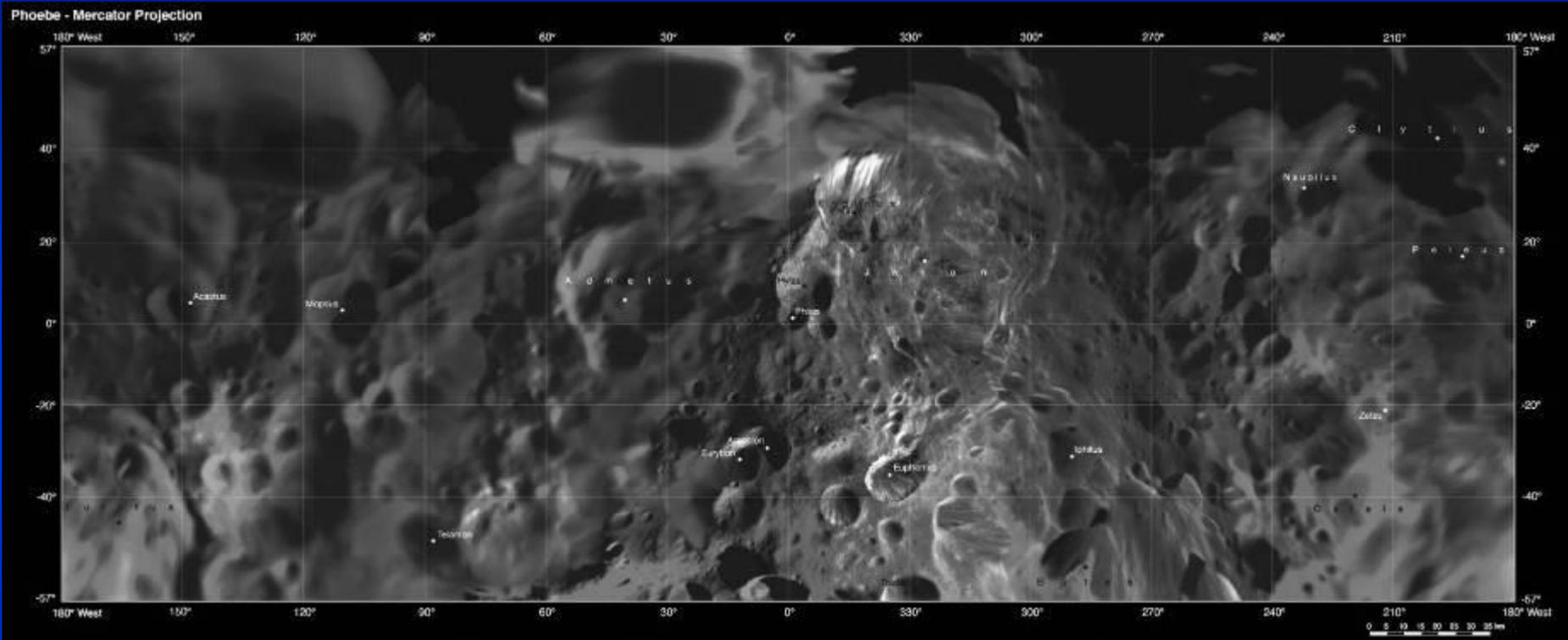
$D/D_{Luna}=0,11$

$\rho=1,16$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=5 \cdot 10^{-4}$

Sonda Cassini

# Mappa di Febe-proiezione polare stereografica



Febe

$D=220$  km

$D/D_{Luna}=0,0063$

$\rho= 1,633$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}= 5,4 \times 10^{-6}$

Sonda Cassini

# Febe satellite di Saturno

Febe

$D=220 \text{ km}$

$D/D_{\text{Luna}}=0,0063$

$\rho= 1,633 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}= 5,4 \times 10^{-6}$

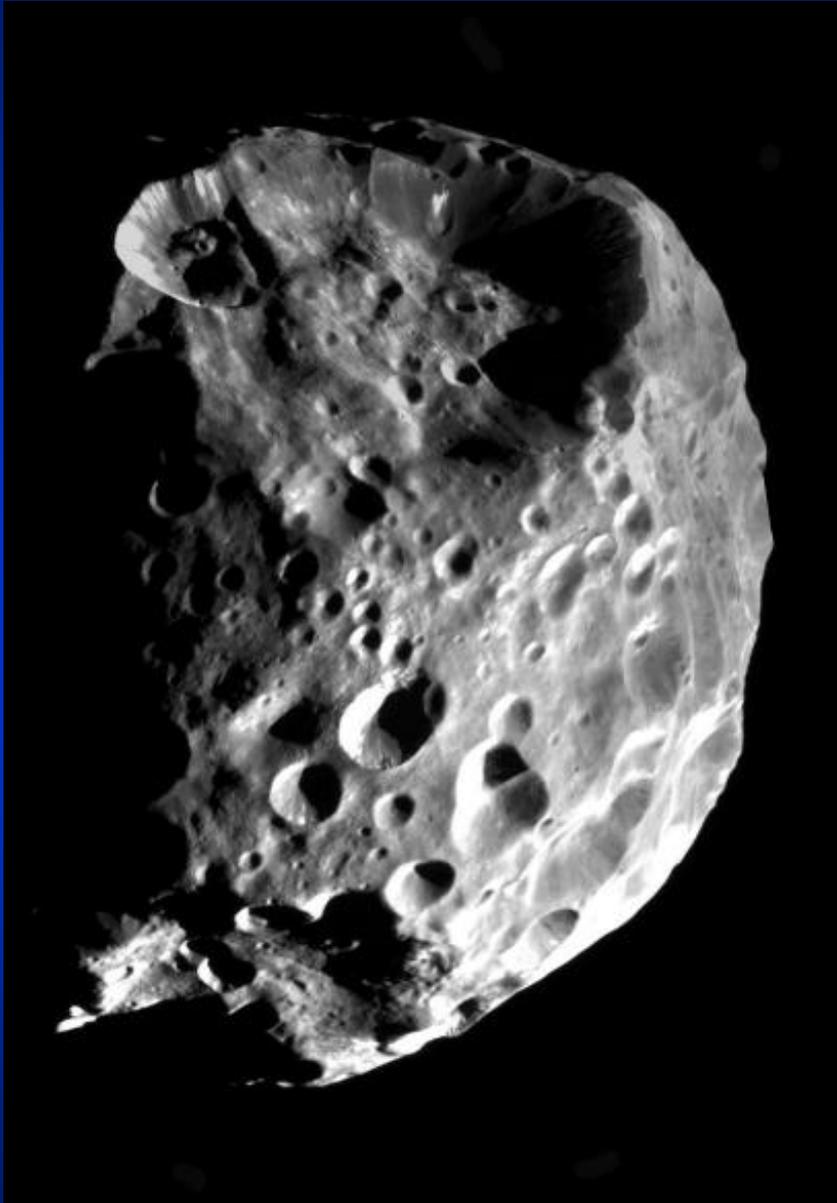
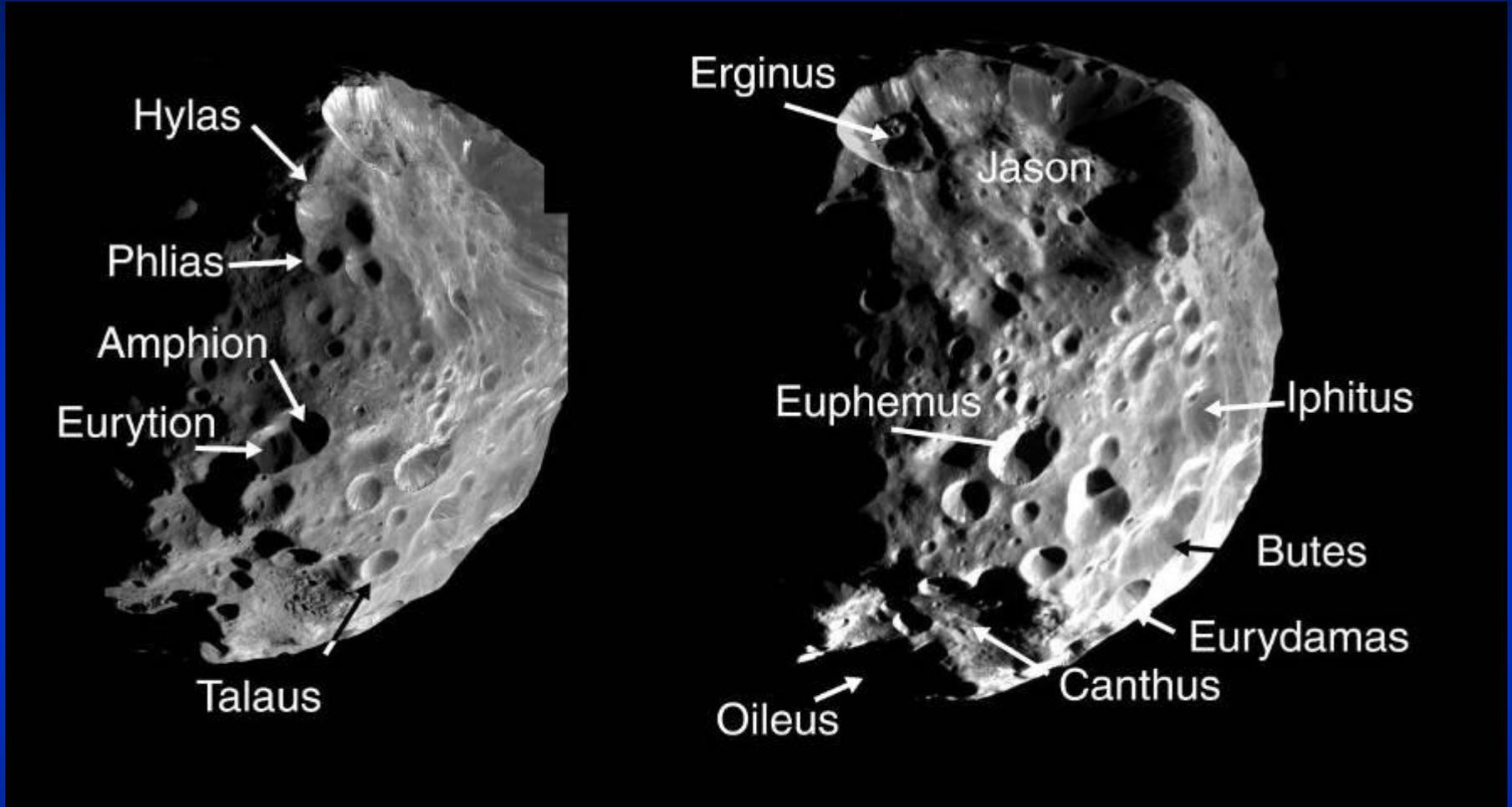


Immagine RGB presa da una distanza di 32500 km con una risoluzione di 190 m per pixel

11-6-2004 Sonda Cassini

# Strutture sulla superficie di Febe



## Febe

$D=220$  km

$D/D_{Luna}=0,0063$

$\rho= 1,633$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}= 5,4 \times 10^{-6}$

Gli impatti hanno scavato la superficie di Febe portando alla luce la sua superficie ghiacciata. Il più grande dei crateri, Giasone, è largo 100 km.

Sonda Cassini

# Iperione satellite di Saturno



Immagine combinata IR, Verde,UV presa da una distanza di 62000 km con una risoluzione di 362 m per pixel

La superficie è ghiacciata e la radiazione solare la modifica e la rende più fratturata.

## Iperione

$D=410 \times 260 \times 220$  km

$D_{\max}/D_{\text{Luna}}=0,118$

$\rho=0,6$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{\text{Luna}}=2,4 \times 10^{-5}$

26-9-2005 Sonda Cassini

# Iperione



## Iperione

$D=410 \times 260 \times 220$  km

$D_{\max}/D_{\text{Luna}}=0,118$

$\rho=0,6$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{\text{Luna}}=2,4 \times 10^{-5}$

Immagine RGB presa da una distanza di 228000 km con una risoluzione di 1,4 m per pixel

23-12-2005 Sonda Cassini

# Iperione



Immagine  
presa da  
una  
distanza di  
circa  
32300 km  
con una  
risoluzione  
di 192 m  
per pixel

## Iperione

$D=410 \times 260 \times 220$  km

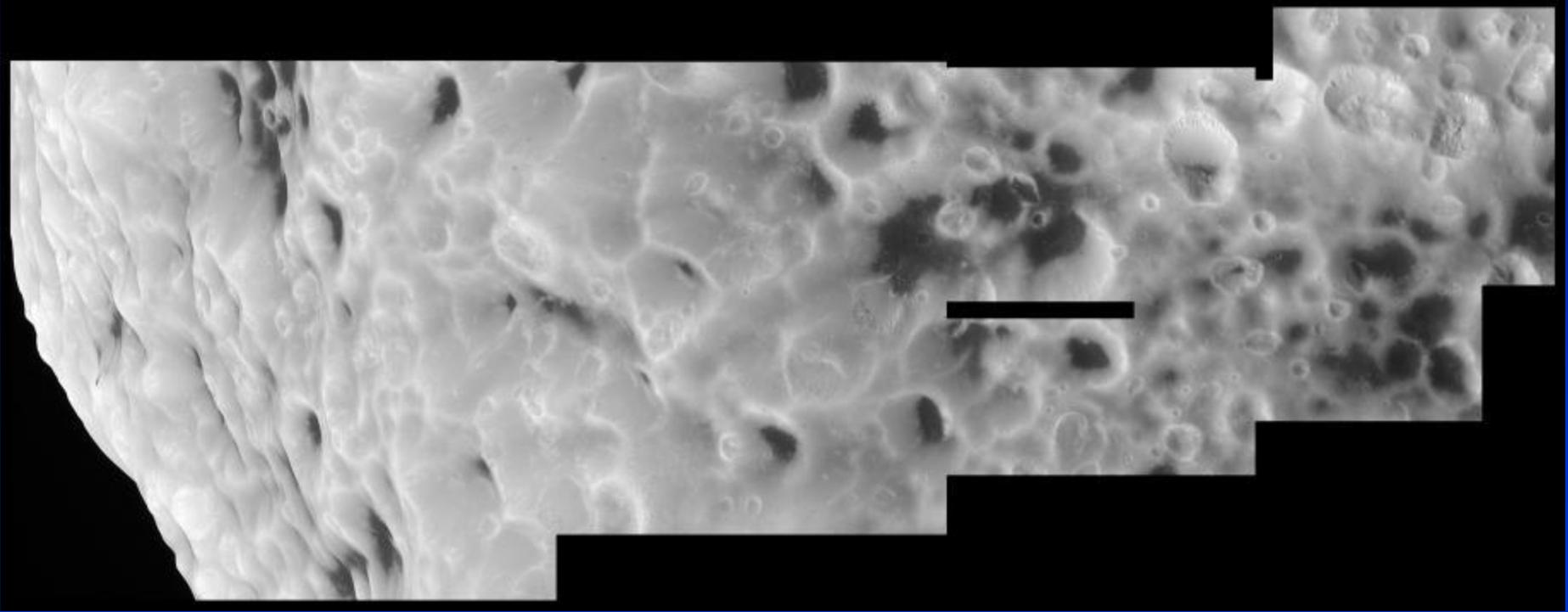
$D_{\max}/D_{\text{Luna}}=0,118$

$\rho=0,6$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{\text{Luna}}=2,4 \times 10^{-5}$

26-9-2005 Sonda Cassini

# Dettagli della superficie di Iperione



Mosaico di immagini prese da una distanza compresa tra 8500 e 2300 km con una risoluzione di 25 m per pixel. Il cratere segnalato ha una larghezza di 200 m. Il materiale più scuro potrebbe avere dimensioni di qualche decina di metri. E' probabile che vi siano tracce di frane sulla superficie del satellite.

## Iperione

$D=410 \times 260 \times 220$  km

$D_{\max}/D_{\text{Luna}}=0,118$

$\rho=0,6$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{\text{Luna}}=2,4 \times 10^{-5}$

26-9-2005 Sonda Cassini

# Il cratere Meri sulla superficie di Iperione

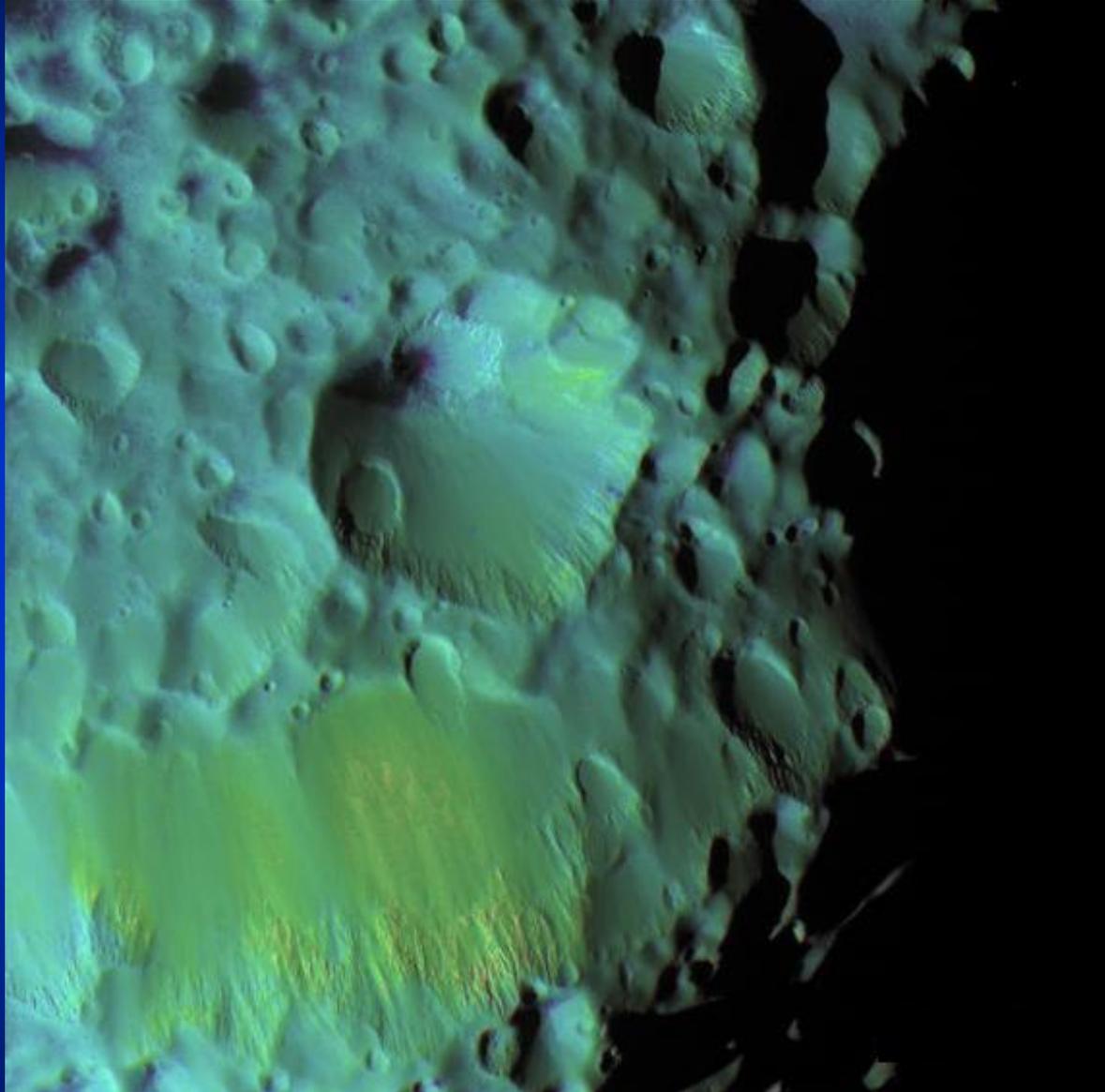


Immagine UV, verde, IR  
presa da una distanza di  
17900 km con una  
risoluzione di 17,9 km per  
pixel

I diversi colori mettono in  
mostra le differenze di  
composizione, ancora  
sconosciute, della superficie  
ghiacciata di Iperione.

## Iperione

$D=410 \times 260 \times 220$  km

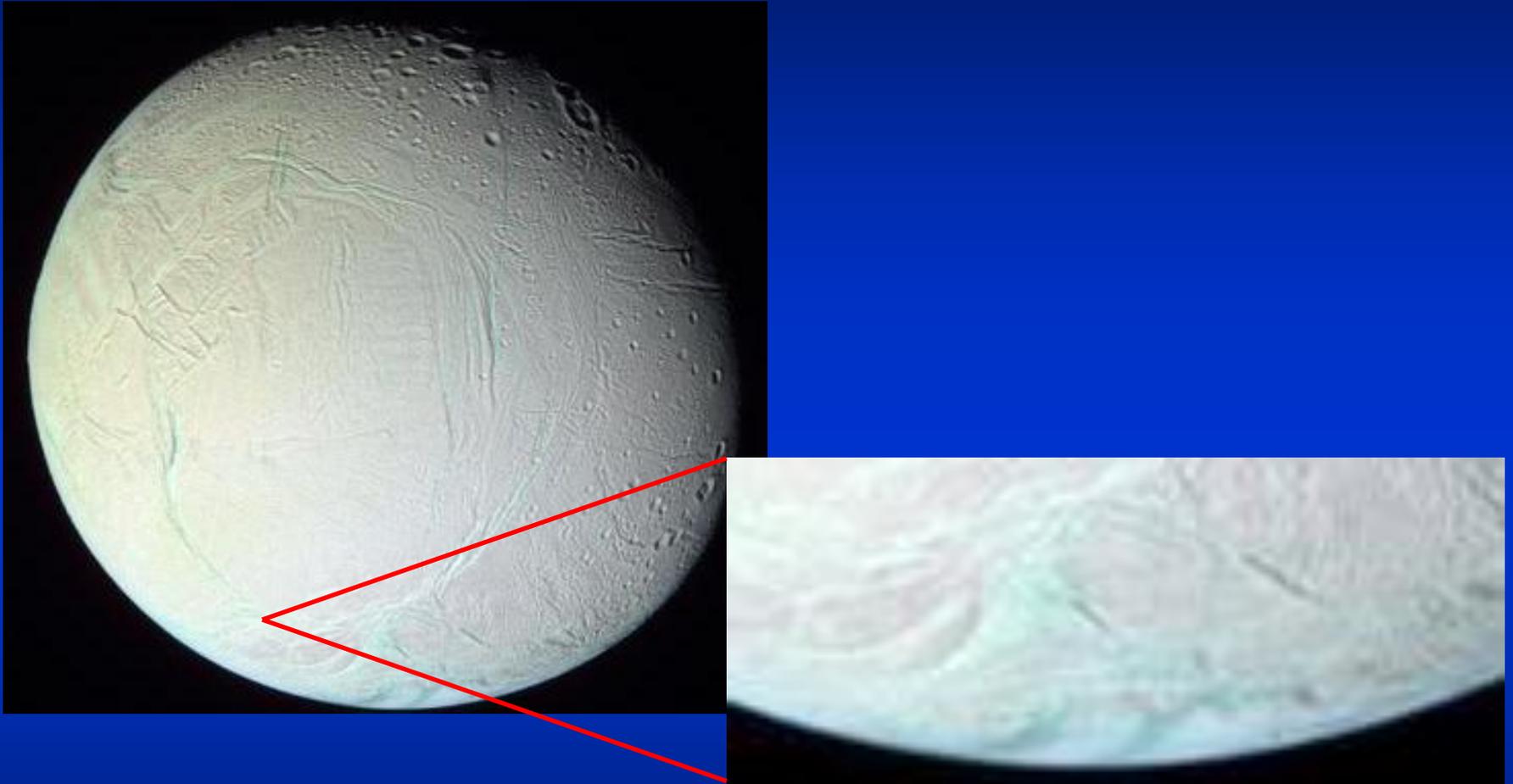
$D_{\max}/D_{\text{Luna}}=0,118$

$\rho= 0,6 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}= 2,4 \times 10^{-5}$

26-9-2005 Sonda Cassini

# Encelado satellite di Saturno



Encelado

$D=499 \text{ km}$

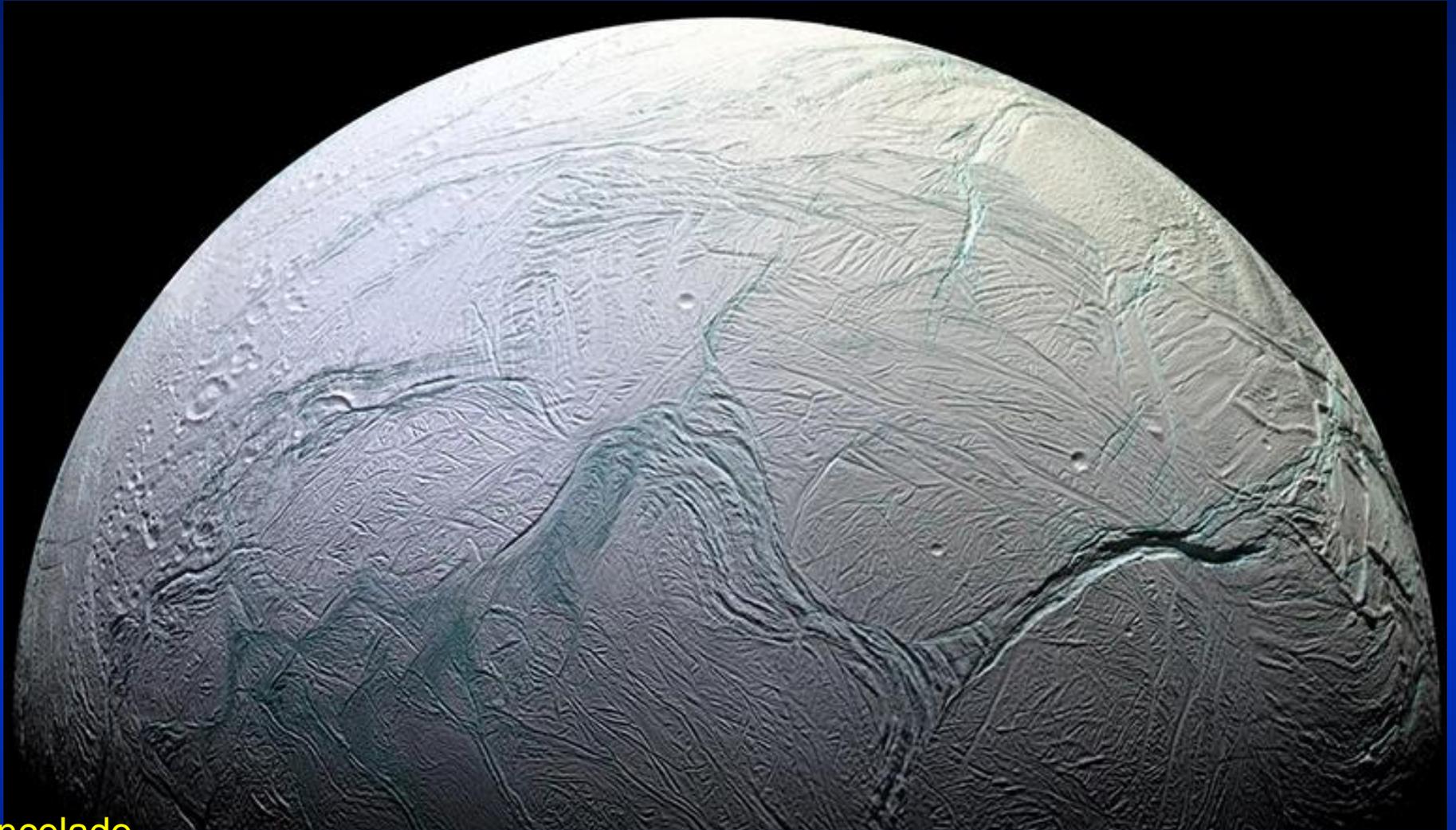
$D/D_{\text{Luna}}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=9,9 \times 10^{-5}$

Sonda Cassini

# Encelado



Encelado

$D=499 \text{ km}$

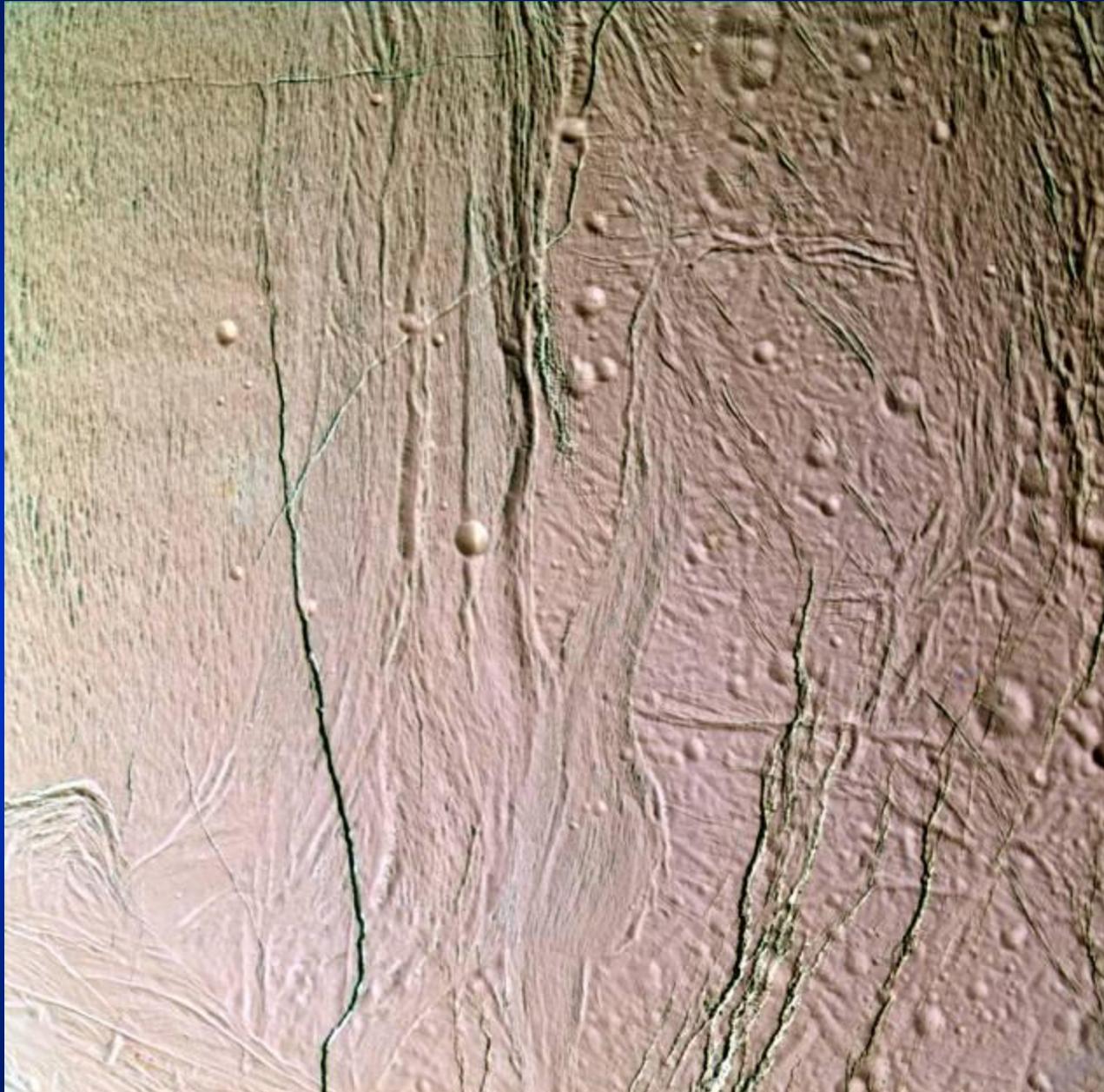
$D/D_{\text{Luna}}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=9,9 \times 10^{-5}$

Sonda Cassini

# La superficie di Encelado



Al centro dell'immagine un sistema di canyons larghi oltre 3 km che si distendono su di un terreno incavato ampio fino a 20 km. La regione a destra presenta diversi crateri di impatto ed è diversa da quella a sinistra più liscia e quindi geologicamente più recente.

Il terreno "craterizzato" è percorso da numerose faglie e fratture di dimensioni da qualche km a diversi km.

## Encelado

$D=499$  km

$D/D_{Luna}=0,14$

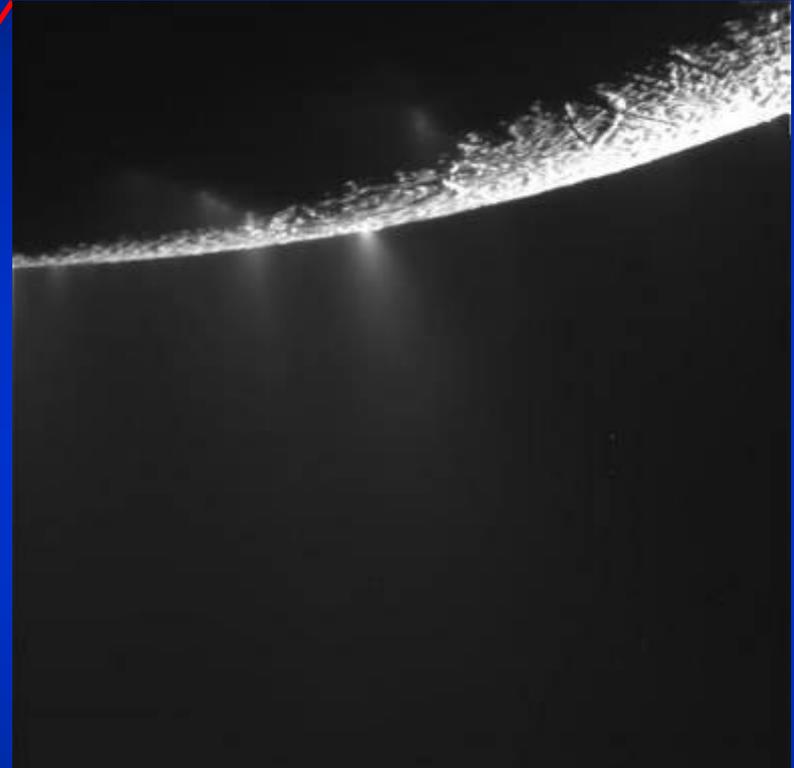
$\rho=1,3$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=9,9 \times 10^{-5}$

9-3-2005 Sonda Cassini



## I geyser (acqua) di Encelado



### Encelado

$D=499 \text{ km}$

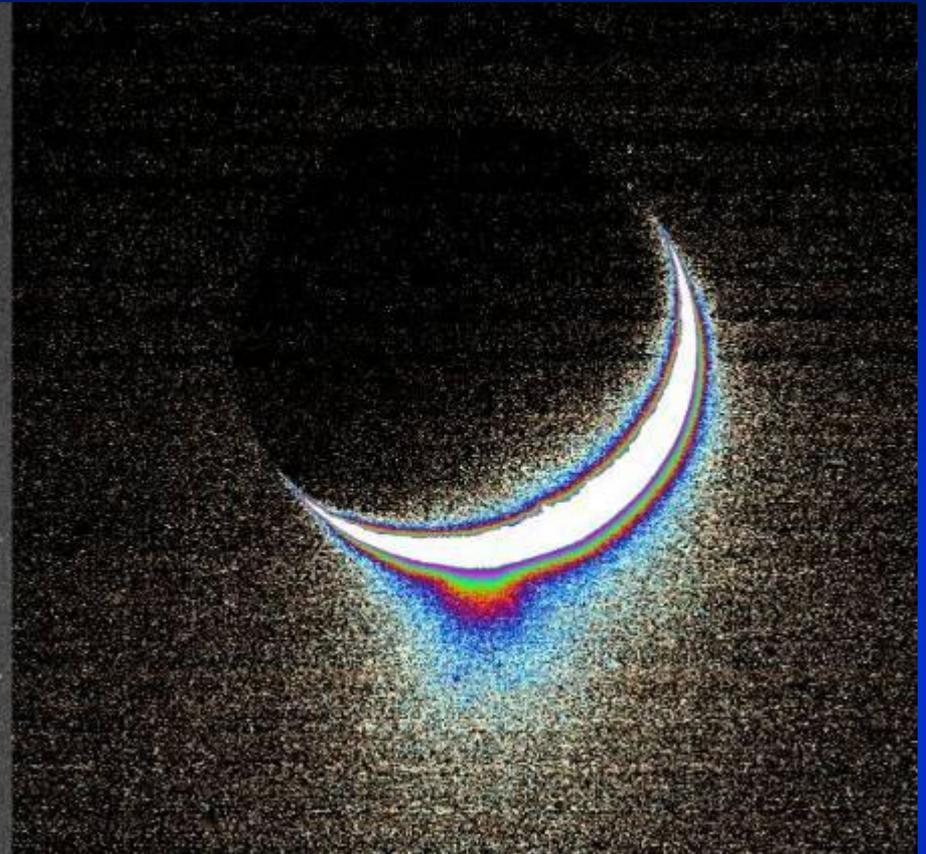
$D/D_{\text{Luna}}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}= 9,9 \times 10^{-5}$

Sonda Cassini

# Geyser su Encelado



## Sonda Cassini

Immagine presa da una distanza di 209000 di km con una risoluzione di 1,3 km per pixel. Si notino gli “sbuffi” di materiale “acquoso” espulso dal satellite in prossimità del polo sud di Encelado.

### Encelado

$D=499 \text{ km}$

$D/D_{\text{Luna}}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=9,9 \times 10^{-5}$

# Geyser su Encelado

Gli sbuffi di Encelado si spandono nell'anello E di Saturno. Si noti anche l'ombra del satellite proiettata sull'anello E.

I punti bianchi sono stelle dello sfondo.

Immagine presa da una distanza di 2,2 milioni di km con una risoluzione di 13 km per pixel.



## Encelado

$D=499 \text{ km}$

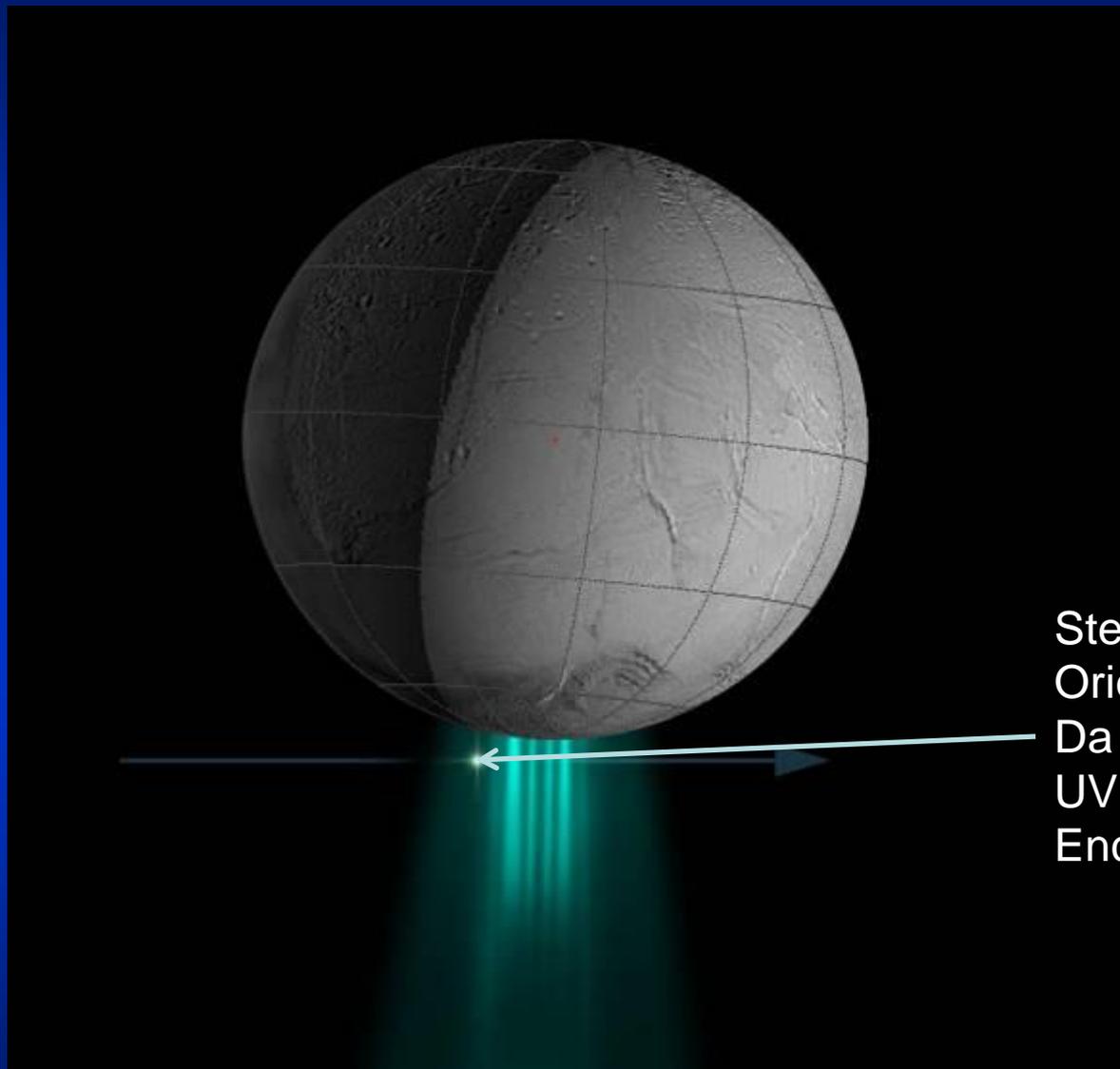
$D/D_{\text{Luna}}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=9,9 \times 10^{-5}$

11-8-2006 Sonda Cassini

# Geyser su Encelado



Stella zeta  
Orionis.  
Da una immagine  
UV dei geyser di  
Encelado

## Encelado

$D=499 \text{ km}$

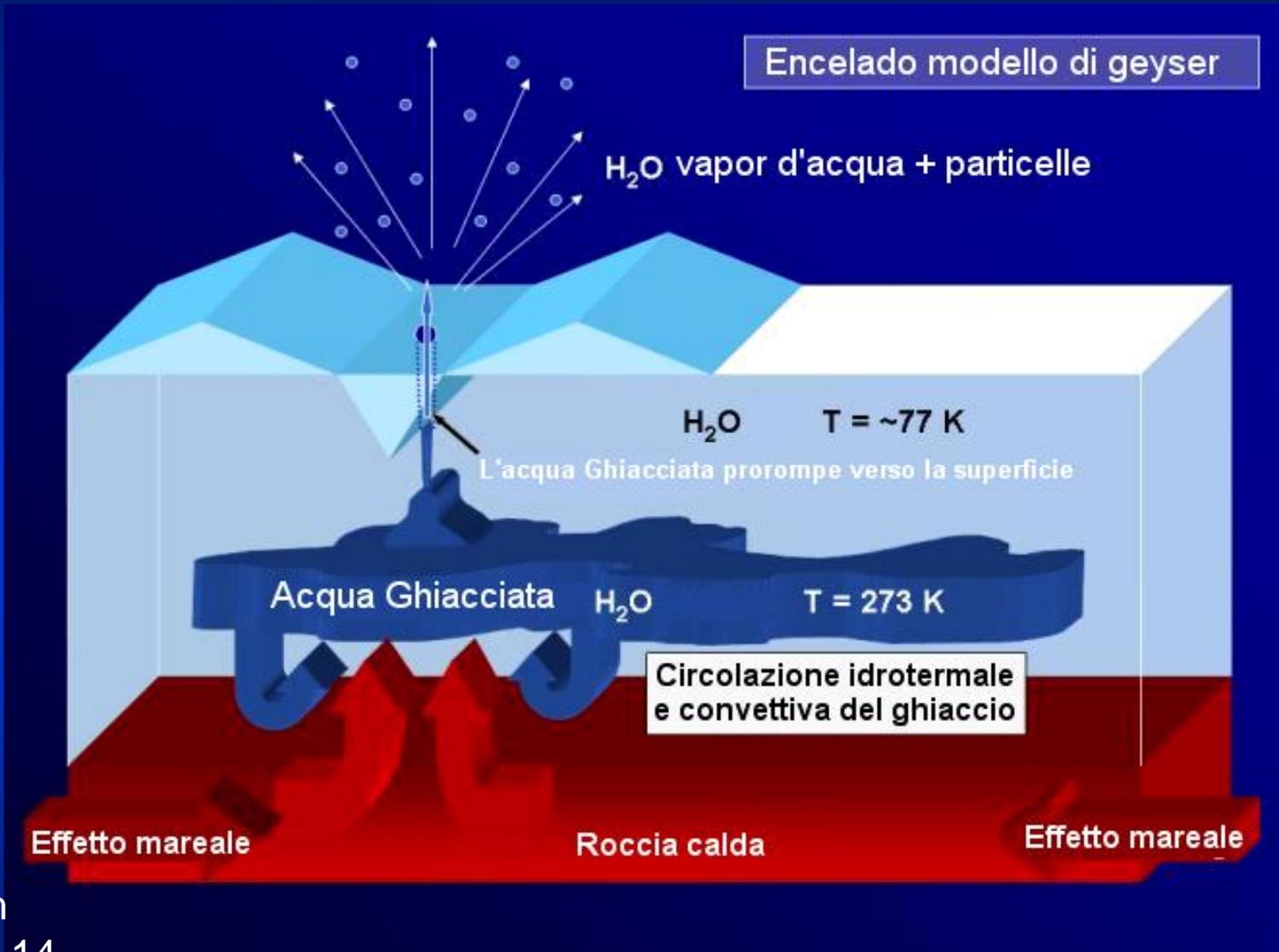
$D/D_{\text{Luna}}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}= 9,9 \times 10^{-5}$

24-10-2007 Sonda Cassini

# Modello dei geyser su Encelado



Encelado

D=499 km

$D/D_{Luna}=0,14$

$\rho=1,3 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}= 9,9 \times 10^{-5}$

Ricostruzione artistica

# Epimeteo satellite di Saturno



Epimeteo

D=135x108x105 km

$\rho = 0,69 \text{ g/cm}^3$

Sonda Cassini

# Dione satellite di Saturno

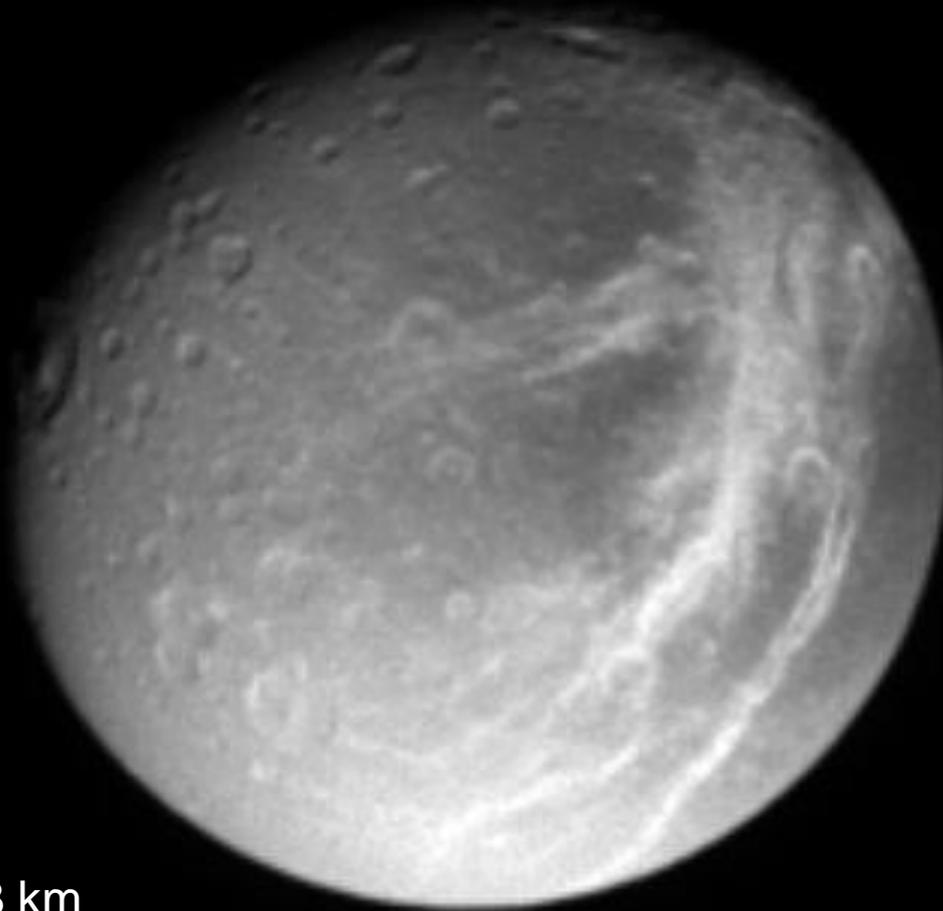


Immagine presa da una distanza di 644000 km con una risoluzione di 4 km per pixel.

**Dione**

$D=1118$  km

$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho=1,49$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,014$

26-12-2009 Sonda Cassini

# Dione



Immagine presa da una distanza di 390000 km con una risoluzione di 2 km per pixel.

## Encelado

$D=499$  km

$D/D_{Luna}=0,14$

$\rho=1,3$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=9,9 \times 10^{-5}$

11-10-2005 Sonda Cassini

# Dione satellite di Saturno



Immagine presa da una distanza di 677000 km con una risoluzione di 4 km per pixel.

**Dione**

$D=1118$  km

$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho= 1,49$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,014$

25-9-2005 Sonda Cassini

# Dione satellite di Saturno

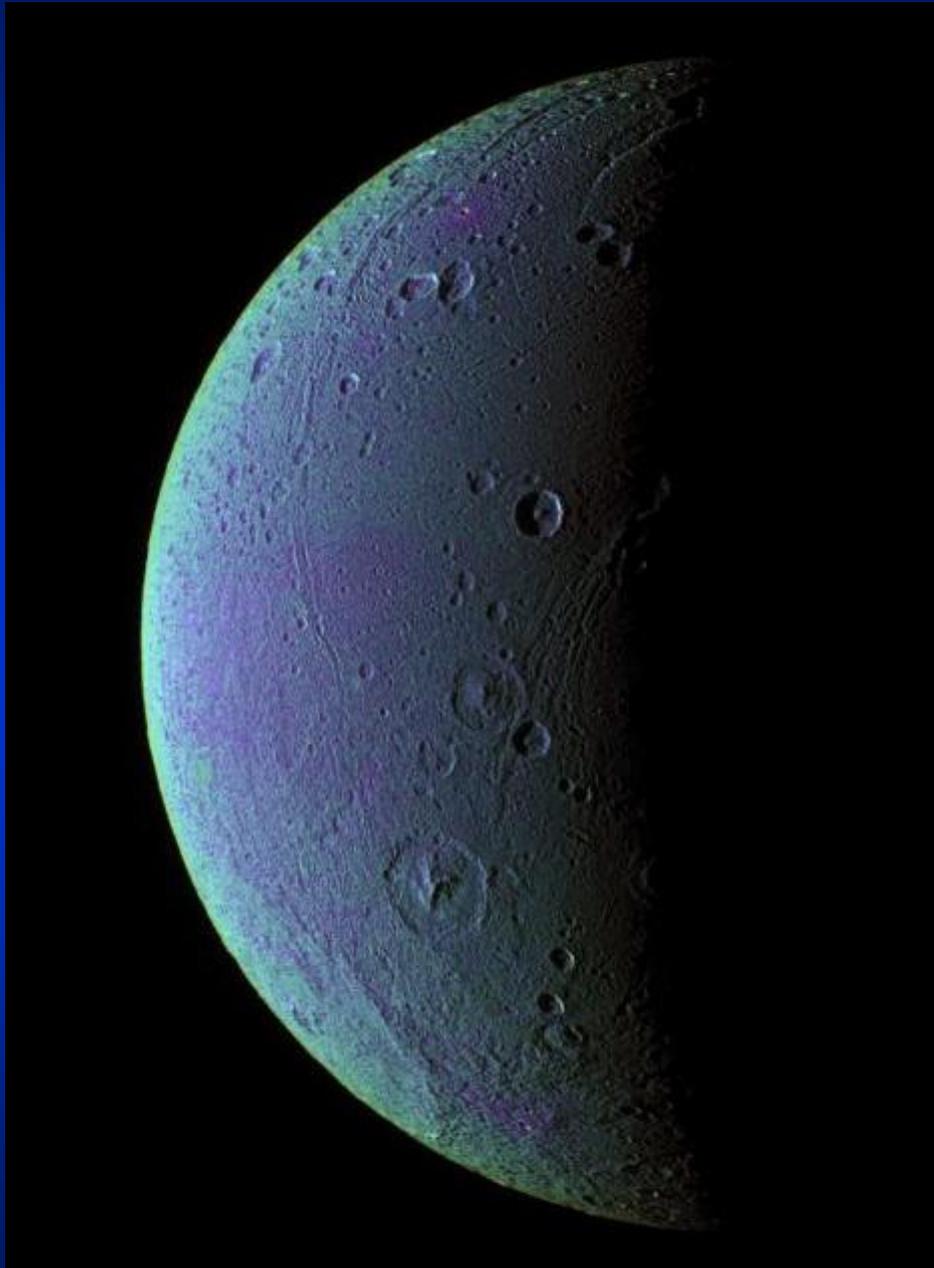


Immagine presa da una  
distanza di 151000 km con  
una risoluzione di 896 m  
per pixel.

## Dione

$D=1118$  km

$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho= 1,49$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,014$

24-12-2005

Sonda

Cassini

# Dione satellite di Saturno

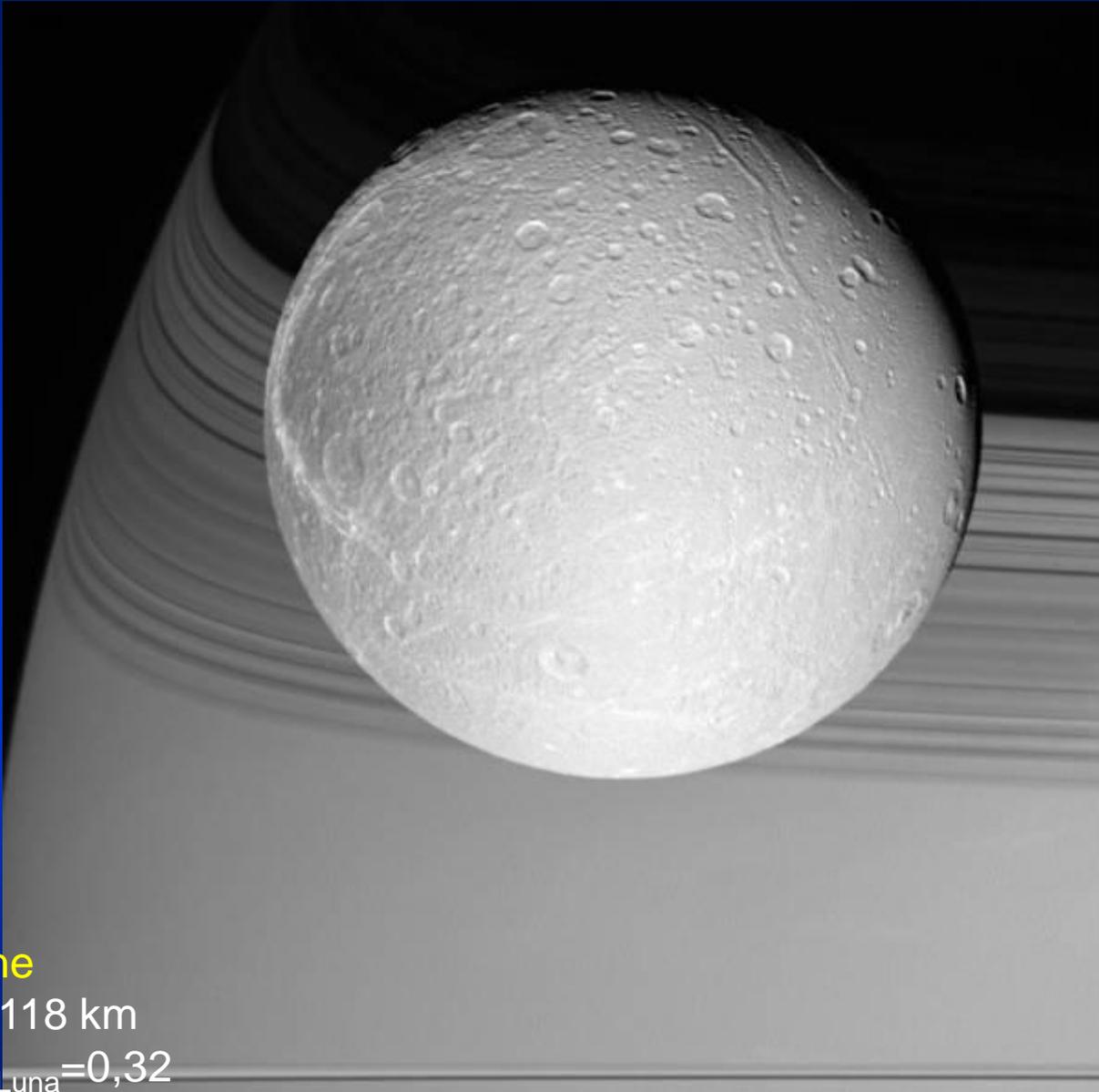


Immagine presa da una distanza di 24500 km con una risoluzione di 2 km per pixel.

## Dione

$D=1118$  km

$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho= 1,49$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,014$

11-10-2005 Sonda Cassini

# Dione nascosto dagli anelli

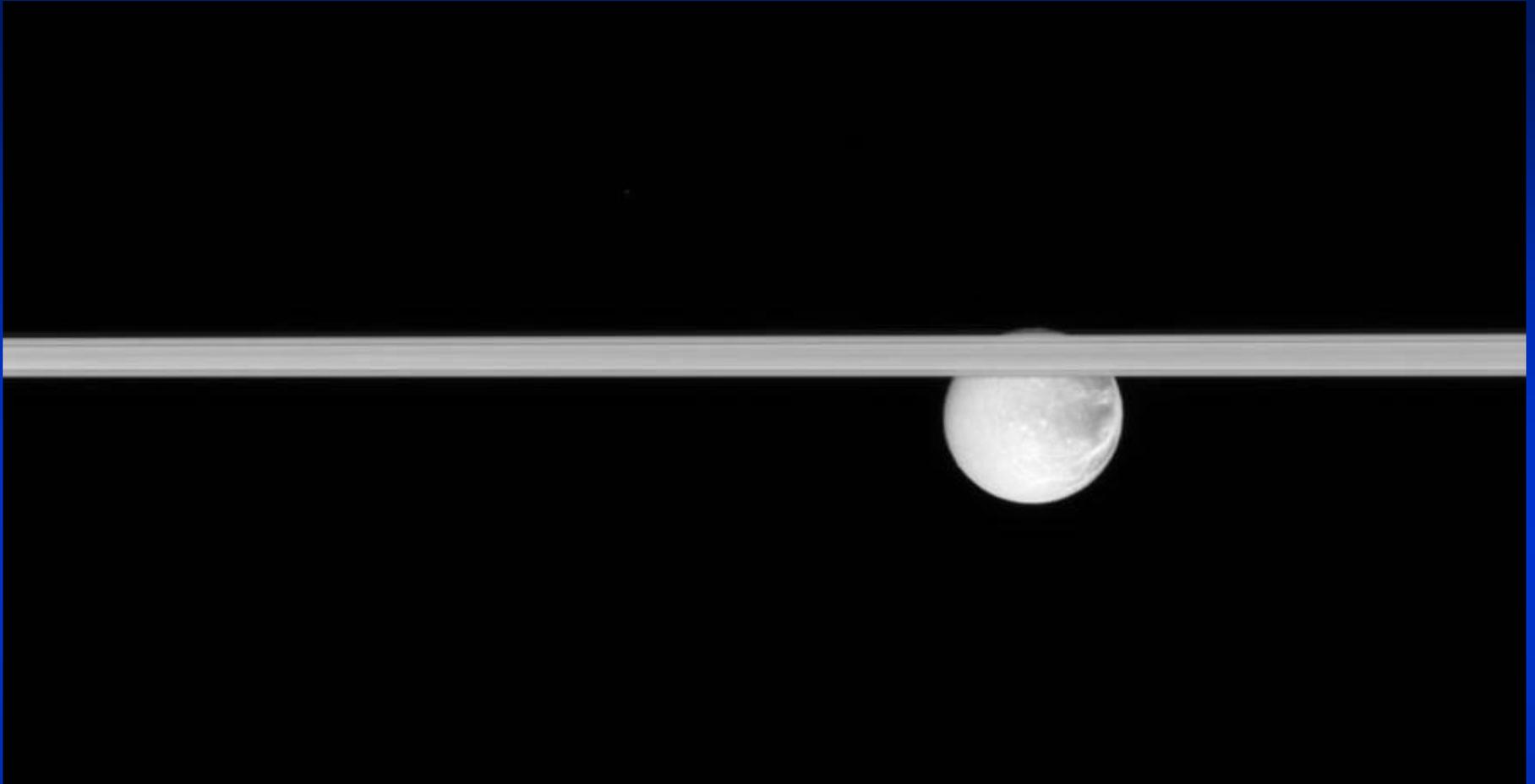


Immagine presa da una distanza di 1,6 milioni di km con una risoluzione di 9 km per pixel.

## Dione

$D=1118$  km

$D/D_{Luna}=0,32$

$\rho= 1,49$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,014$

17-1-2008 Sonda Cassini

# Giapeto satellite di Saturno



Grande cratere di impatto esteso per 450 km. Il materiale più scuro è composto da azoto misto a composti organici, minerali idrati, e minerali carbonacei.

Immagine presa da una distanza di 73000 km con una risoluzione di 426 m per pixel.

**Giapeto**

$D=1460$  km

$D/D_{Luna}=0,42$

$\rho= 1,27$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0256$

**10-9-2007 Sonda Cassini**

# La superficie di Giapeto satellite di Saturno

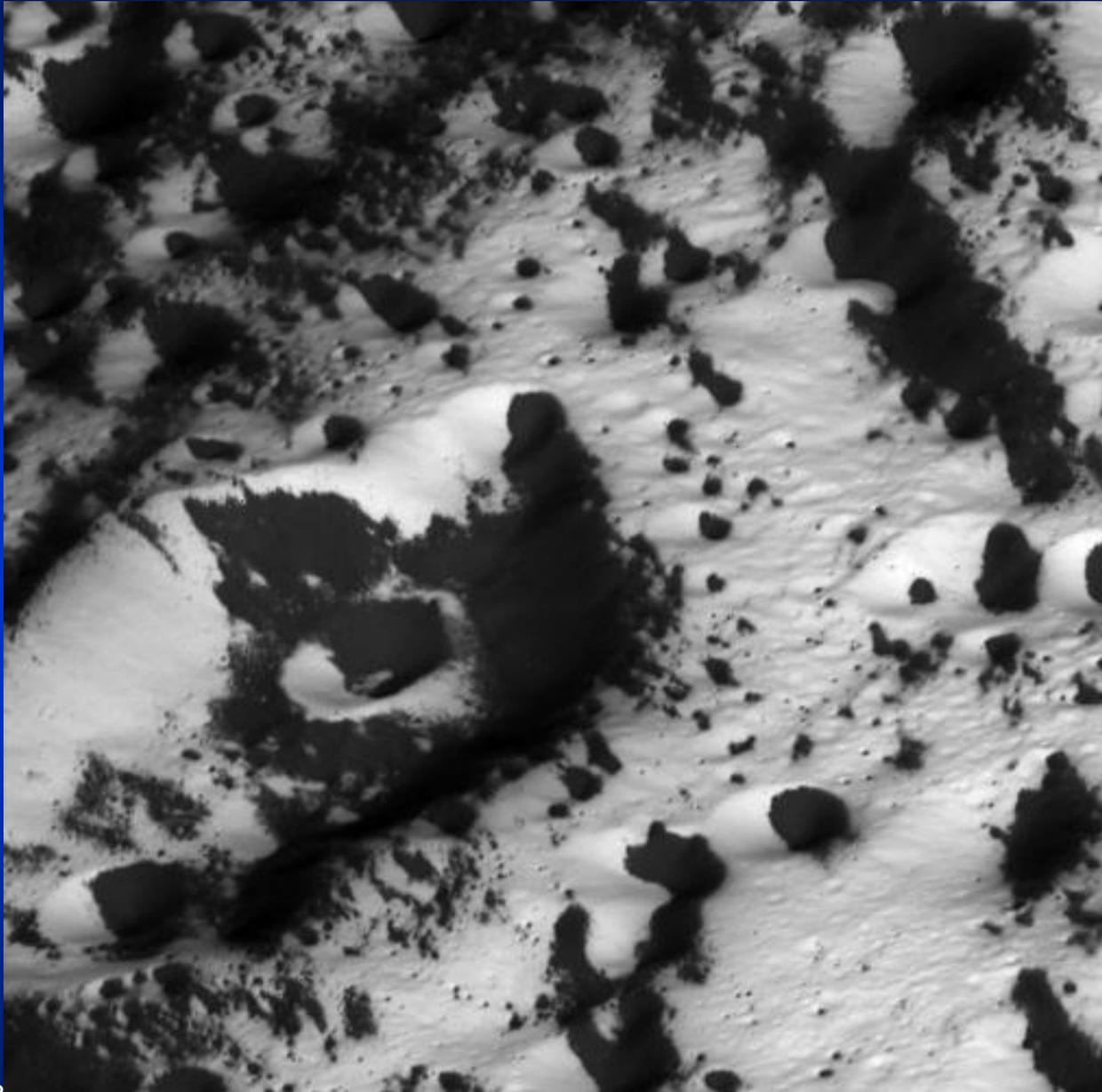


Immagine presa da una distanza di 5260 km con una risoluzione di 32 km per pixel.

**Giapeto**

$D=1460$  km

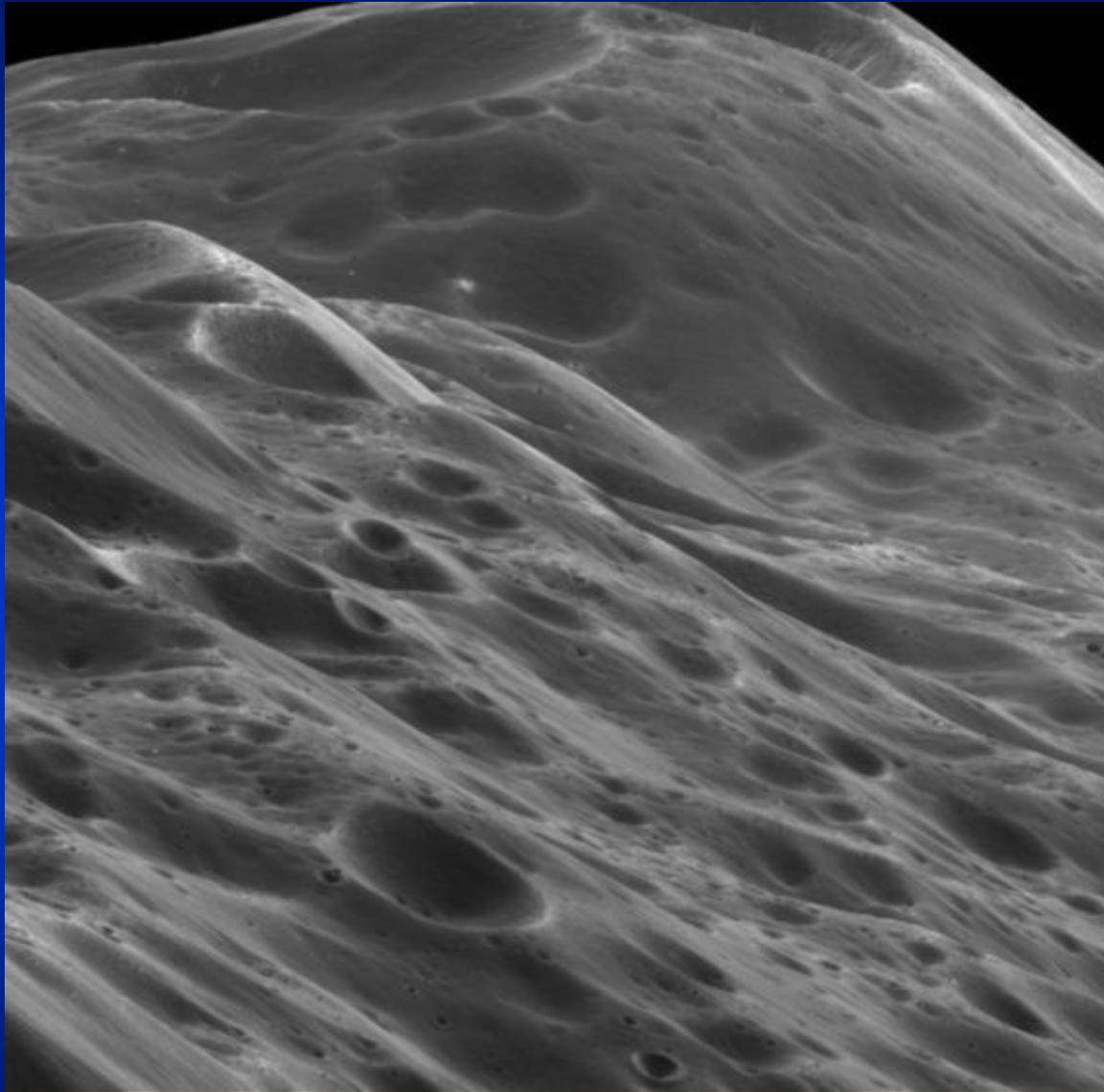
$D/D_{Luna}=0,42$

$\rho= 1,27$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0256$

**10-9-2007 Sonda Cassini**

# La superficie di Giapeto satellite di Saturno



Altopiani equatoriali che raggiungono altezze di circa 10 km.

Si possono notare per contrasto con il materiale scuro, tracce di ghiaccio brillante.

Immagine presa da una distanza di 3870 km con una risoluzione di 13 m per pixel.

**Giapeto**

$D=1460$  km

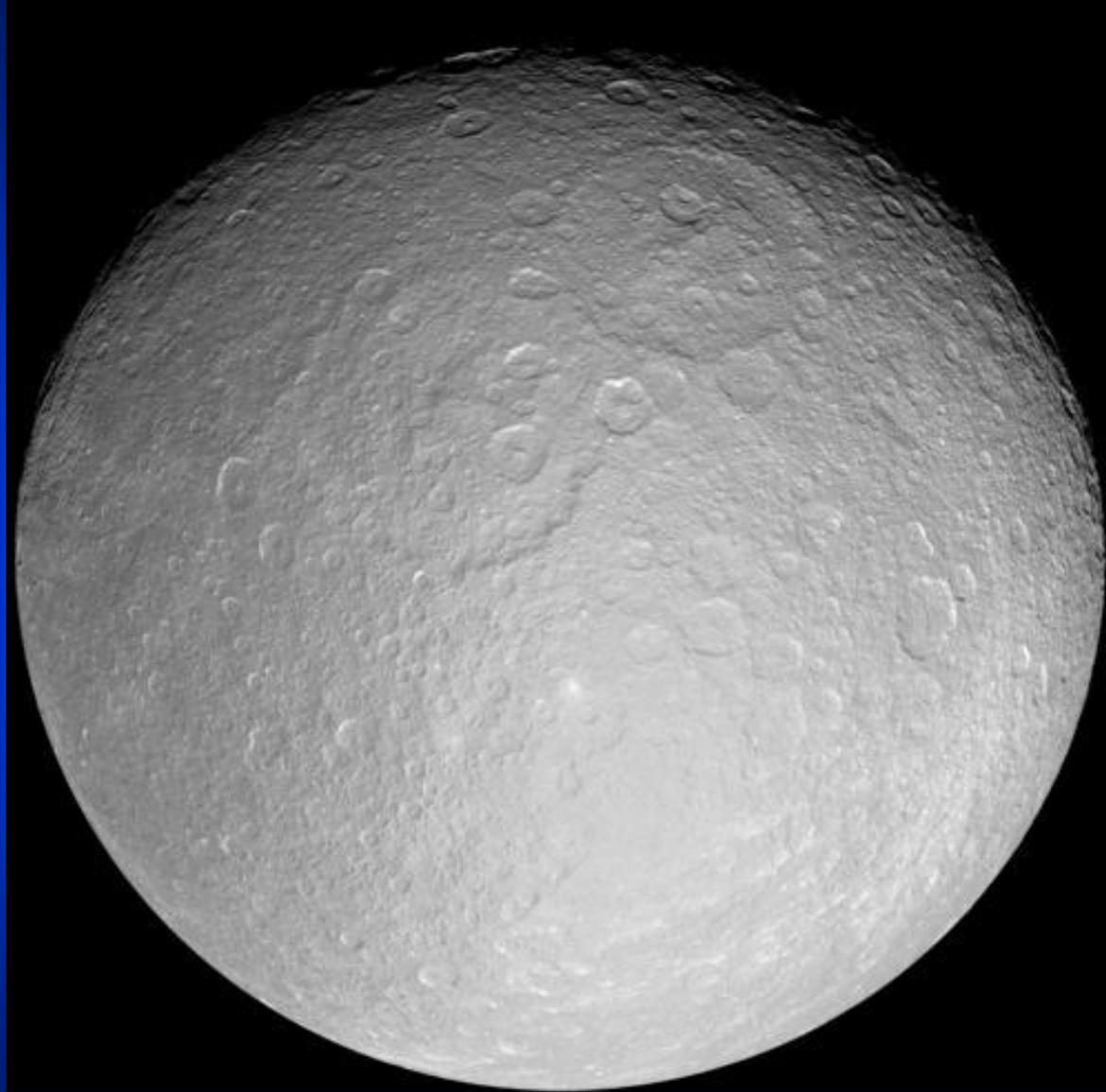
$D/D_{Luna}=0,42$

$\rho= 1,27$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0256$

**10-9-2007 Sonda Cassini**

# Rea satellite di Saturno



Rea

$D=1528$  km

$D/D_{Luna}=0,43$

$\rho= 1,24$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,034$

21-12-2007 Sonda Cassini

# Rea satellite di Saturno



Rea

$D=1528$  km

$D/D_{Luna}=0,43$

$\rho= 1,24$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,034$

12-4-2008 Sonda Cassini

# Rea satellite di Saturno



Rea

$D=1528$  km

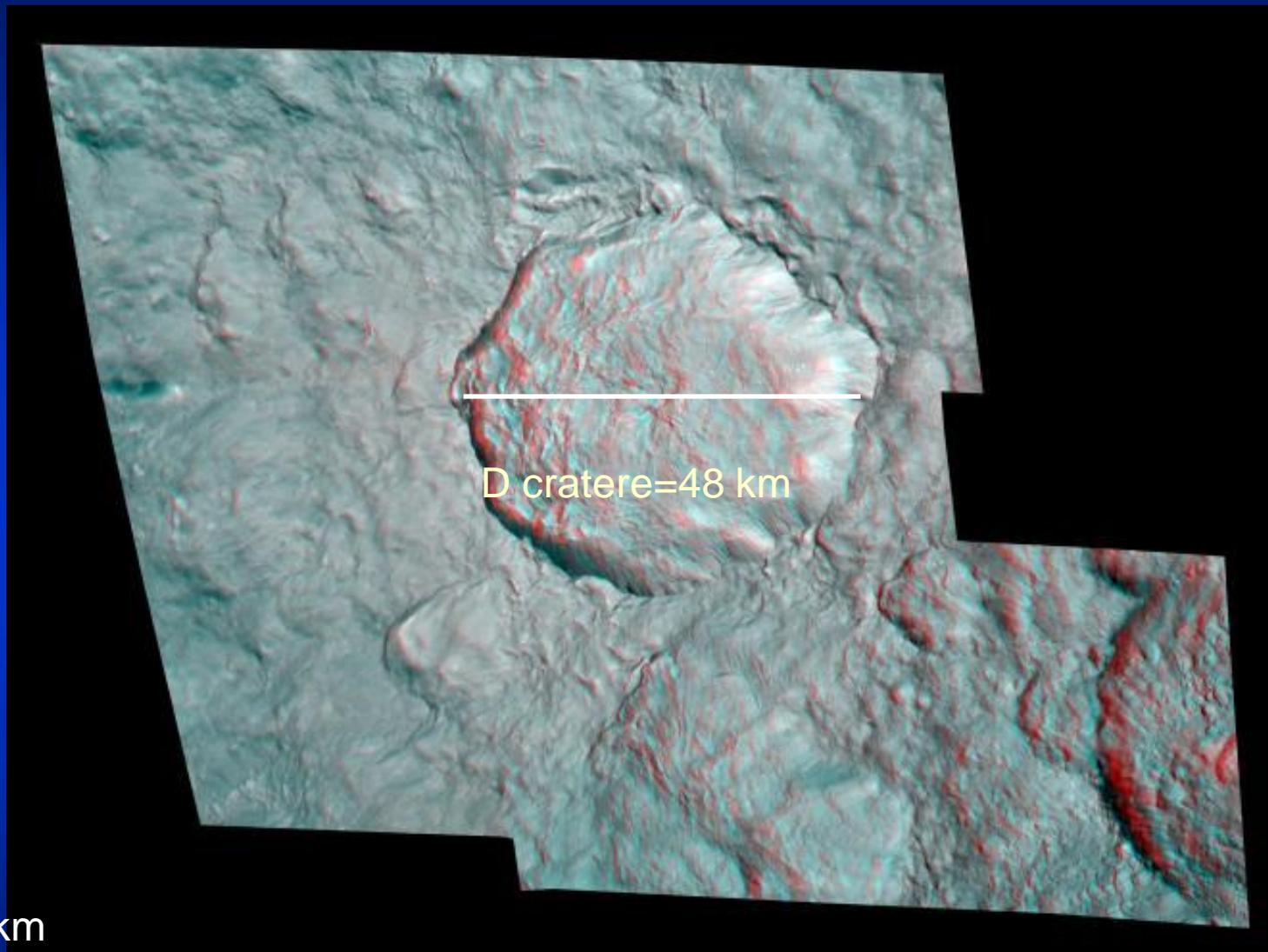
$D/D_{Luna}=0,43$

$\rho= 1,24$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,034$

23-12-2005 Sonda Cassini

# Cratere di Rea satellite di Saturno



Rea

$D=1528$  km

$D/D_{Luna}=0,43$

$\rho= 1,24$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,034$

30-8-2007 Sonda Cassini

# Teti satellite di Saturno



**Teti**

$D=1060$  km

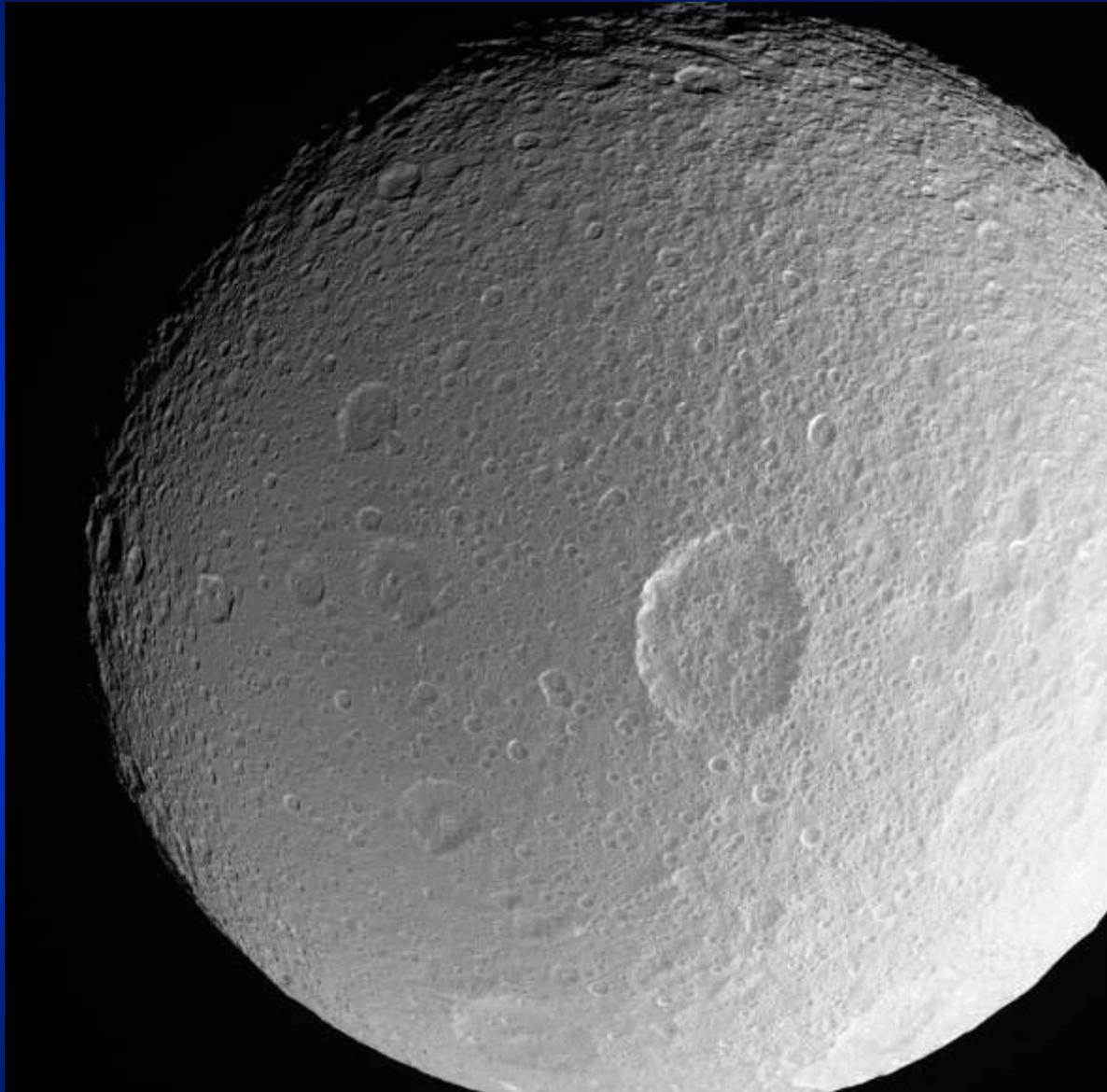
$D/D_{Luna}=0,30$

$\rho= 0,991$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0085$

20-9-2005 Sonda Cassini

# Teti satellite di Saturno con il cratere Penelope



Teti

$D=1060$  km

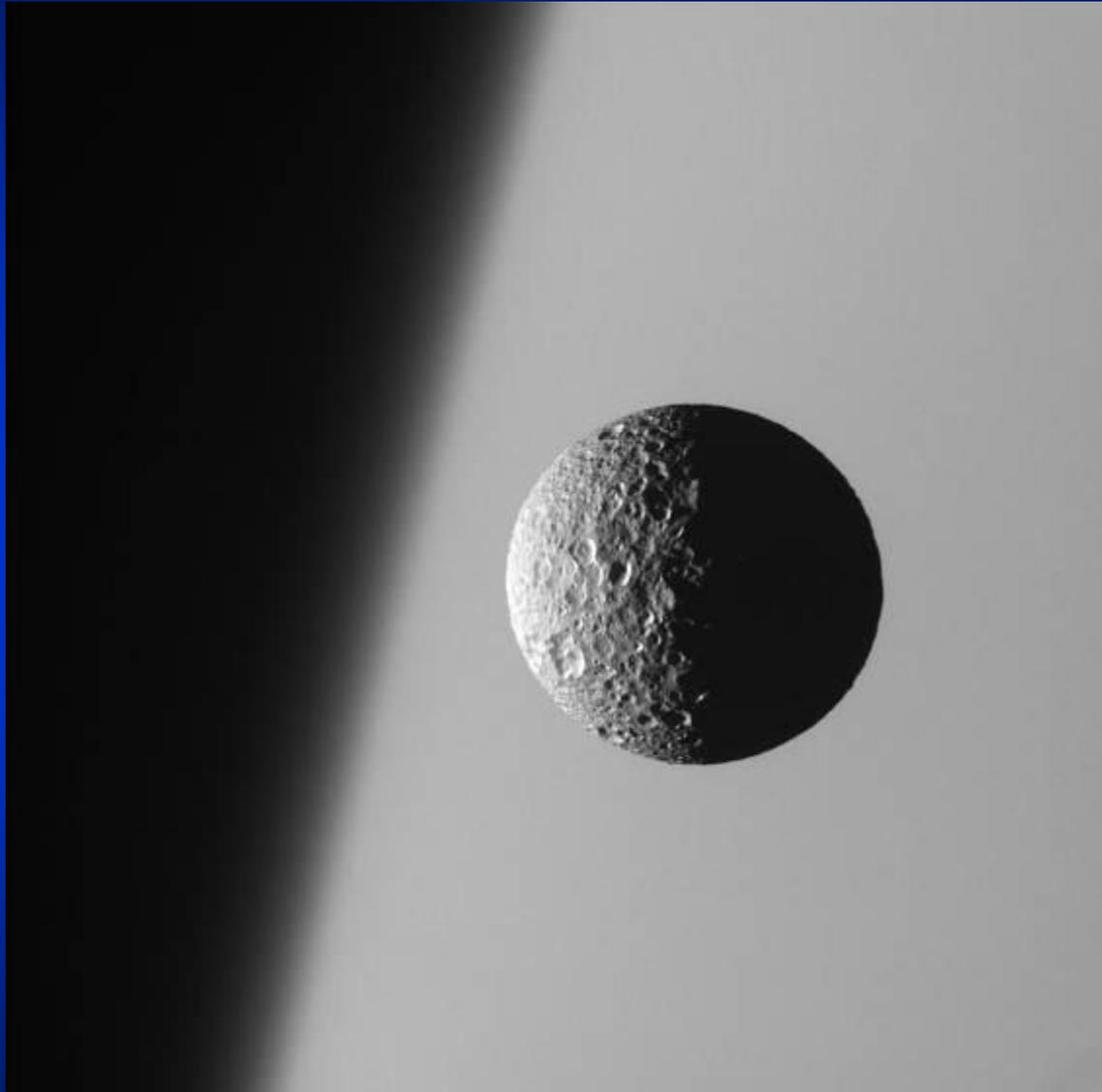
$D/D_{Luna}=0,30$

$\rho=0,991$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=0,0085$

26-2-2006 Sonda Cassini

# Mimas satellite di Saturno



## Mimas

$D=397 \text{ km}$

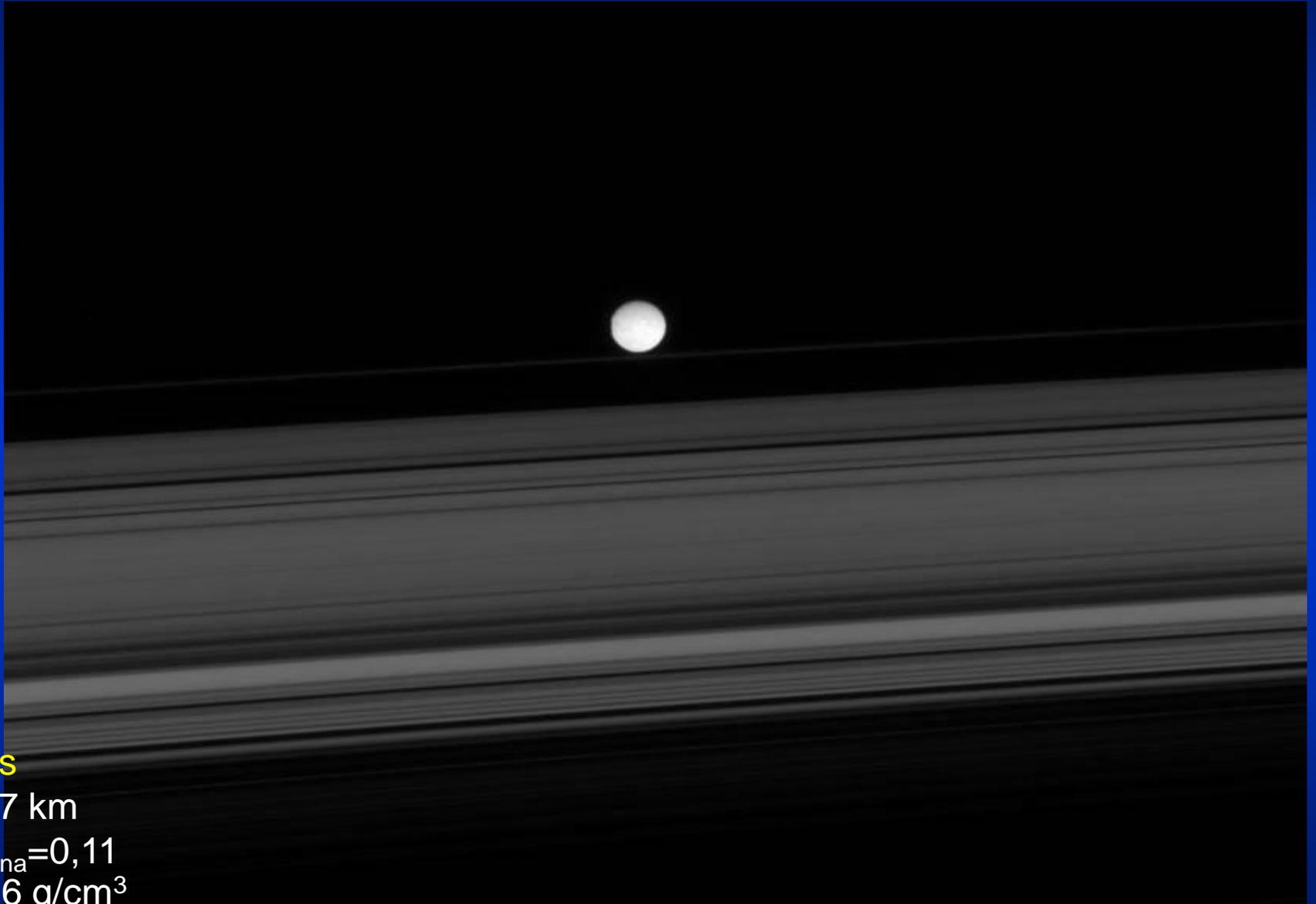
$D/D_{\text{Luna}}=0,11$

$\rho=1,16 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=5 \cdot 10^{-4}$

21-3-2006 Sonda Cassini

# Mimas satellite di Saturno



Mimas

$D=397 \text{ km}$

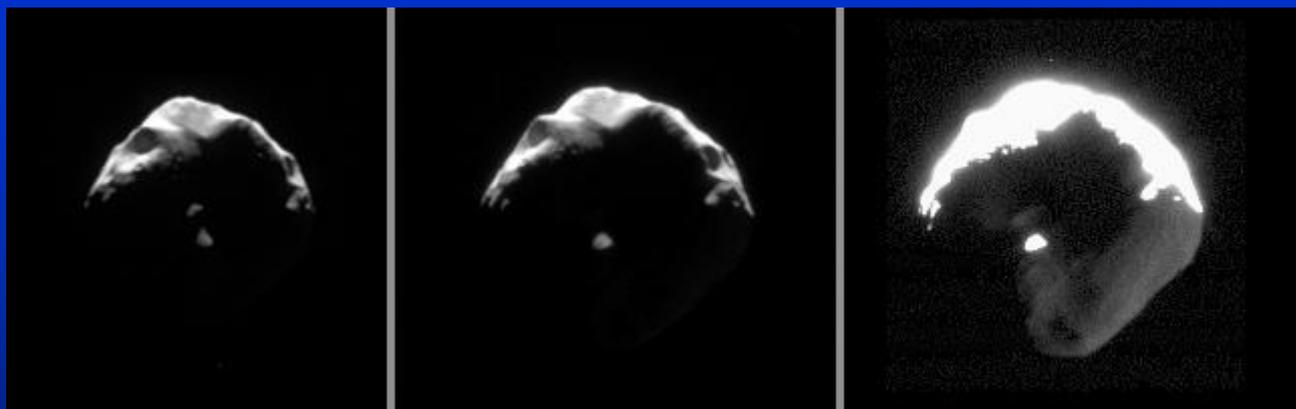
$D/D_{\text{Luna}}=0,11$

$\rho=1,16 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=5 \cdot 10^{-4}$

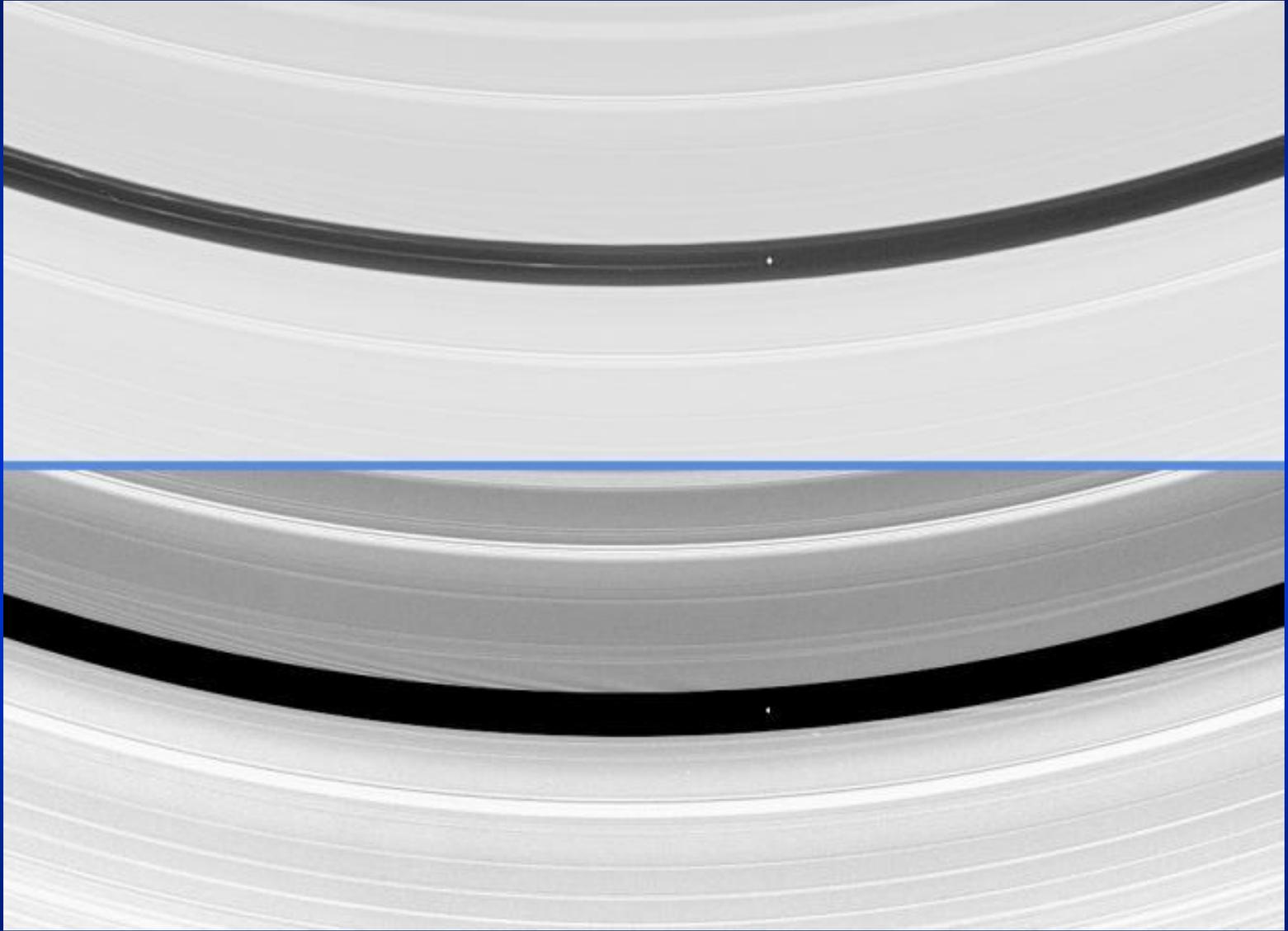
18-1-2008 Sonda Cassini

# Giano, Telesto, Calipso Prometeo ed Elene, satelliti di Saturno



Sonda Cassini

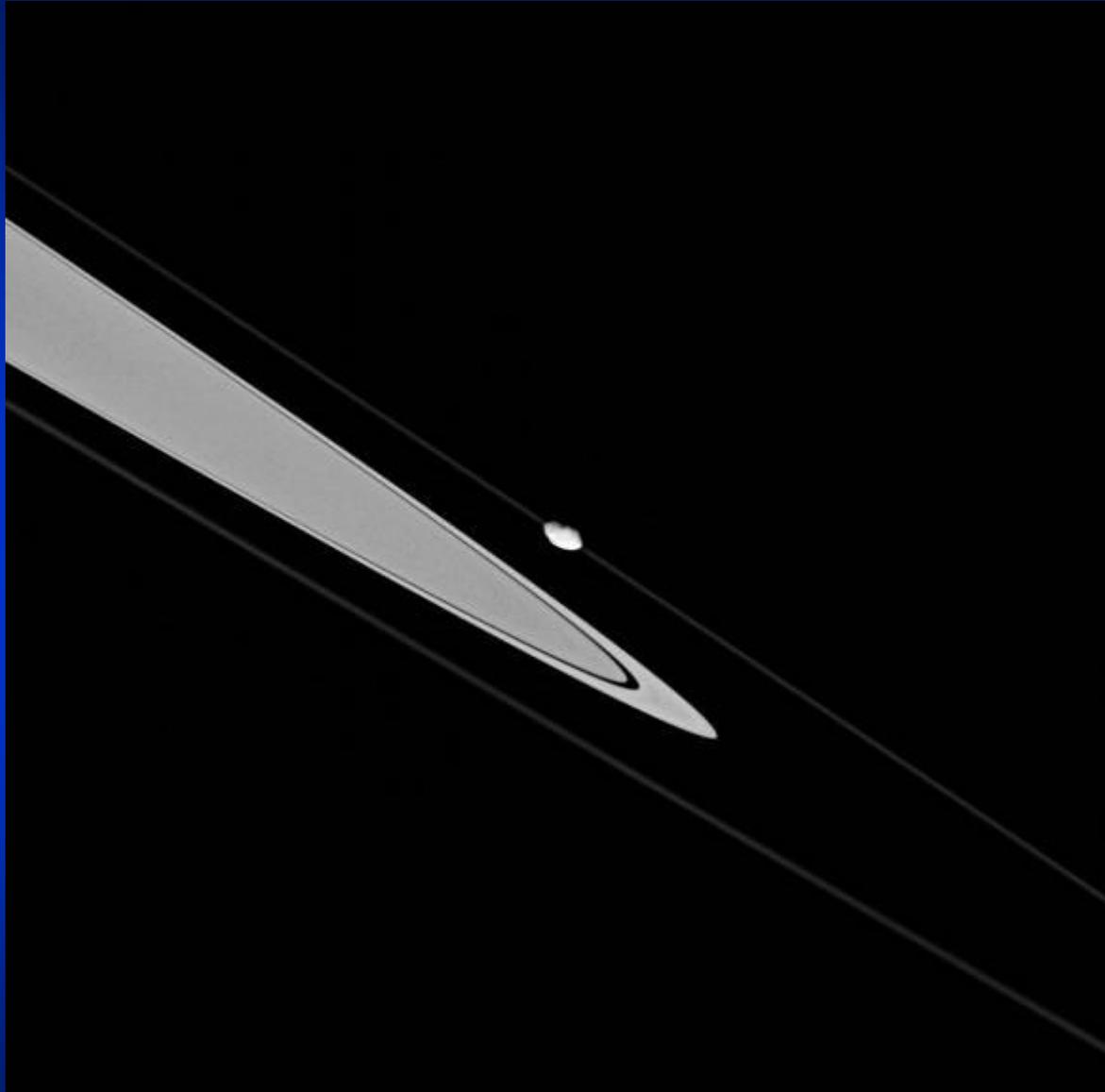
# Pan satellite pastore nella divisione di Encke (anello A)



Pan  
D=35x35x23 km  
 $\rho = 0,6 \text{ g/cm}^3$

18-5-2008 Sonda Cassini

# Pandora satellite pastore di Saturno-anello F



**Pandora**

D=103x80x64 km

$\rho = 0,49 \text{ g/cm}^3$

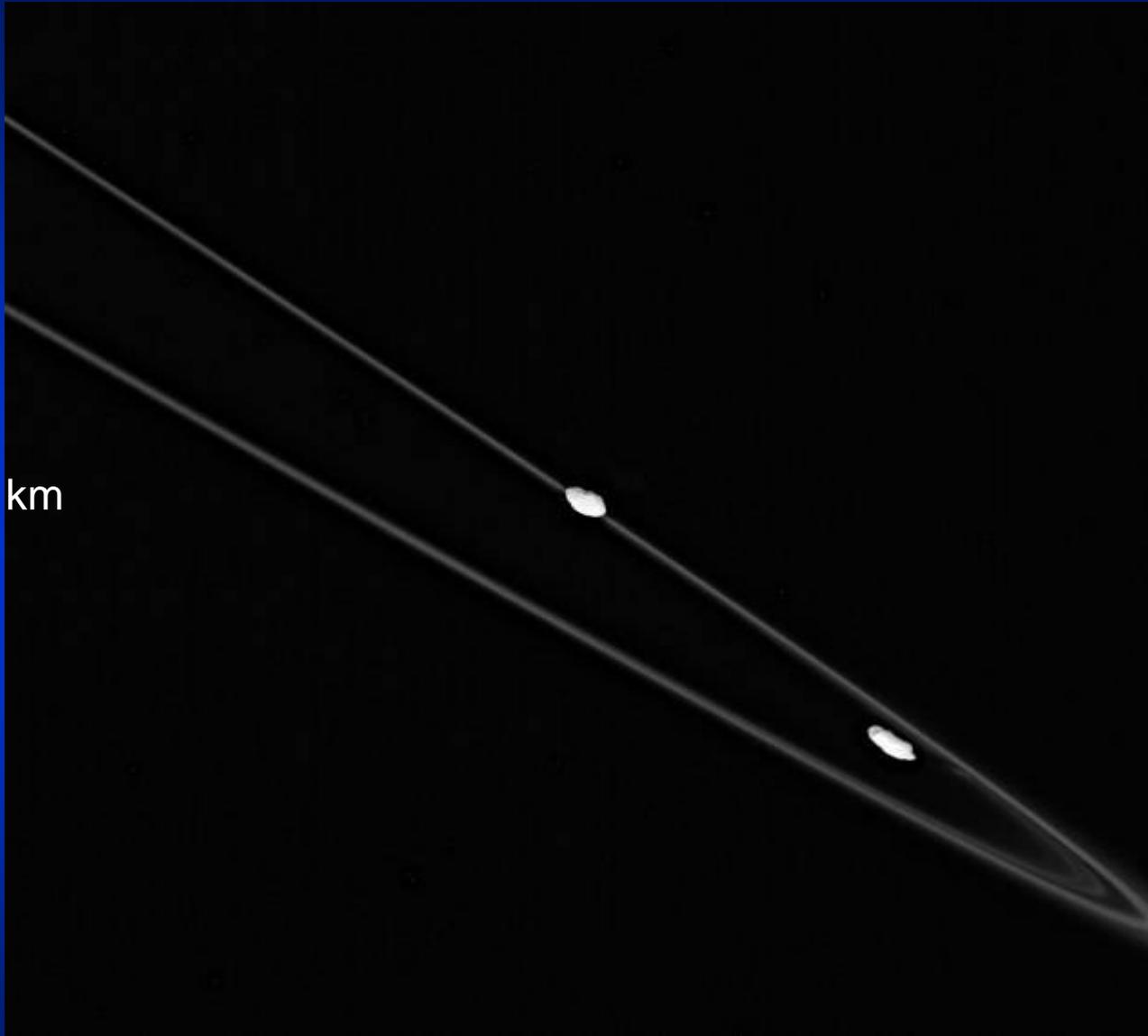
29-10-2005 Sonda Cassini

# Pandora e Prometeo satelliti pastore di Saturno-anello F

## Prometeo

D=119x87x61 km

$\rho = 0,47 \text{ g/cm}^3$



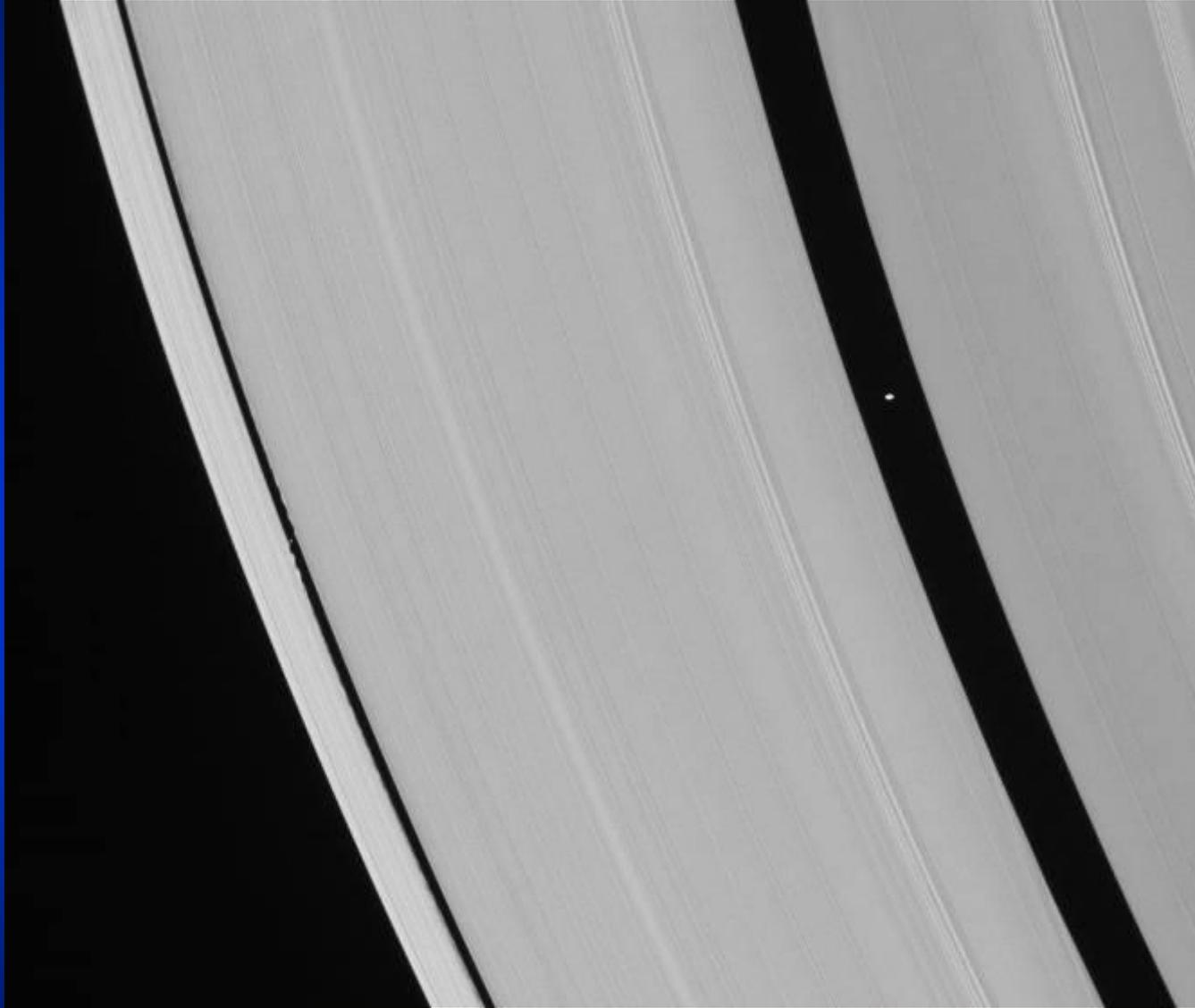
## Pandora

D=103x80x64 km

$\rho = 0,49 \text{ g/cm}^3$

29-10-2005 Sonda Cassini

# Dafni e Pan (nella scissura di Encke)



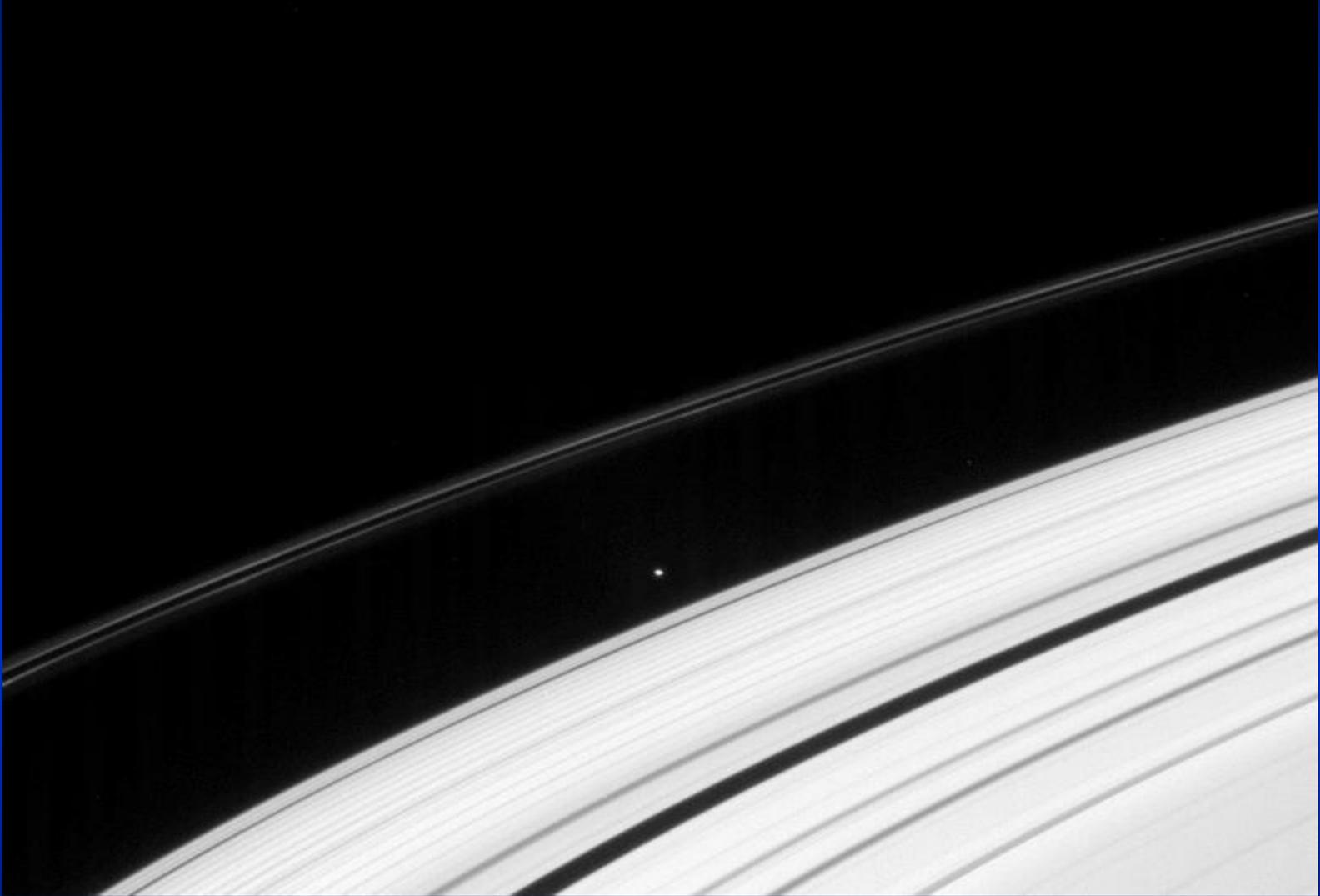
Dafni

D=35x35x23 km

$\rho = ?? \text{ g/cm}^3$

24-3-2007 Sonda Cassini

# Atlante satellite pastore di Saturno-Anello A



Atlante

D=46x38x19 km

$\rho = 0,44 \text{ g/cm}^3$

8-12-2007 Sonda Cassini

# Prometeo



Prometeo  
D=119x87x61 km  
 $\rho = 0,47 \text{ g/cm}^3$

7-6-2005 Sonda Cassini

# Calipso



Calipso  
D=30x23x14 km  
 $\rho = ?? \text{ g/cm}^3$

23-9-2005 Sonda Cassini

# Telesto



Telesto

D=29x22x20 km

$\rho = ?? \text{ g/cm}^3$

11-10-2005 Sonda Cassini

# Giano



Giano

D=193x173x137 km

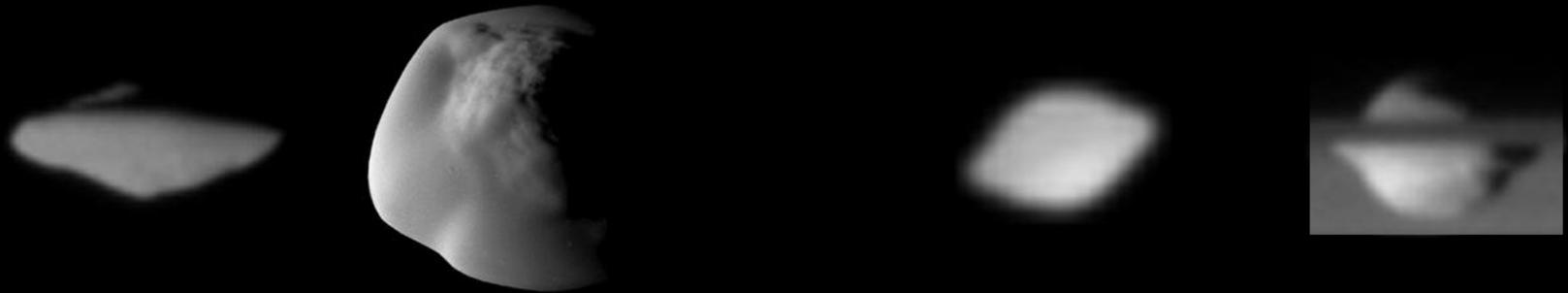
$\rho = 0,64 \text{ g/cm}^3$

20-2-2008 Sonda Cassini

# Piccole Lune di Saturno

Atlas

Pan



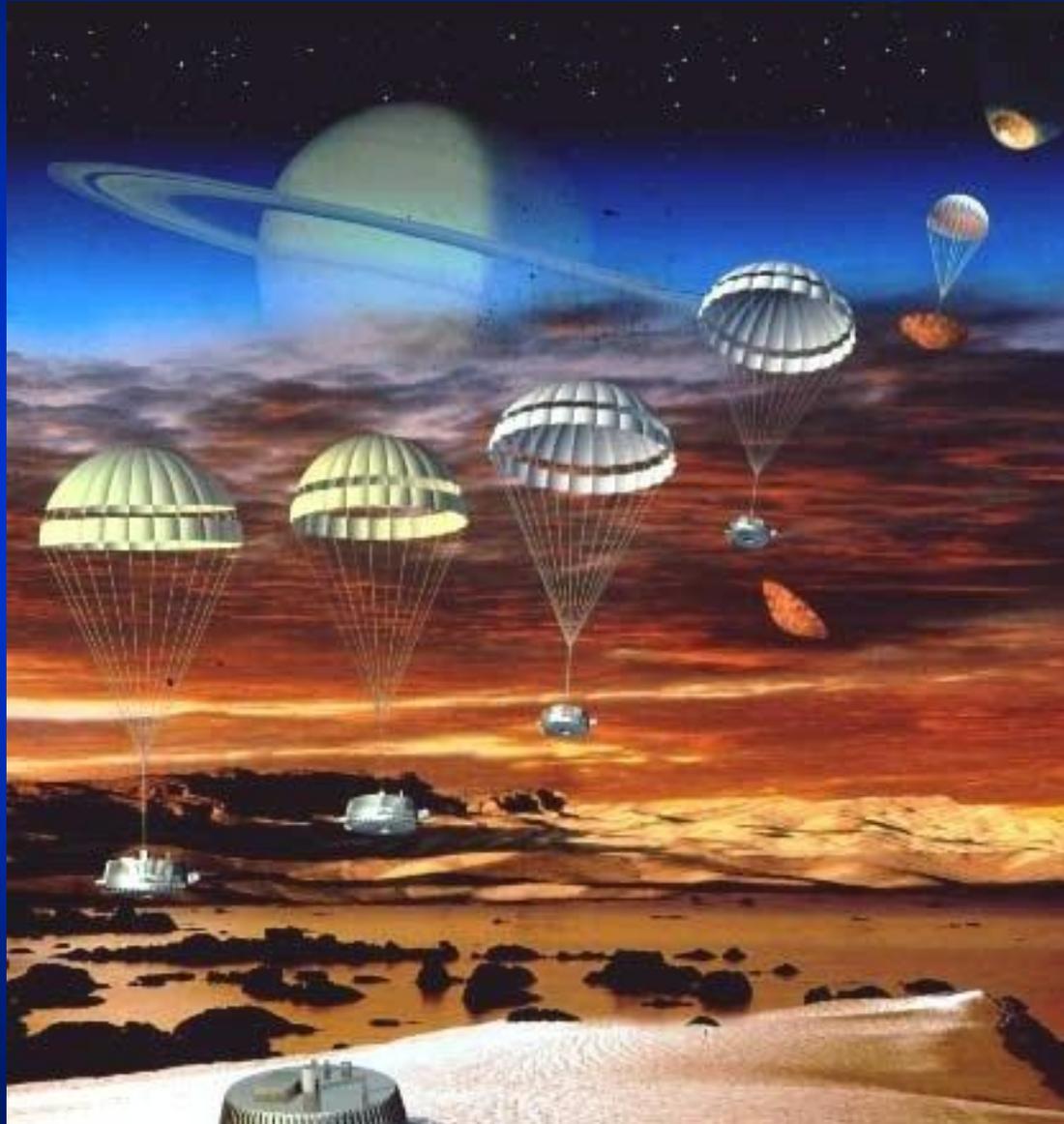
20 km



Sonda Cassini

Titano

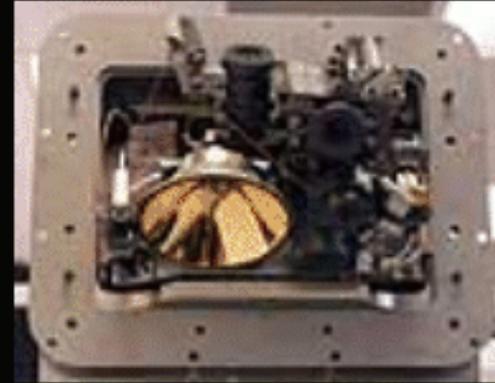
# Una ricostruzione della discesa del modulo Huygens verso la superficie di Titano



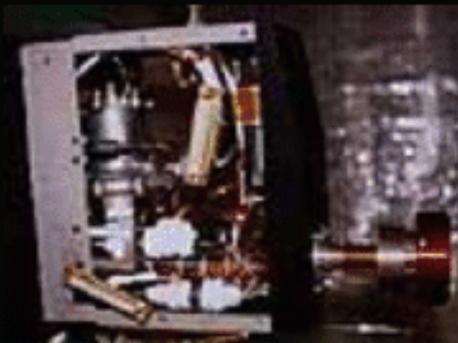
# Strumenti del modulo Huygens



Huygens Atmospheric  
Structure Instruments  
(HASI)



Descent Imager/Spectral  
Radiometer (DISR)



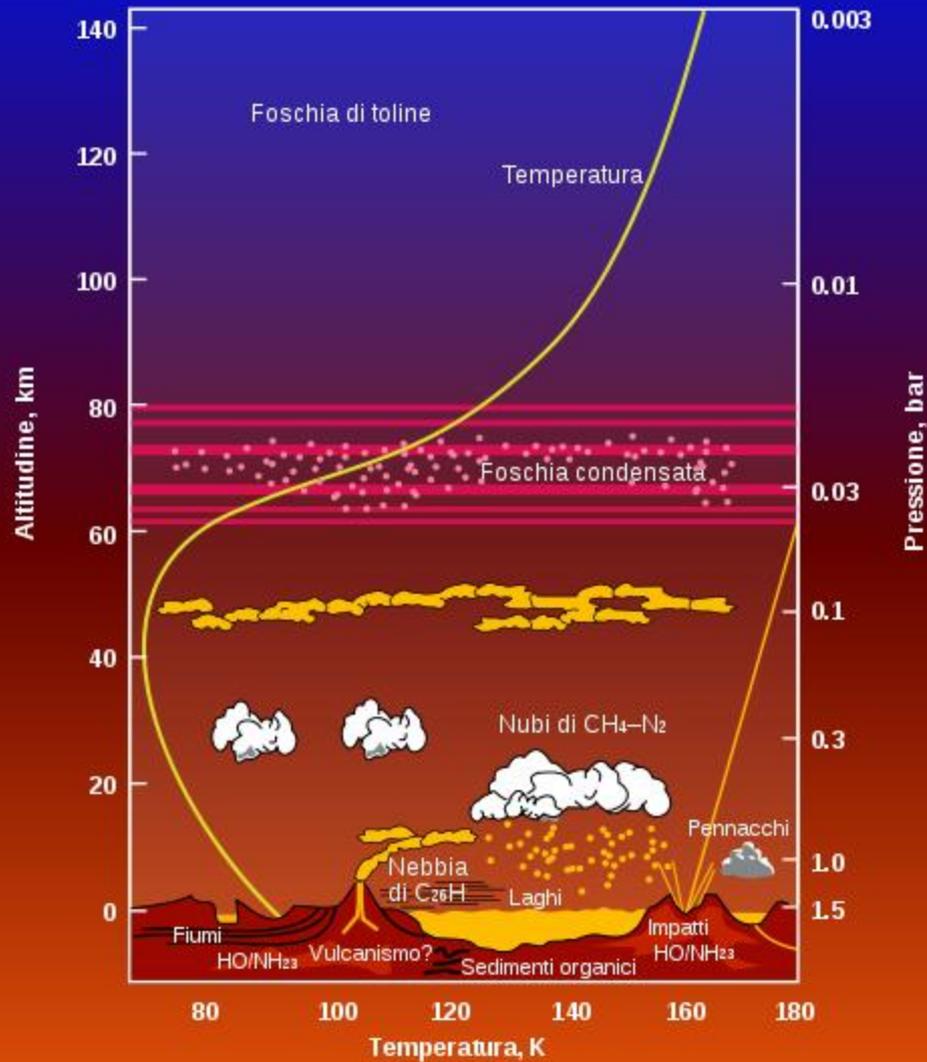
Aerosol Collector and  
Pyrolyser (ACP)



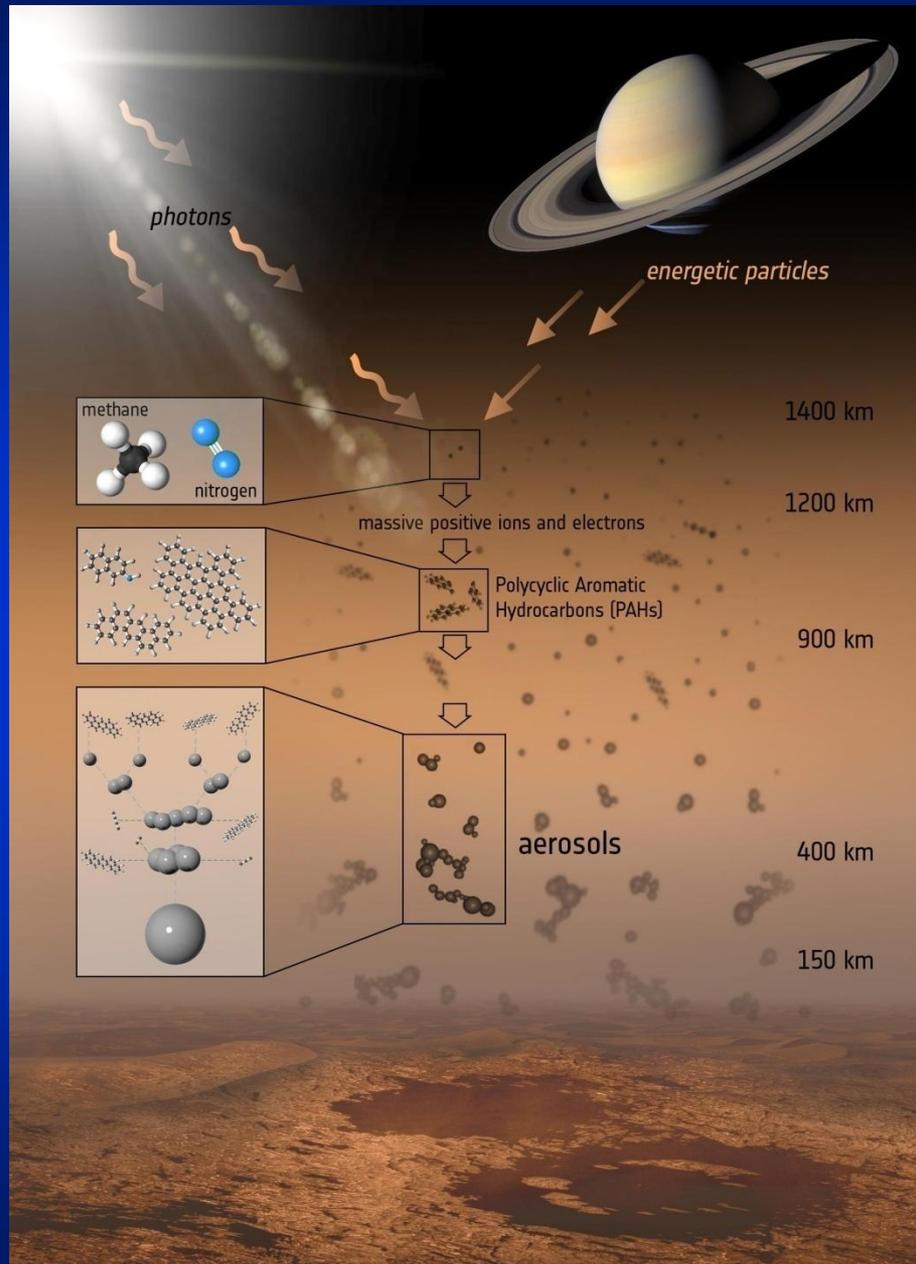
Gas Chromatograph Mass  
Spectrometer (GCMS)

	TRITONE	GANIMEDE	CALLISTO	TITANO	TERRA
Raggio (km)	1352	2631	2410	2575	6378
Massa ( $10^{21}$ kg)	21,5	148,2	107,6	134,6	5974
Densità ( $\text{kg/m}^3$ )	2050	1940	1830	1881	5515
Temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ )	-215	-160	-155	-180	15
Gravità ( $\text{m/s}^2$ )	0,78	1,43	1,24	1,35	9,8
Velocità di fuga ( $\text{km/s}$ )	1,5	2,7	2,4	2,6	11,2
Periodo Rot. (ore)	-141,0	171,7	400,5	382,7	24,0
Distanza Orbitale ( $10^3$ km)	355	1070	1883	1222	-----
Periodo orbitale (giorni)	5,9	7,2	16,7	15,9	-----
Velocità orbitale ( $\text{km/s}$ )	4,4	10,9	8,2	5,6	-----
Inclinazione orbitale	$157,3^{\circ}$	$0,21^{\circ}$	$0,51^{\circ}$	$0,33$	-----
Eccentricità	0,000	0,0015	0,007	0,029	-----

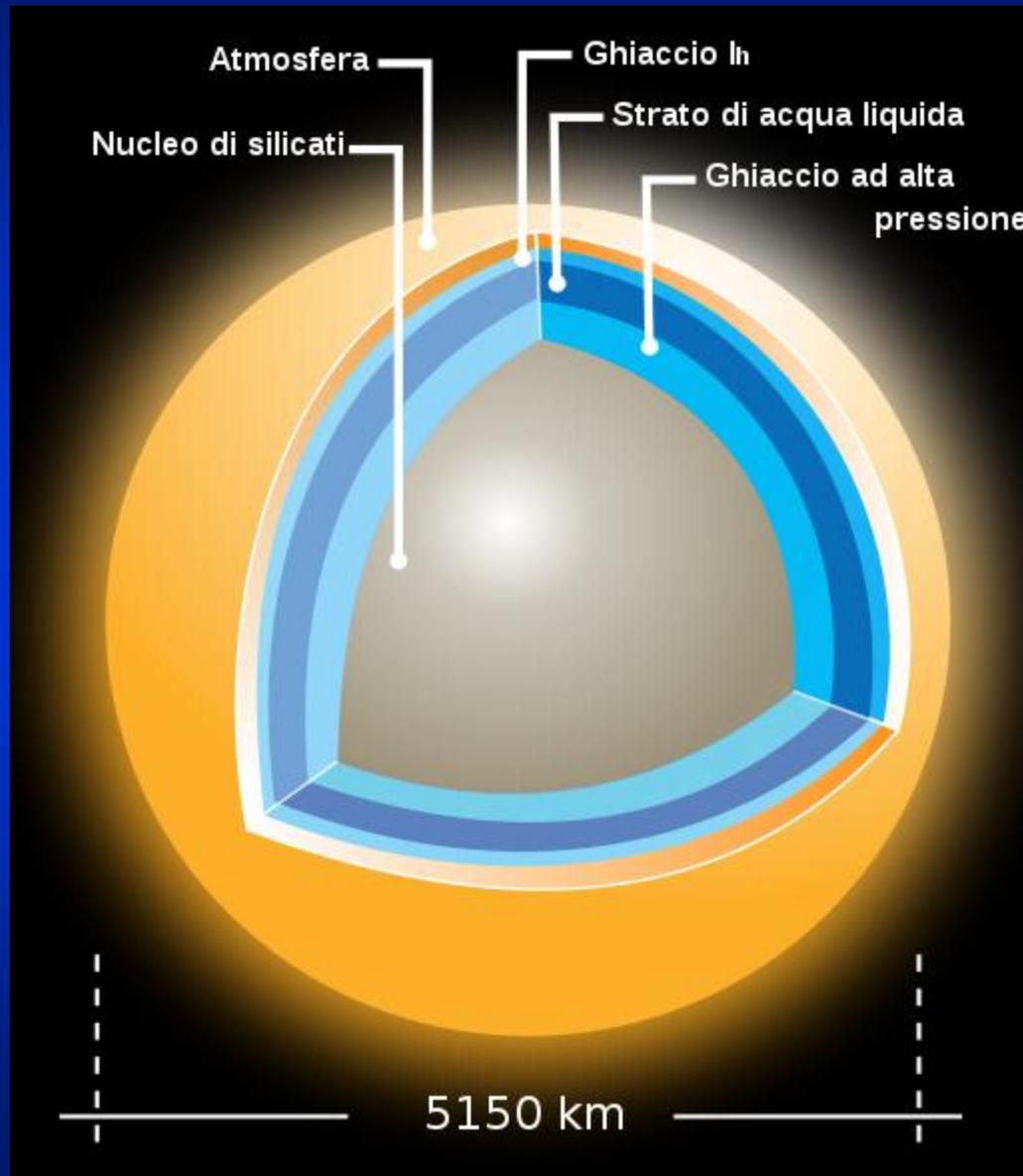
# Titano-L'atmosfera schema probabile della sua struttura verticale



# Reazioni chimiche nell'atmosfera di Titano



# Titano struttura interna



## Titano

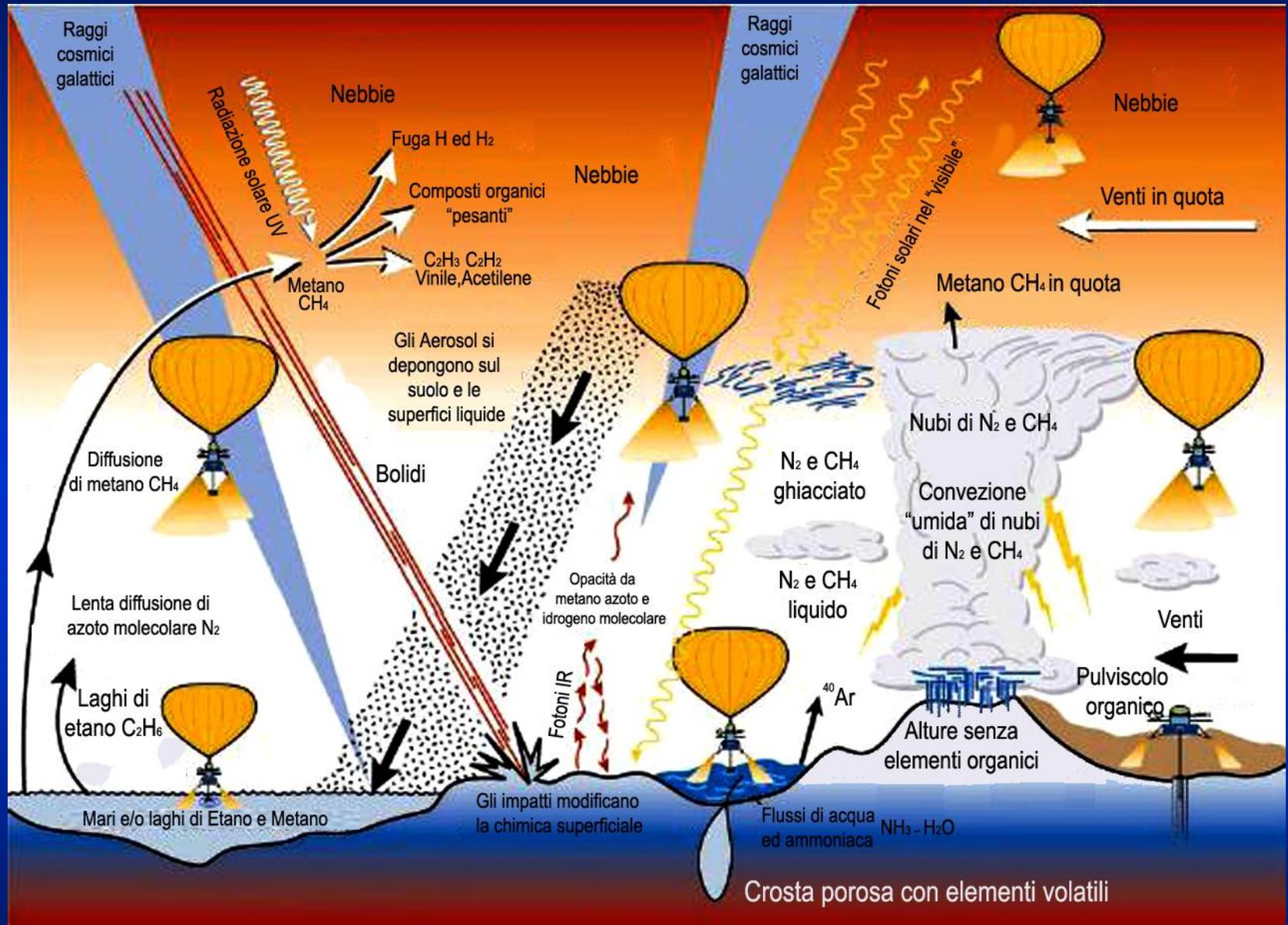
$D=5151 \text{ km}$

$D/D_{Luna}=1,48$

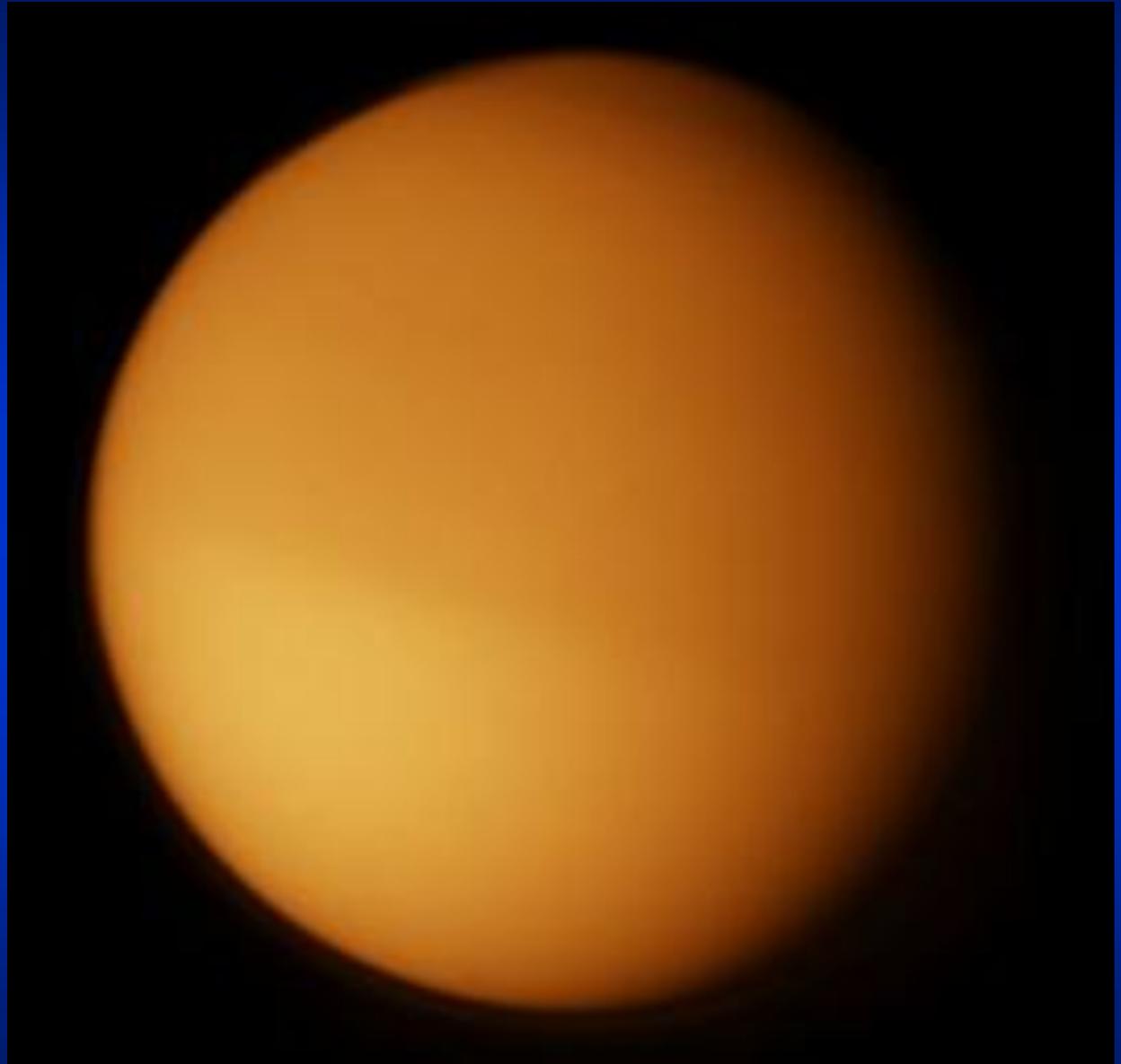
$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=1,84$

# Atmosfera e superficie di Titano



# Titano



Il colore arancione è dovuto alla nebbia prodotta dalla fotolisi del metano

## Titano

$D=5151 \text{ km}$

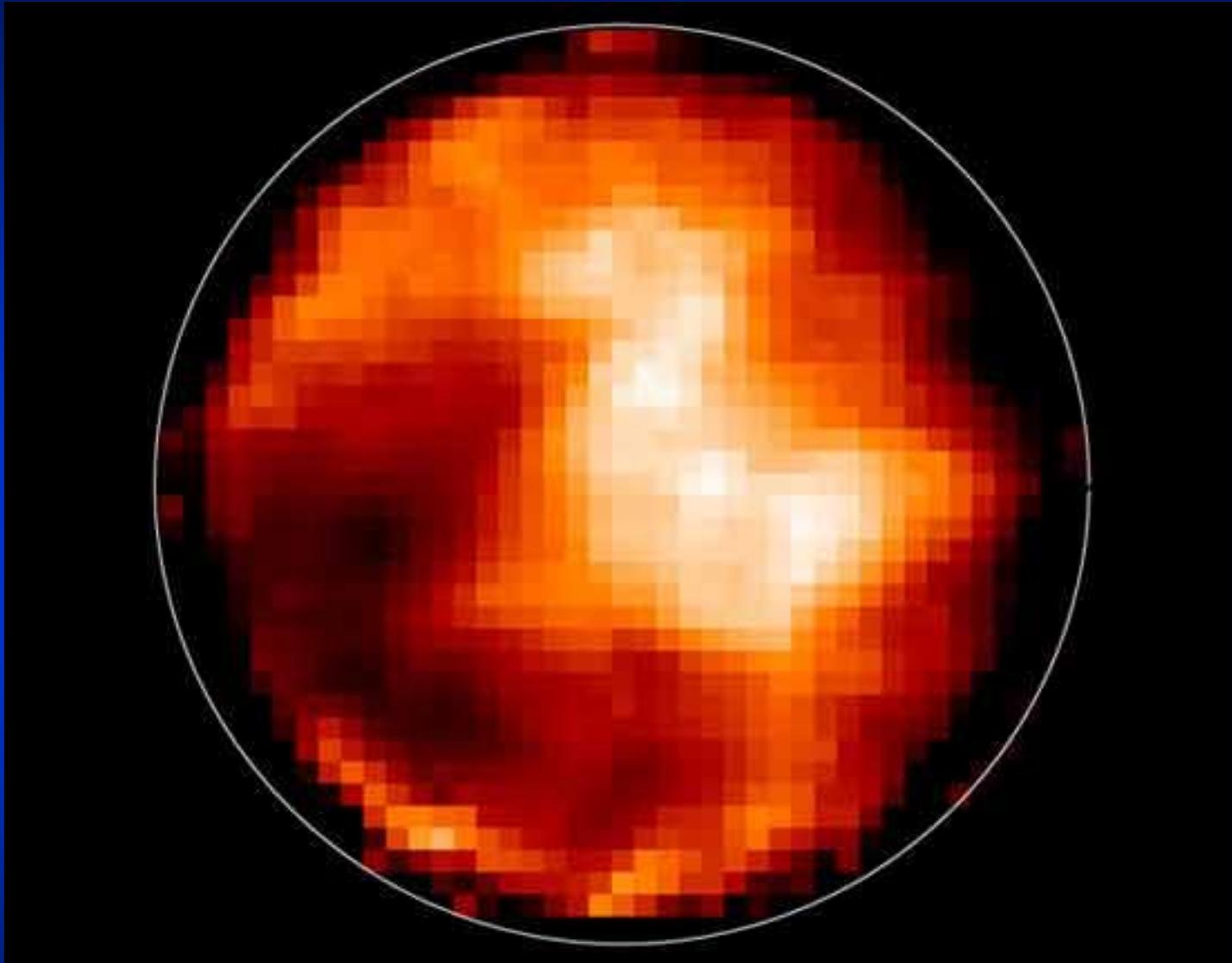
$D/D_{\text{Luna}}=1,48$

$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=1,84$

Sonda Voyager

# Titano



## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

Telescopio Keck di 10 metri di apertura.

# Titano transita su Saturno

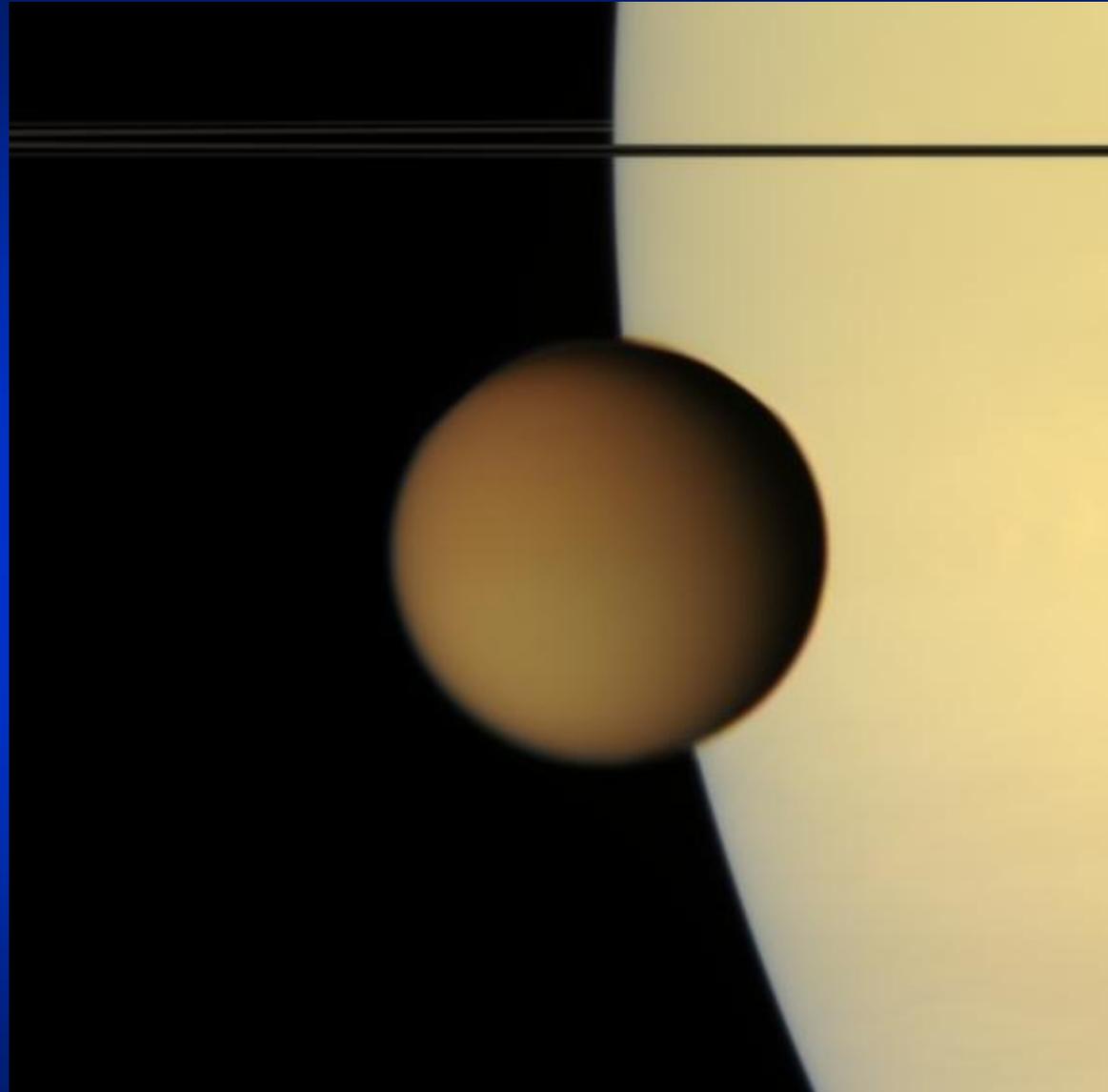


Immagine presa da una distanza di 2,4 milioni km da Titano con una risoluzione di 15 km per pixel.

## Titano

$D=5151$  km

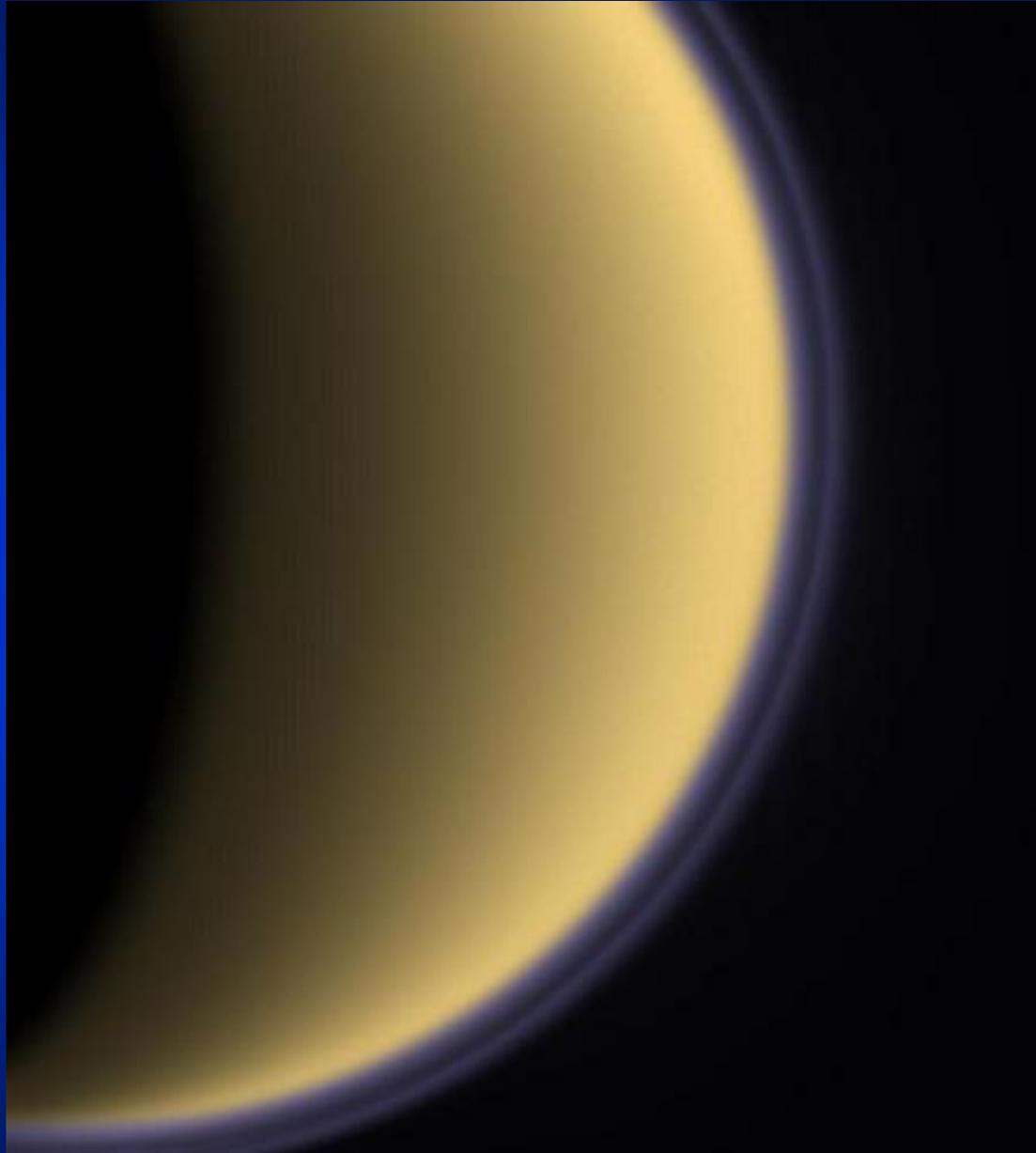
$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

1-8-2007 Sonda Cassini

# L'atmosfera di Titano



Titano

$D=5151 \text{ km}$

$D/D_{\text{Luna}}=1,48$

$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=1,84$

2-7-2004 Sonda Cassini

# Gli strati alti dell'atmosfera di Titano visti dalla sonda Voyager



Immagini degli strati più alti della atmosfera di Titano dalla sonda Voyager il 12 novembre del 1980

## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

1-11-1980 Sonda Voyager

# Gli strati alti dell'atmosfera di Titano



Immagini degli strati più alti della atmosfera di Titano dal Cassini Orbiter- immagine a 338 nanometri nell'U.V.

La sorpresa consiste in una maggiore stratificazione della parte alta dell'atmosfera di Titano.

## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

12-11-1980 Sonda Voyager 1

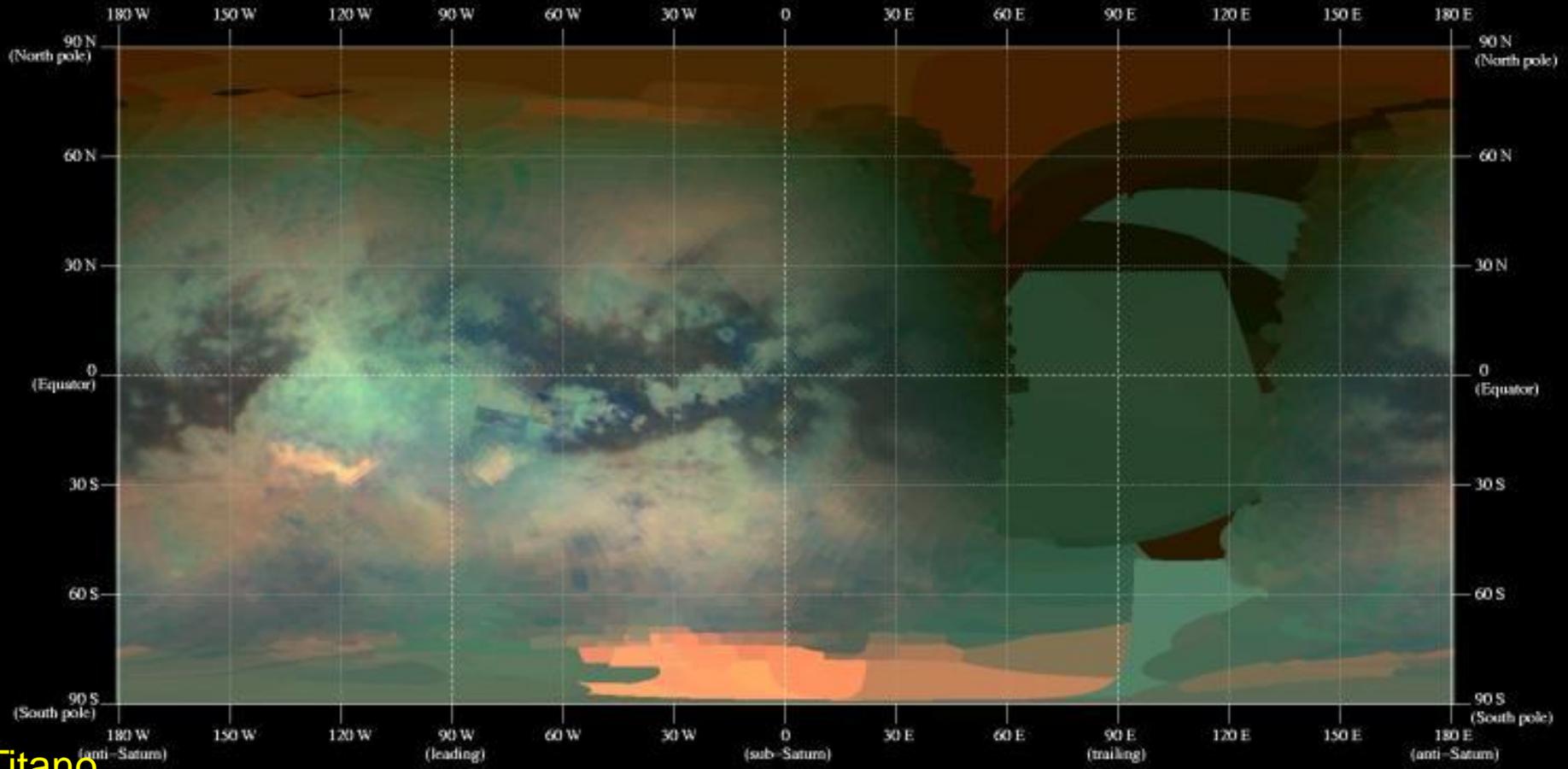
# L'argon nella atmosfera di Titano segnale che Titano è geologicamente attivo



La determinazione della percentuale di Argon (distinguendo tra l'Ar<sup>36</sup> e l'Ar<sup>38</sup> primordiali e l'Ar<sup>40</sup> secondario) nella sua atmosfera era una misura essenziale della missione Cassini-Huygens. L'individuazione nell'atmosfera di Ar<sup>40</sup> indica che Titano è stato interessato da attività vulcaniche che non hanno generato lava, come sulla Terra, ma ghiaccio d'acqua e ammoniaca.

# Mappa infrarossa di Titano

Cassini's Visual and Infrared Mapping Spectrometer Map of Titan from Dec. 26, 2005 (T8) and Jan. 15, 2006 (T9)



Titano

$D=5151 \text{ km}$

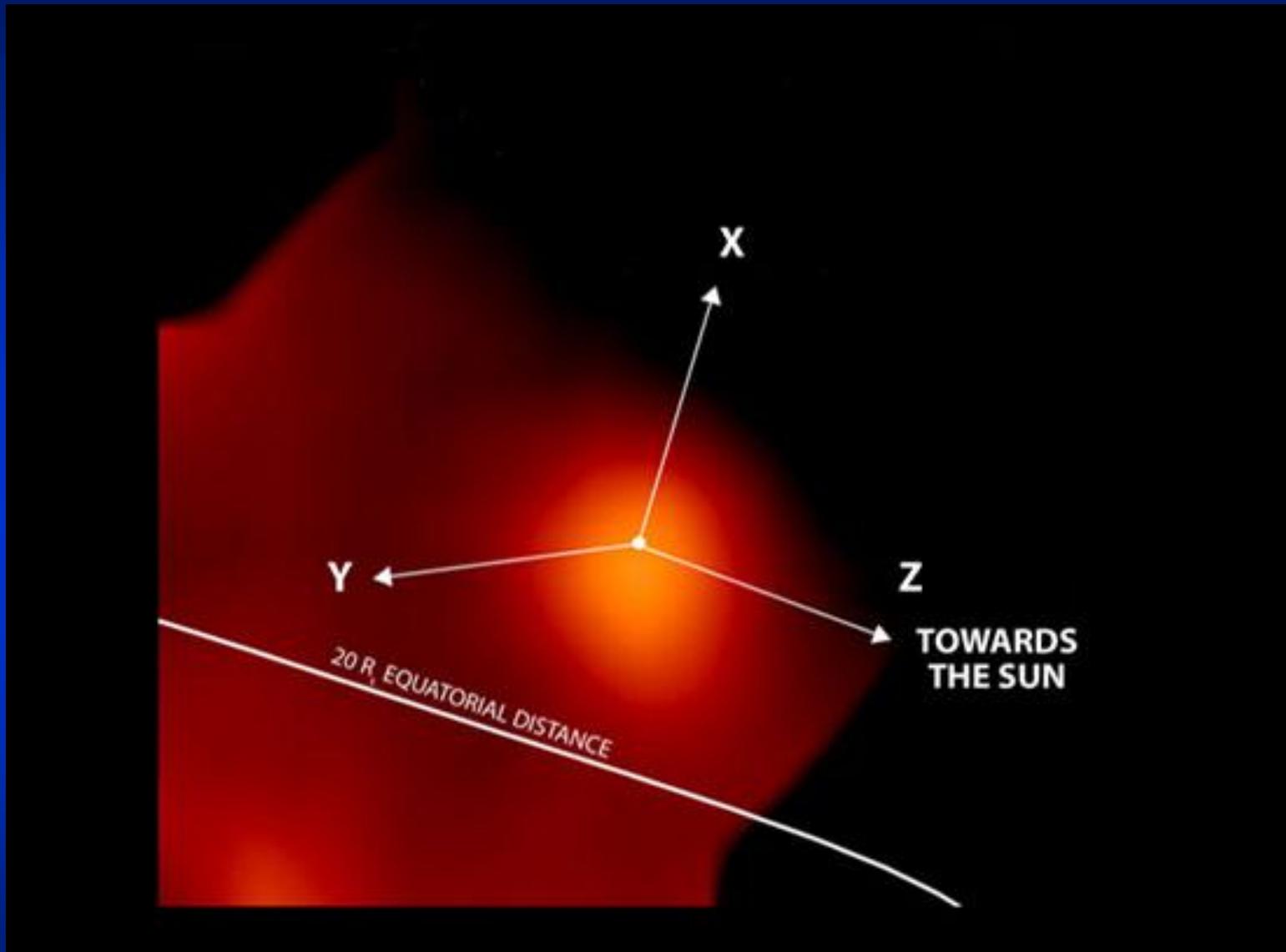
$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{Luna}=1,84$

16-12-2005 Sonda Cassini

# Magnetosferic imaging di Titano



3-7-2004 Sonda Cassini

# Titano

La **regione** chiamata **Xanadu** è quella brillante nel lato destro sulla striscia  
E' una struttura "recente" sprovvista di crateri di impatto.  
Il motivo di questa attività recente non è ancora chiaro

Immagine presa da una distanza variabile tra 650000 e 300000 km con una risoluzione di 4 km per pixel.

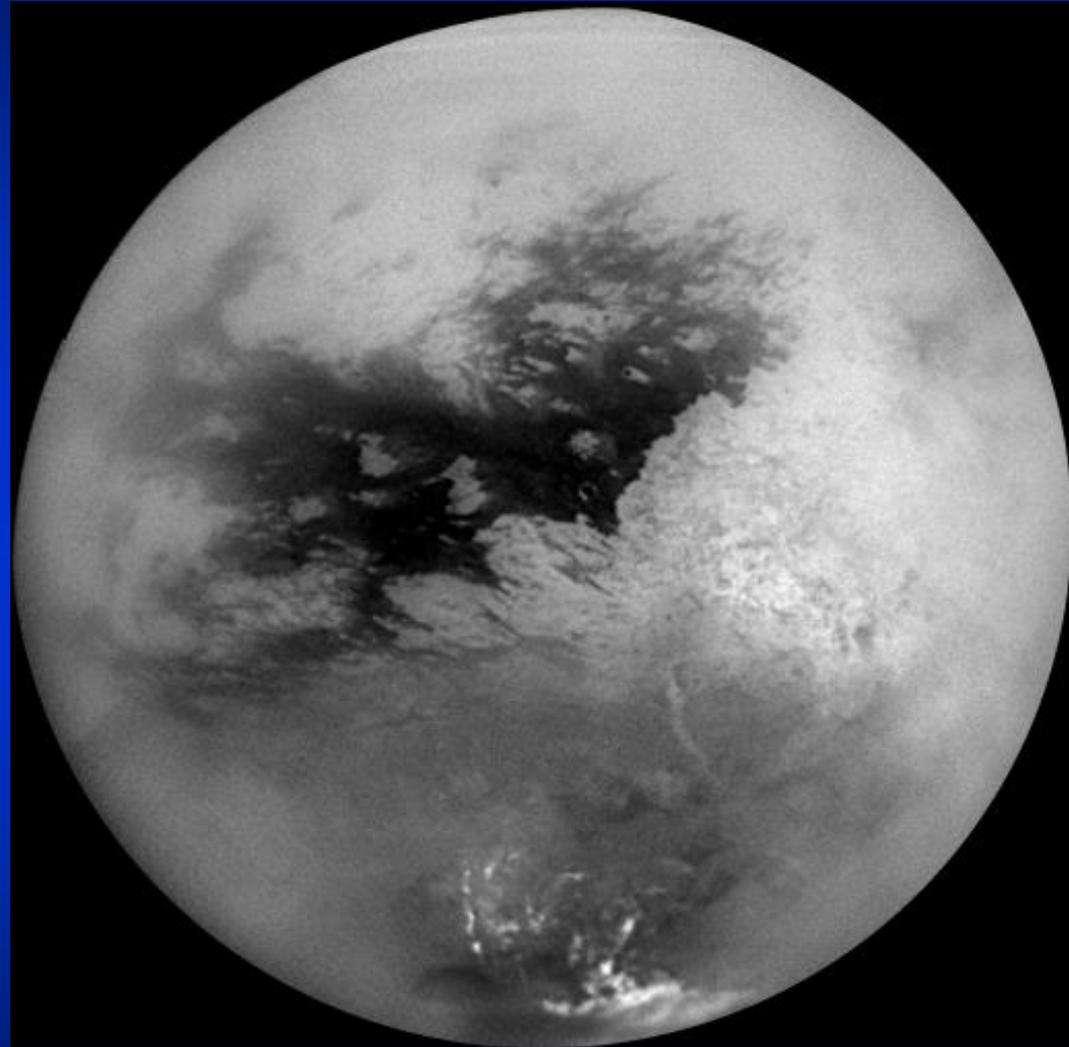
## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$



26-10-2004 Sonda Cassini

# Nubi sopra Titano-mappa visuale ed IR

## Titano

$D=5151 \text{ km}$

$D/D_{\text{Luna}}=1,48$

$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=1,84$

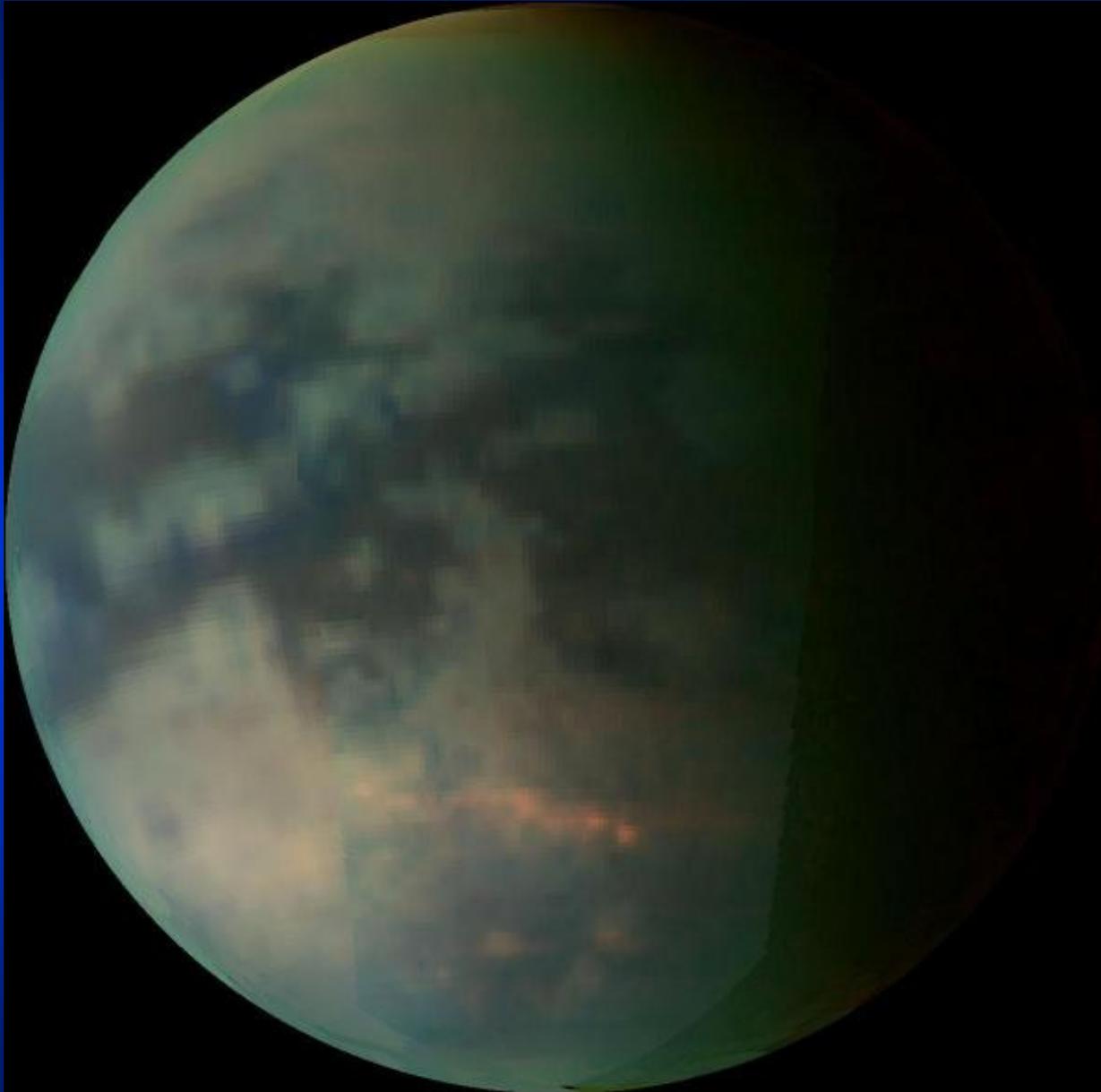
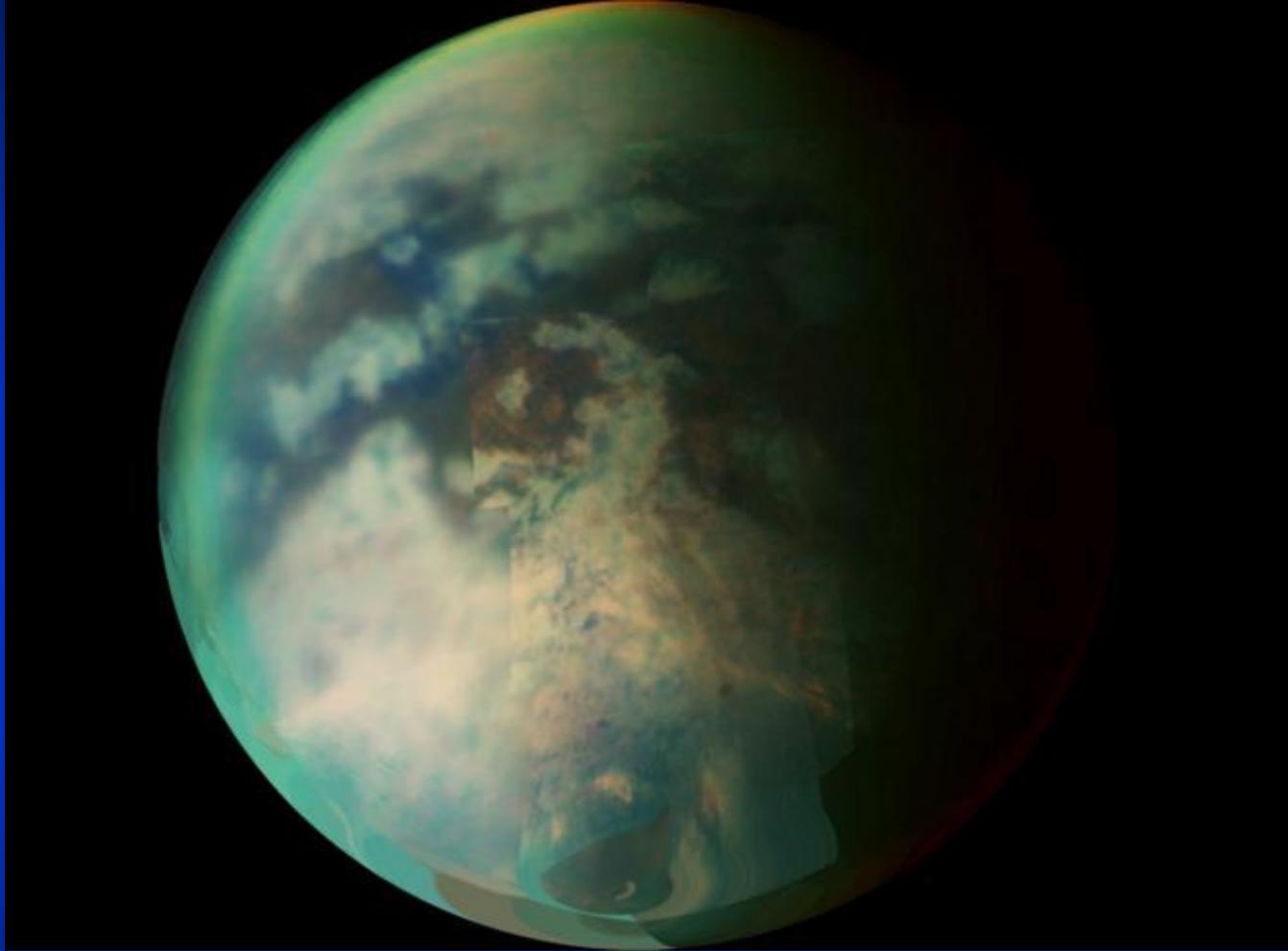


Immagine con tre filtri infrarossi : rosso a 5 micron, verde a 1,2 micron e blu a 2 micron. Immagine da 160000 km da Titano

22-7-2006 Sonda Cassini

# Titano infrarossa



## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

Dal 19 al 25-11-2006 Sonda Cassini

# Titano

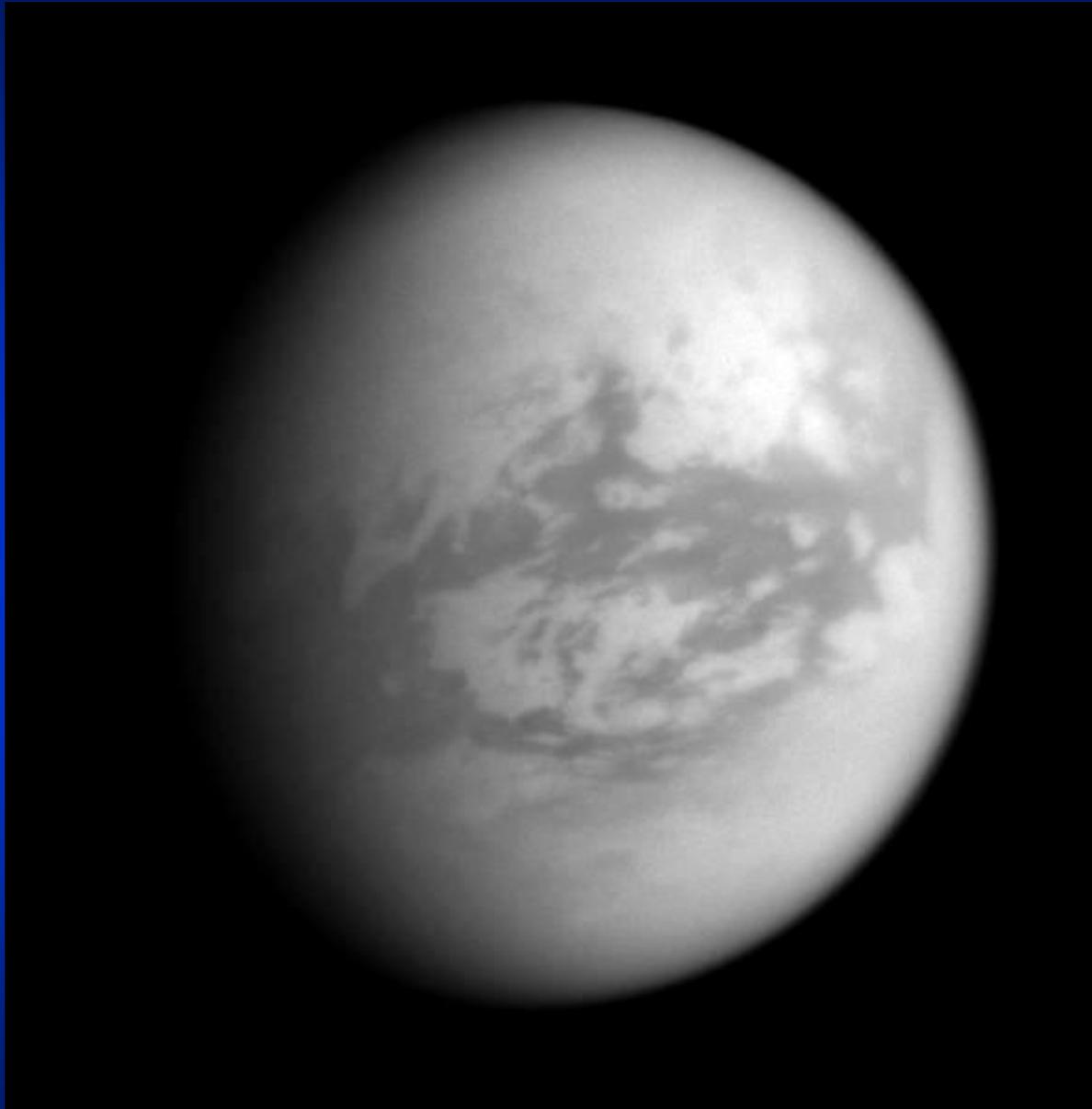


Immagine da  
115000 da  
Titano con  
risoluzione di  
7 km per pixel

## Titano

$D=5151$  km

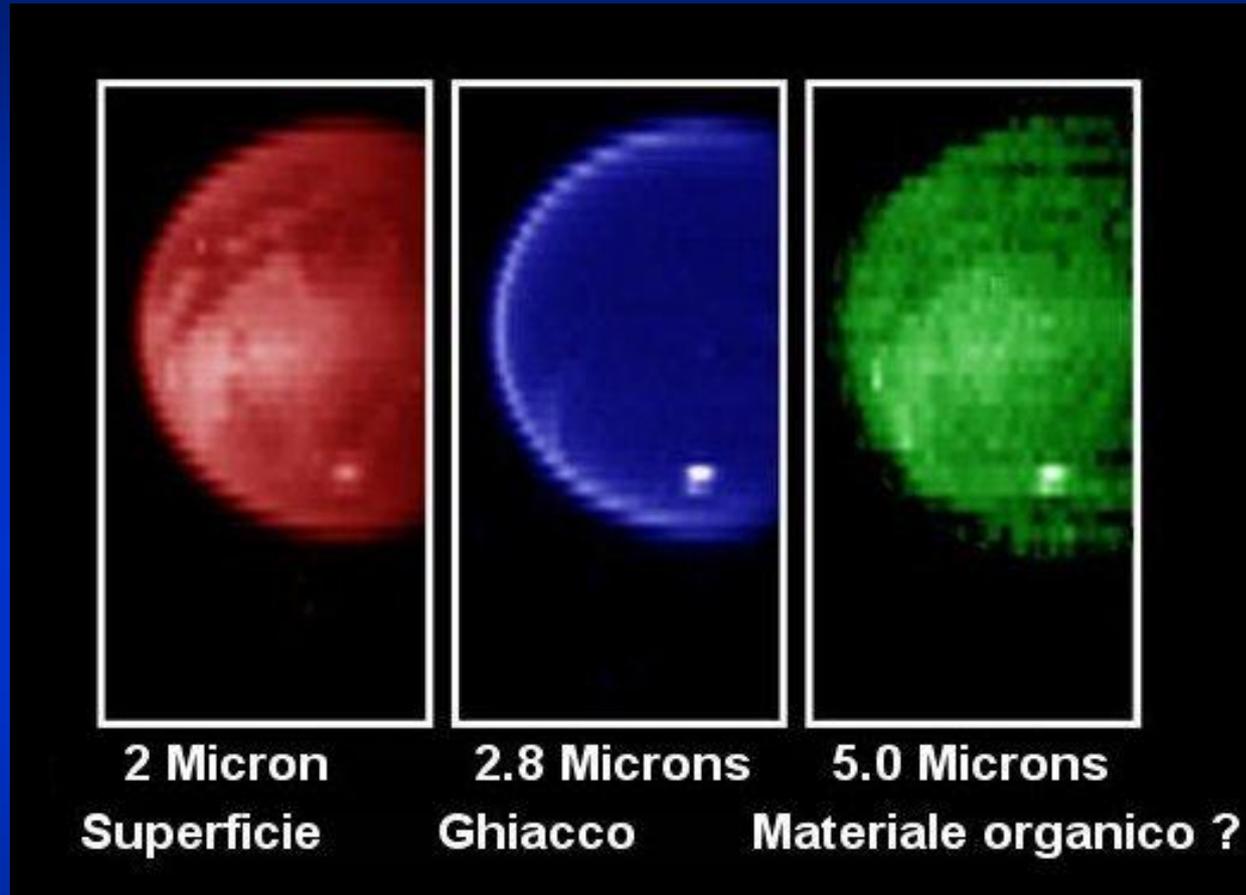
$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

19-11-2007 Sonda Cassini

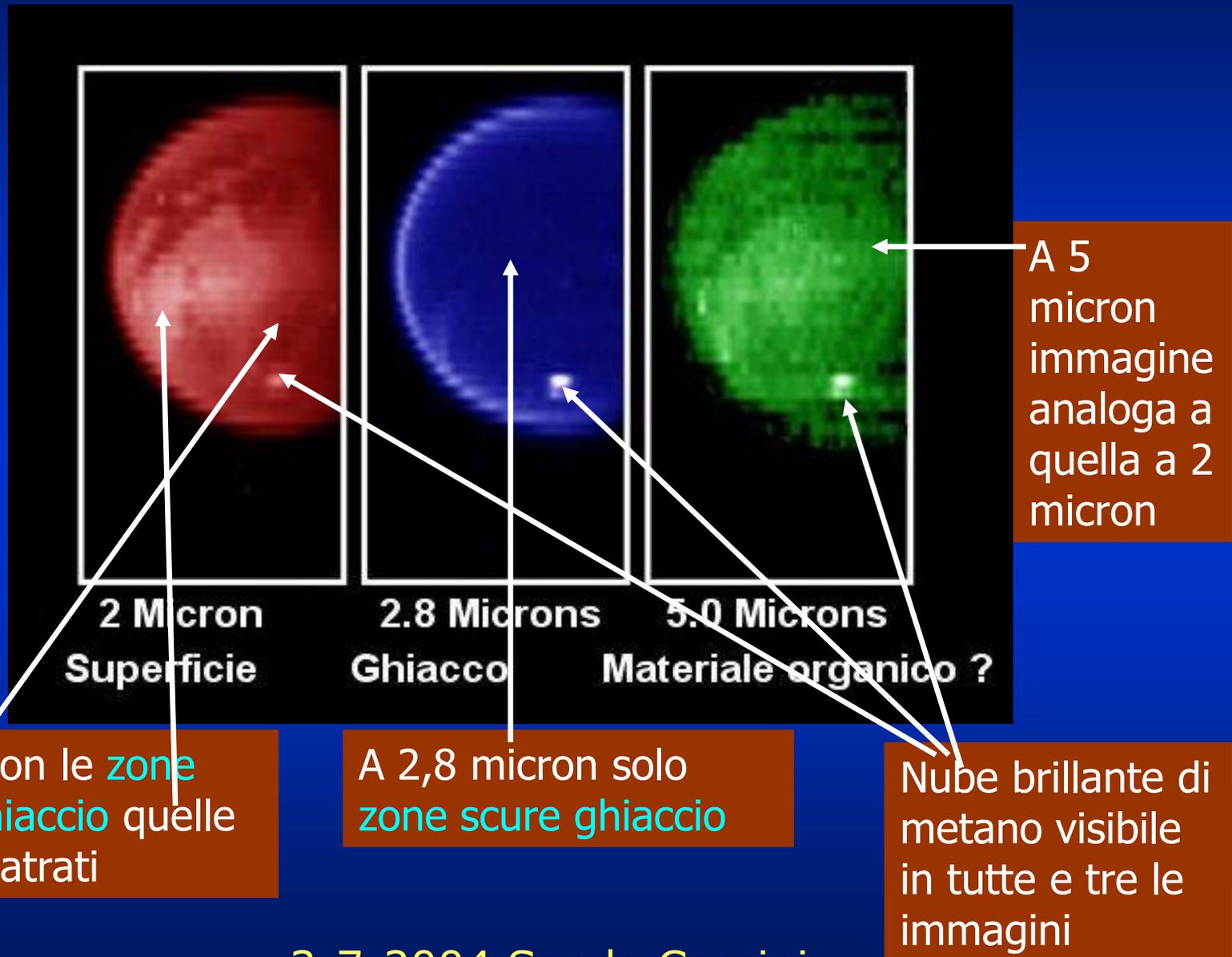
# Si penetra l'atmosfera di Titano



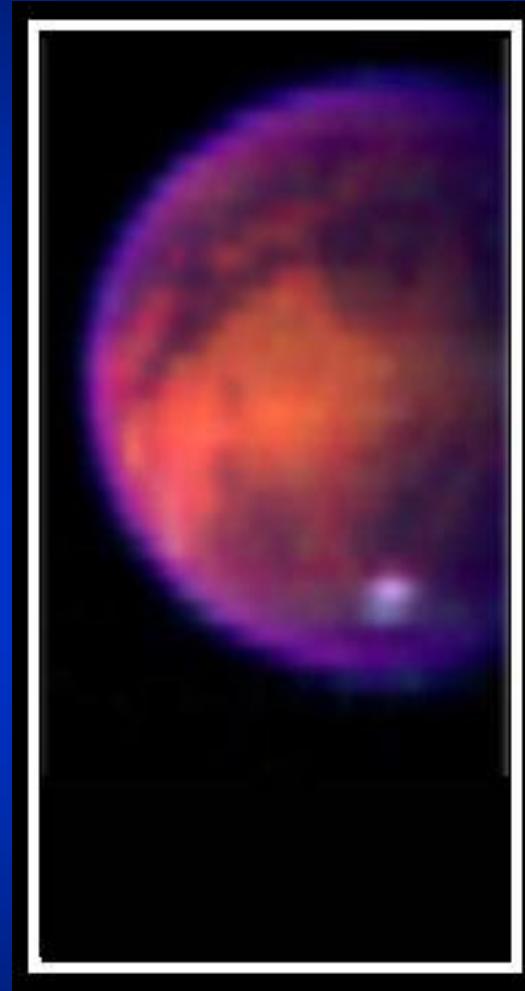
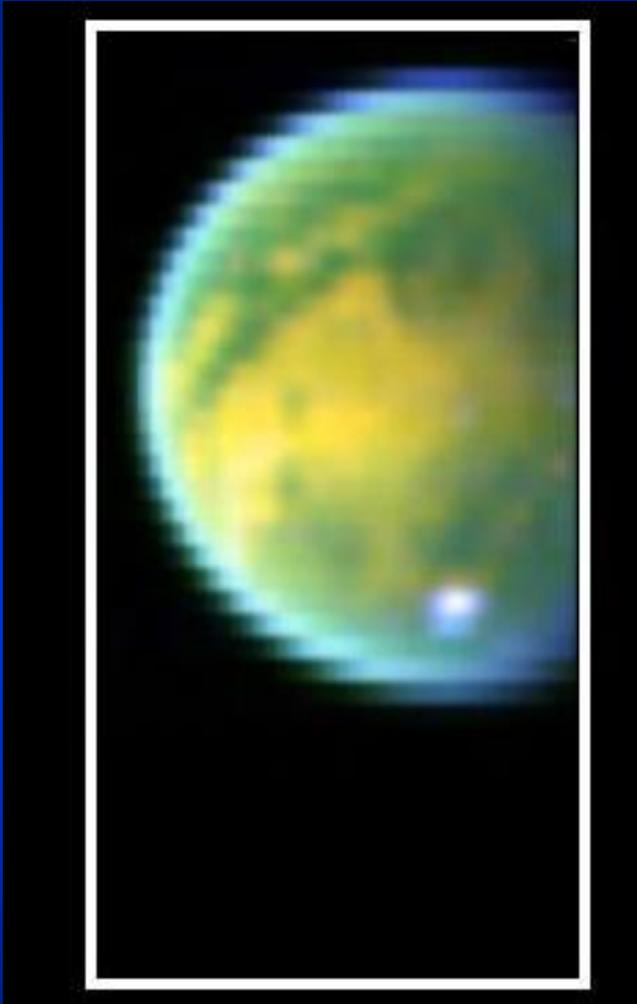
Queste immagini di Titano della sonda Cassini suggeriscono che non esista un unico oceano ma una serie di mari, laghi e fiumi di Idrocarbonati (etano e metano) con letti di ghiaccio ed anidride carbonica ghiacciata

3-7-2004 Sonda Cassini

# Si penetra l'atmosfera di Titano

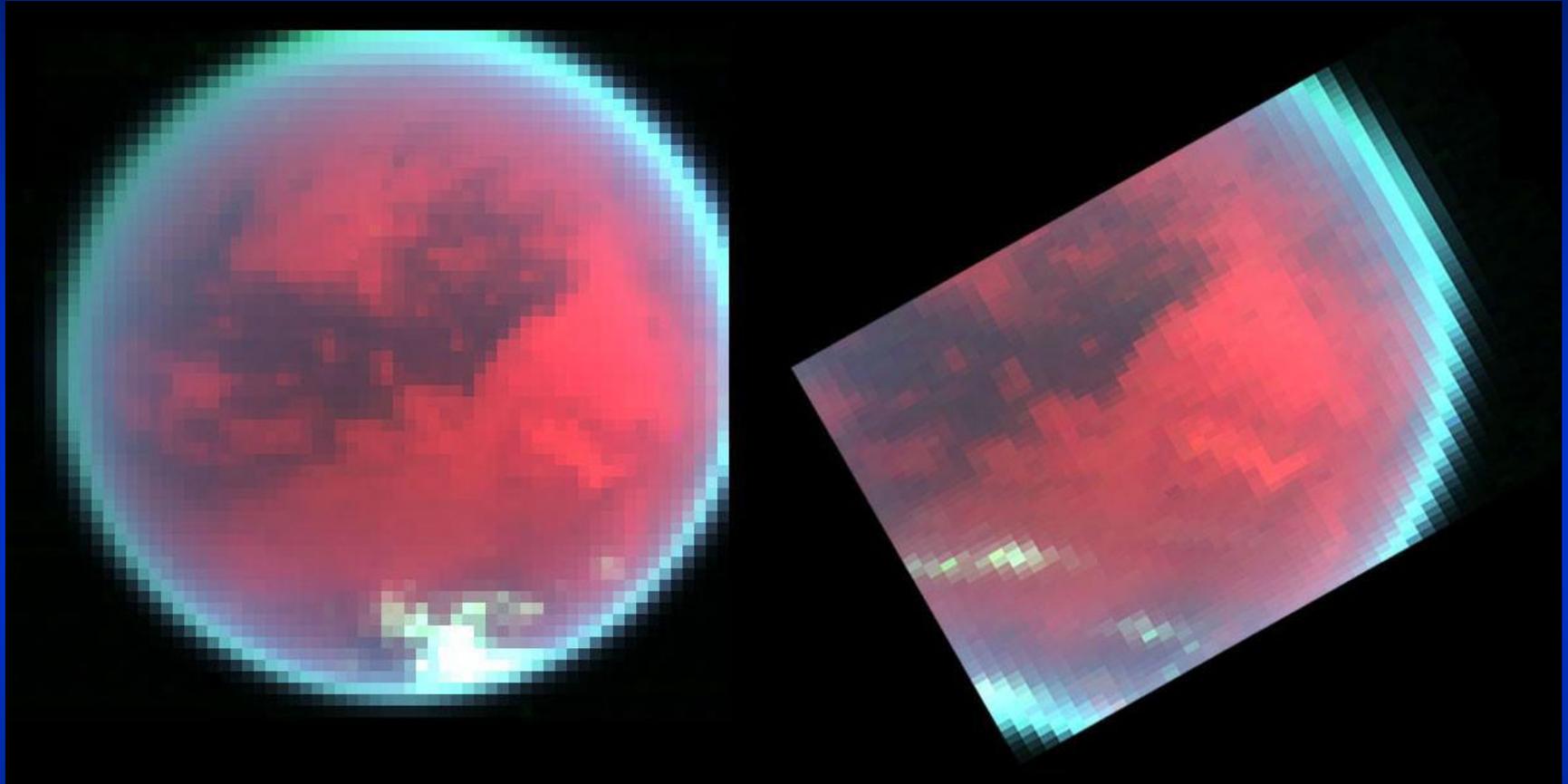


# Nubi di metano sulla superficie di Titano



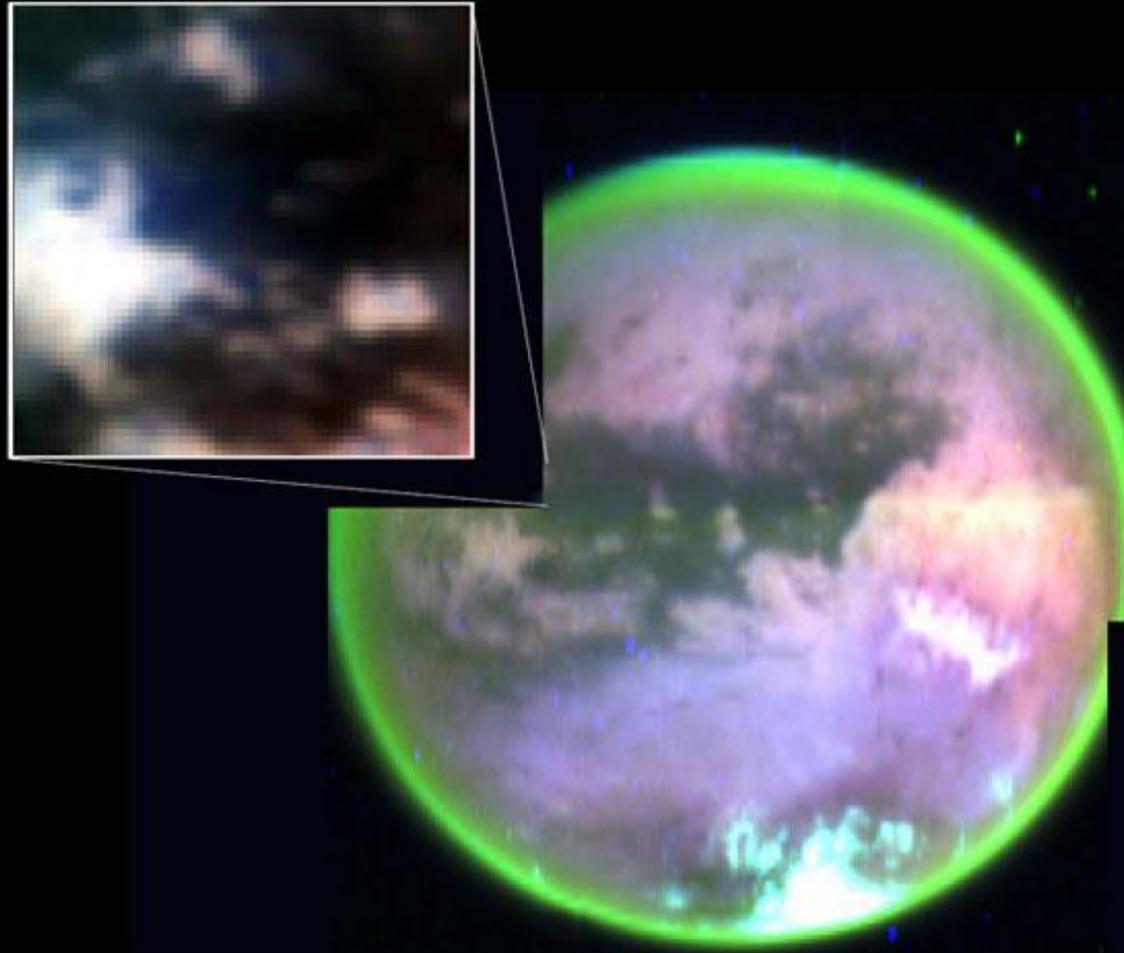
3-7-2004 Sonda Cassini

# Evoluzione di strutture nell'atmosfera di Titano



13-12-2004 Sonda Cassini

# La zona di atterraggio del modulo Huygens



Titano

$D=5151 \text{ km}$

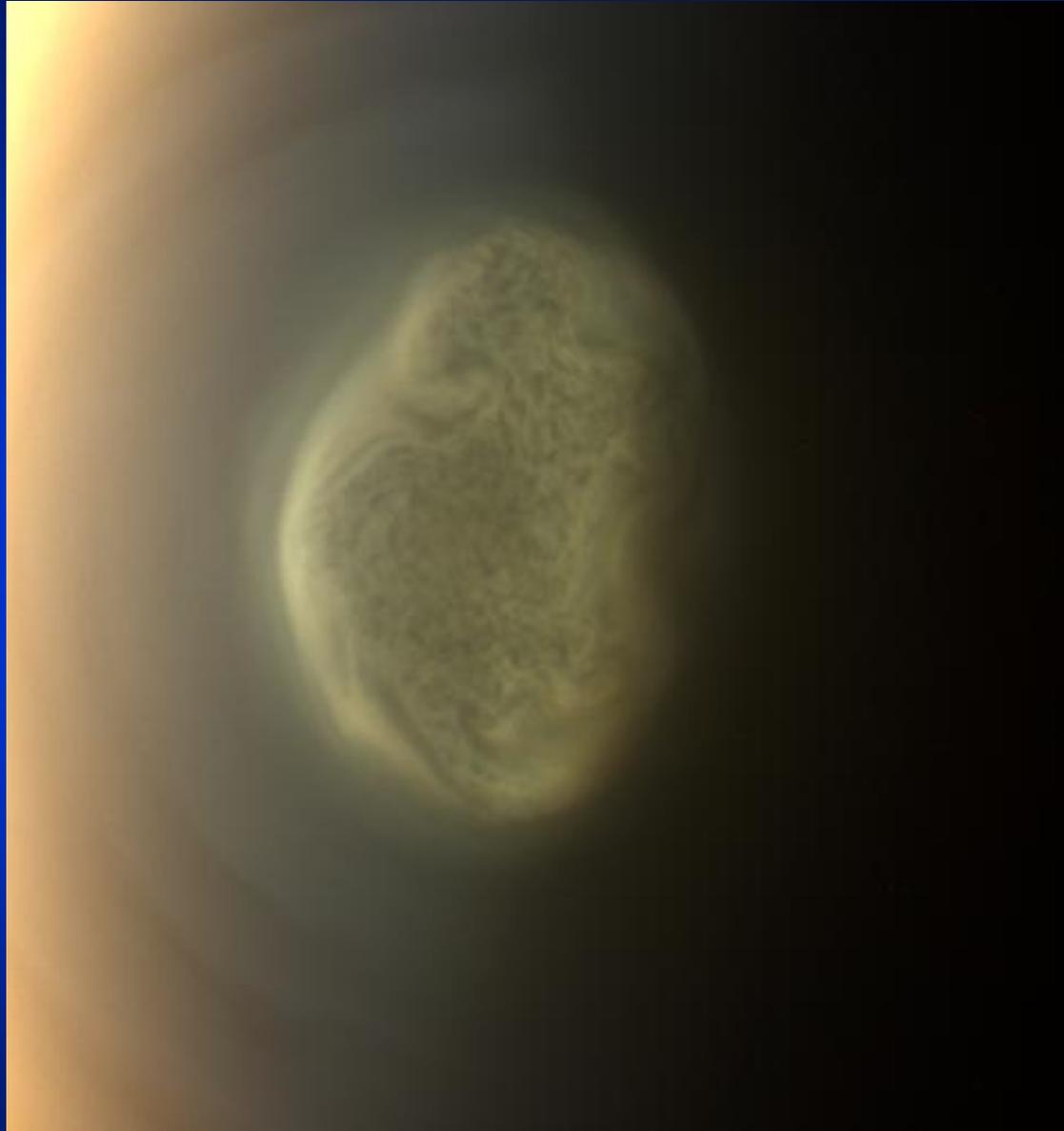
$D/D_{\text{Luna}}=1,48$

$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

$M/M_{\text{Luna}}=1,84$

Sonda Cassini

# Vortice nell'atmosfera di Titano al Polo Sud

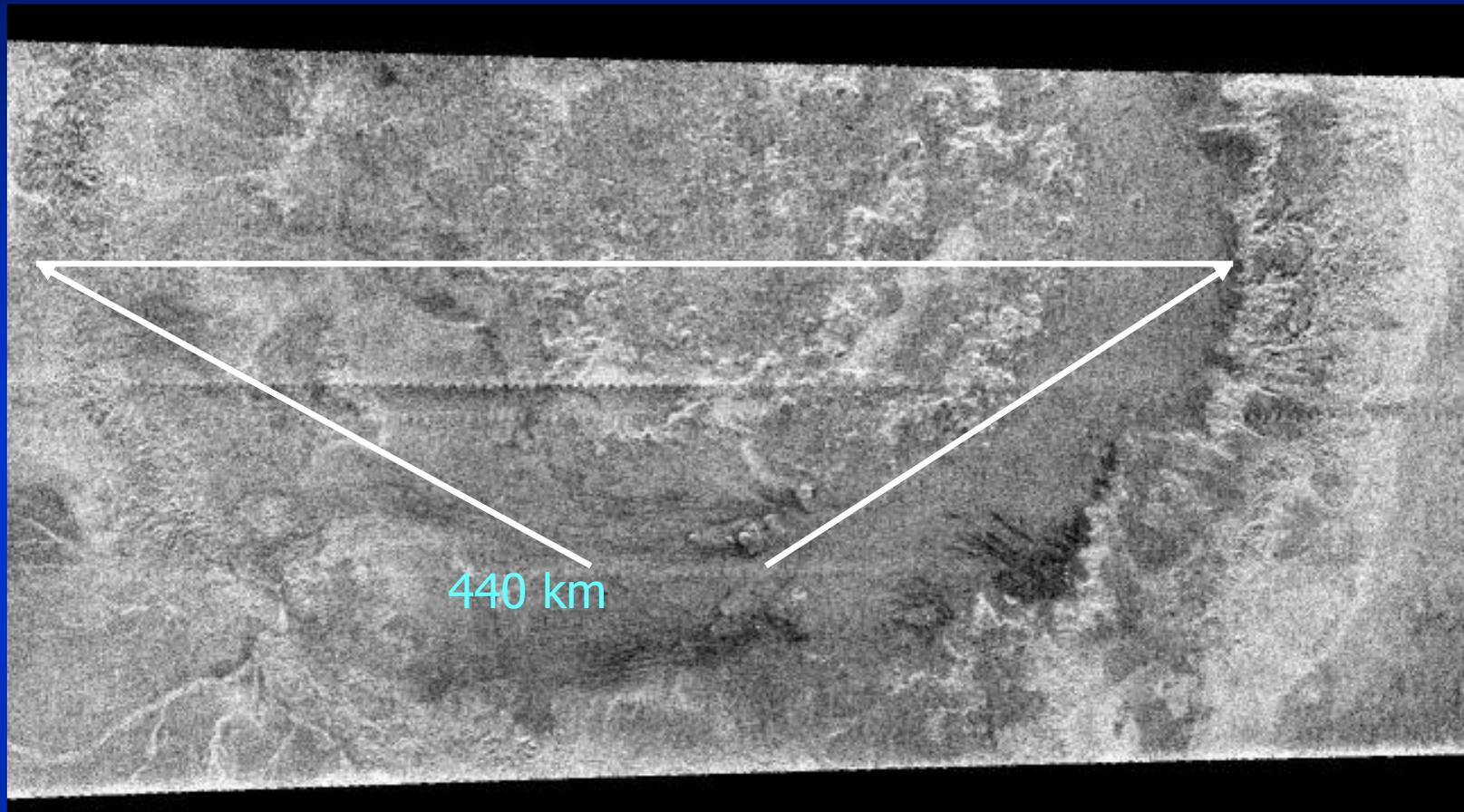


27-6-2012 Sonda Cassini

# Titano

1. Titano ha un ciclo del metano simile a quello idrologico della Terra
2. I “liquidi” coprono l’1,1 % della superficie in analogia al 2,7 della superficie terrestre coperti da laghi e pozze.
3. Il livello dei fluidi nei laghi Kraken, Ligeia Punga e Maria sembra uniforme suggerendo che vi siano dei collegamenti tra di essi.
4. I bacini lacustri di Titano hanno una composizione prevalentemente di metano che non sembra essere la sorgente della sintesi per produrre l’etano
5. Il volume complessivo di “laghi” e “mari” di Titano è ( $\sim 70,000 \text{ km}^3$ ) pari ad  $1/6$  del volume di metano in atmosfera
6. Al sorgere del Sole nel Polo Nord di Titano si osservano variazioni nei laghi e nei mari del satellite
7. Se fossero presenti in questi laghi e mari dei microorganismi sarebbero soggetti ad una biochimica completamente diversa da quella terrestre ma anche di quelle di Marte, Europa ed Encelado in cui predomina l’acqua.
8. Biochemical processes on Titan must overcome significant challenges, including low solubility and low available kinetic energy, which severely limit potential metabolic pathways.

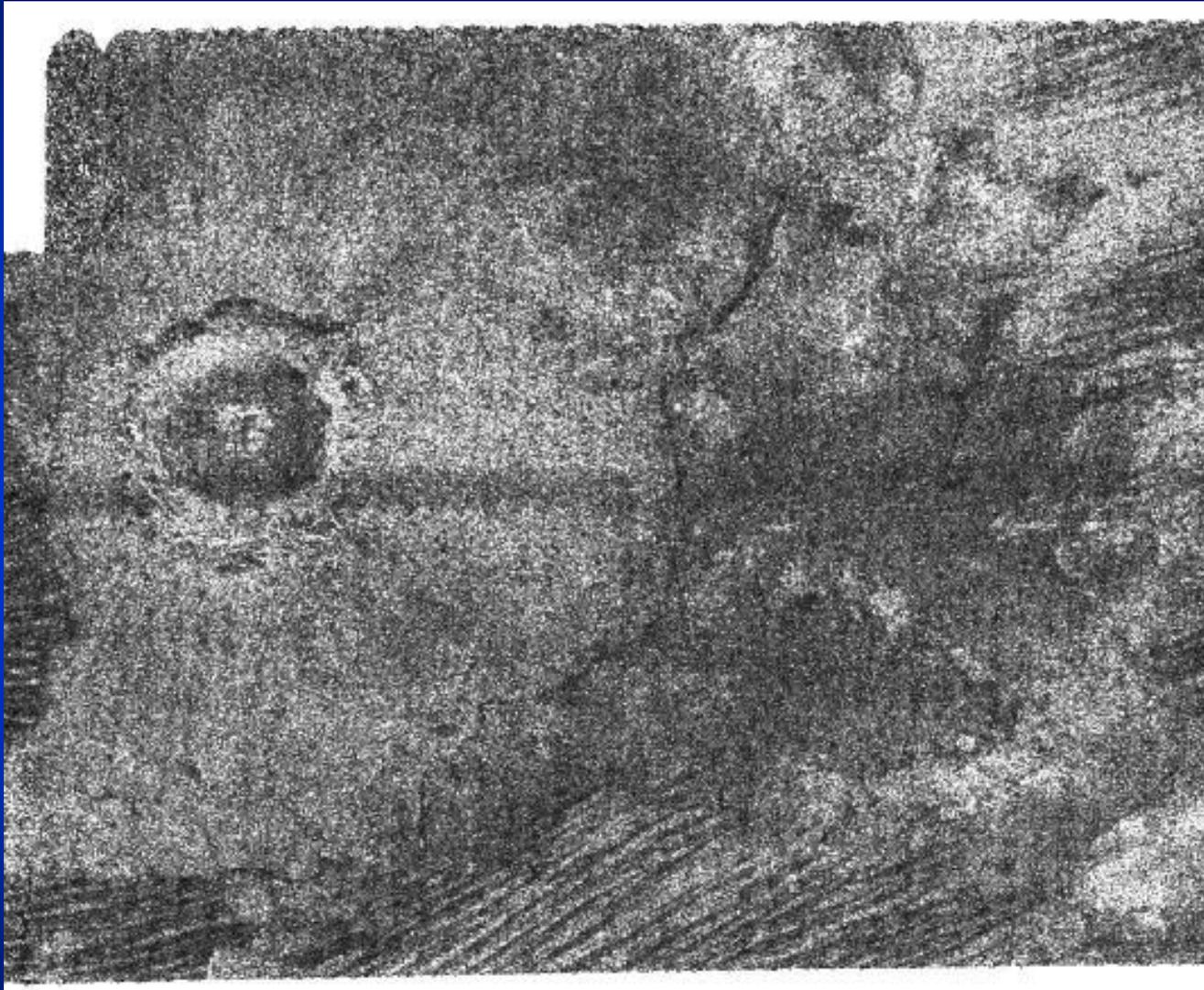
# Crateri di impatto - Circus Maximus



Immenso cratere di impatto del diametro di  $\sim 440$  km -Cassini Orbiter  
15 febbraio 2005 3 ° fly-by mappa radar - E` la prima struttura di  
impatto osservata sulla superficie di Titano !

Sonda Cassini

# Crateri di impatto su Titano



Si noti il cratere di impatto di circa 30 km di diametro. Immagine 150x190 km con risoluzione 500 m per pixel.

## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

7-9-2006 Sonda Cassini

# Cratere di impatto sulla superficie di Titano

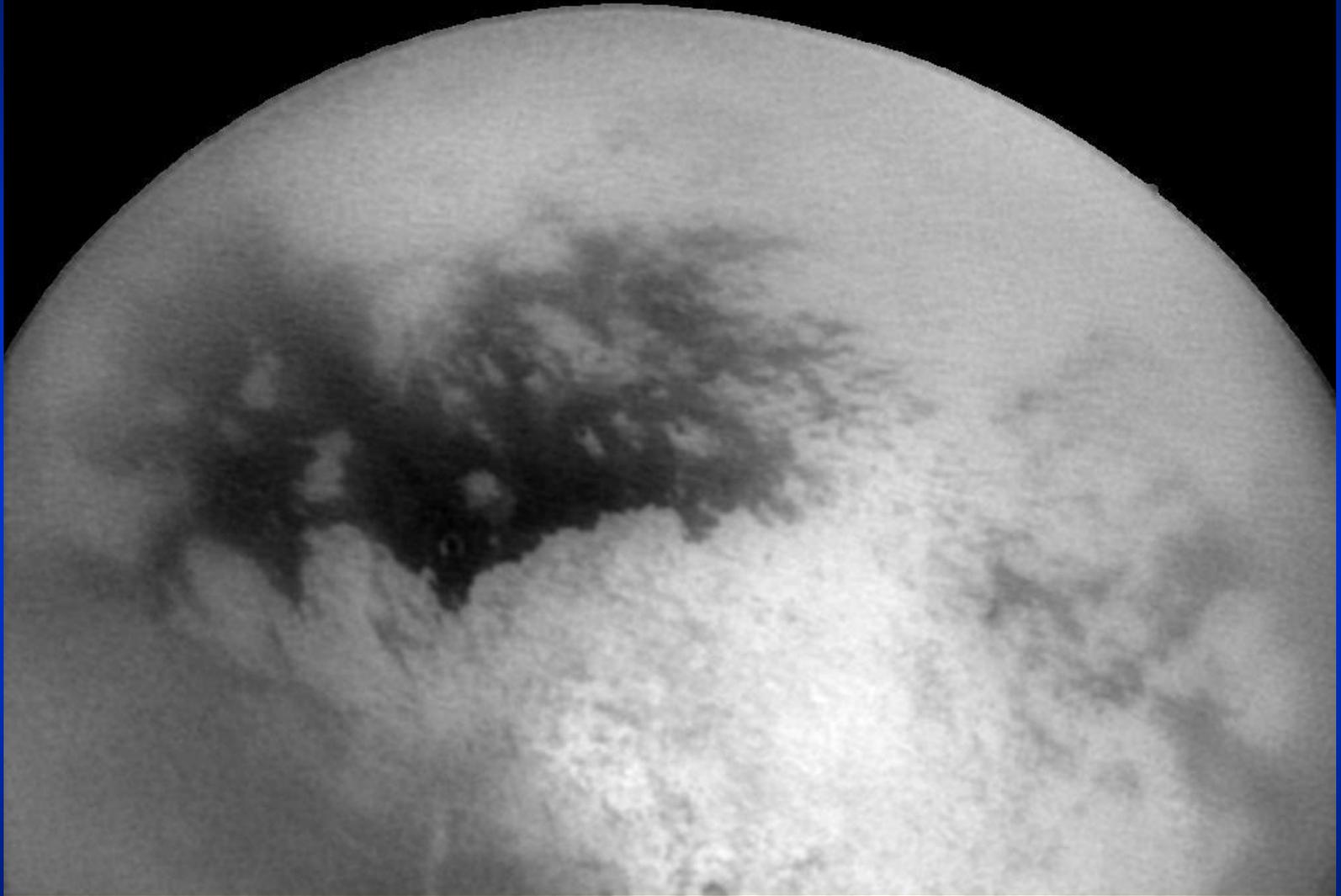


Diametro cratere 60 km

La distribuzione asimmetrica del materiale espulso nell'impatto suggerisce l'effetto di venti atmosferici poco dopo l'impatto

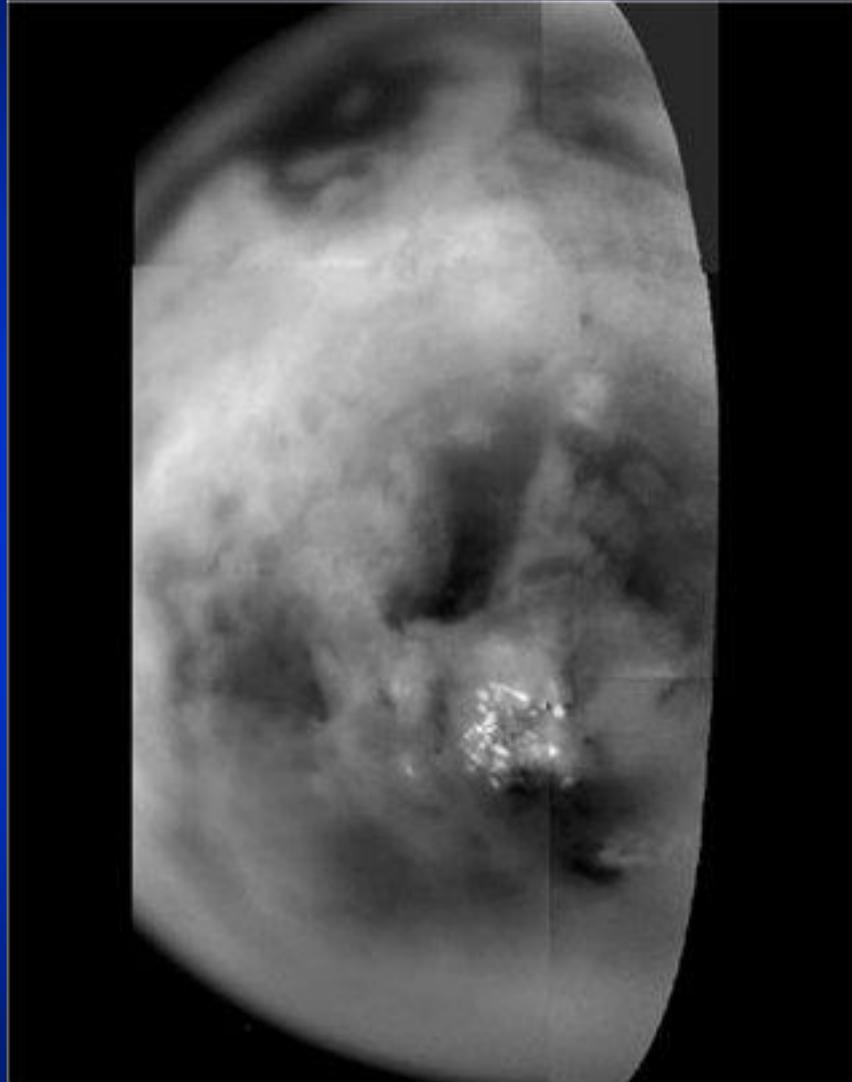
La sonda Cassini il 15 febbraio 2005 riprende sulla superficie di Titano questo cratere di impatto causato da una cometa o un asteroide di 5-10 km di diametro

# Titano regione Xanadu



11-12-2004 Sonda Cassini

# Superficie di Titano



3-7-2004  
Sonda Cassini

# Laghi sulla superficie di Titano

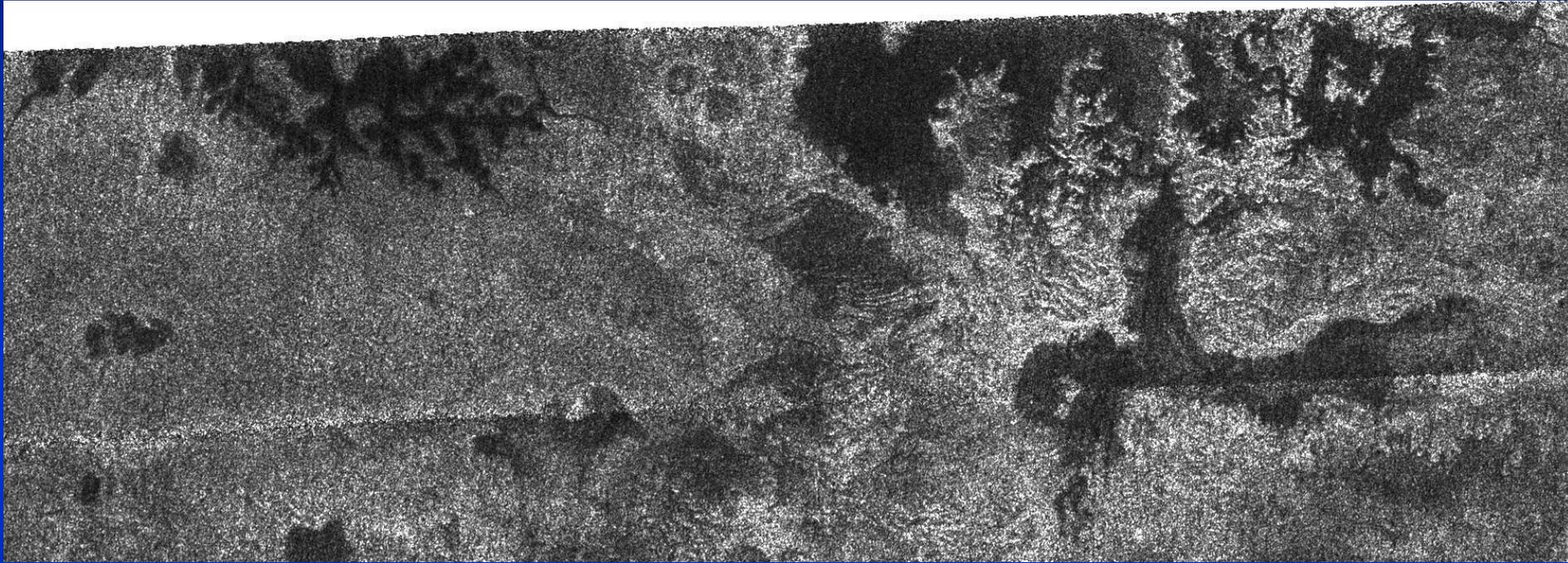
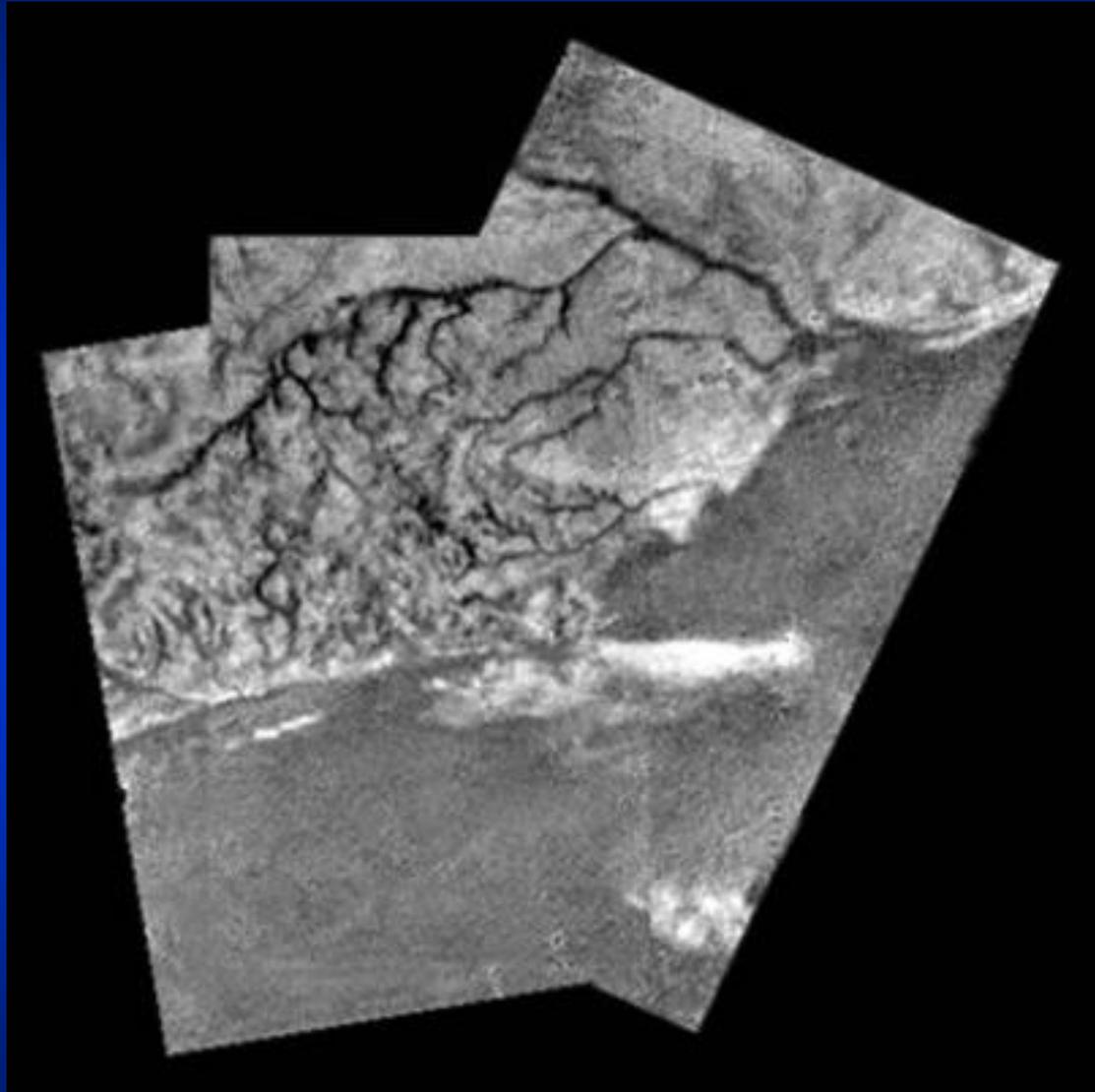


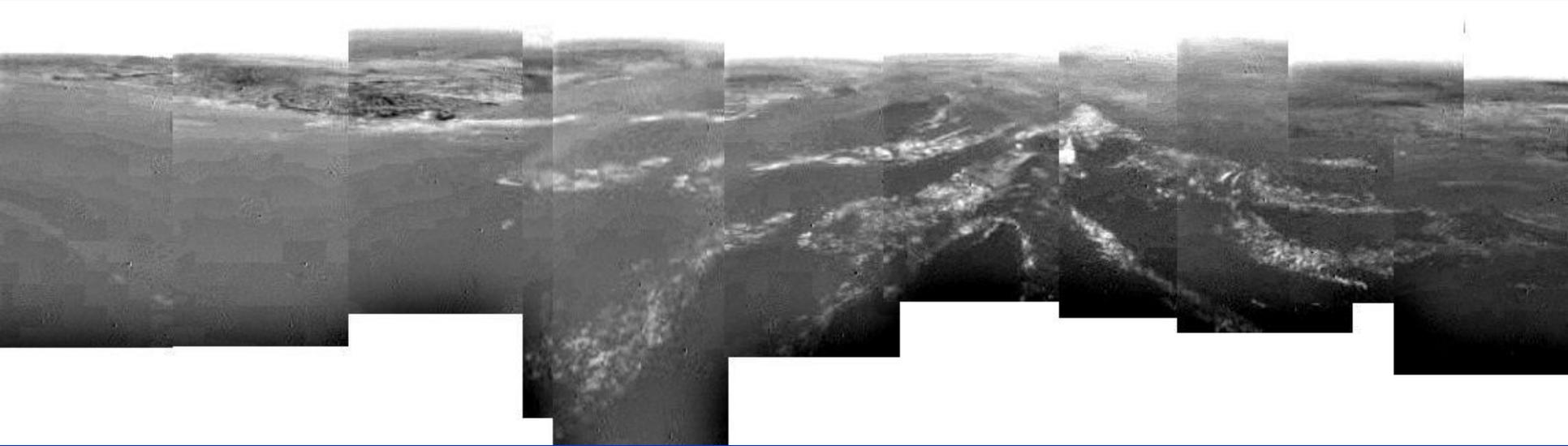
Immagine centrata ad  $80^\circ$  di latitudine nord e  $357^\circ$  longitudine ovest. La zona si estende per  $310 \times 100$  km. Dettagli più piccoli misurano circa 500 m. Ci sono diversi laghi di metano ed etano.

# Sulla superficie di Titano



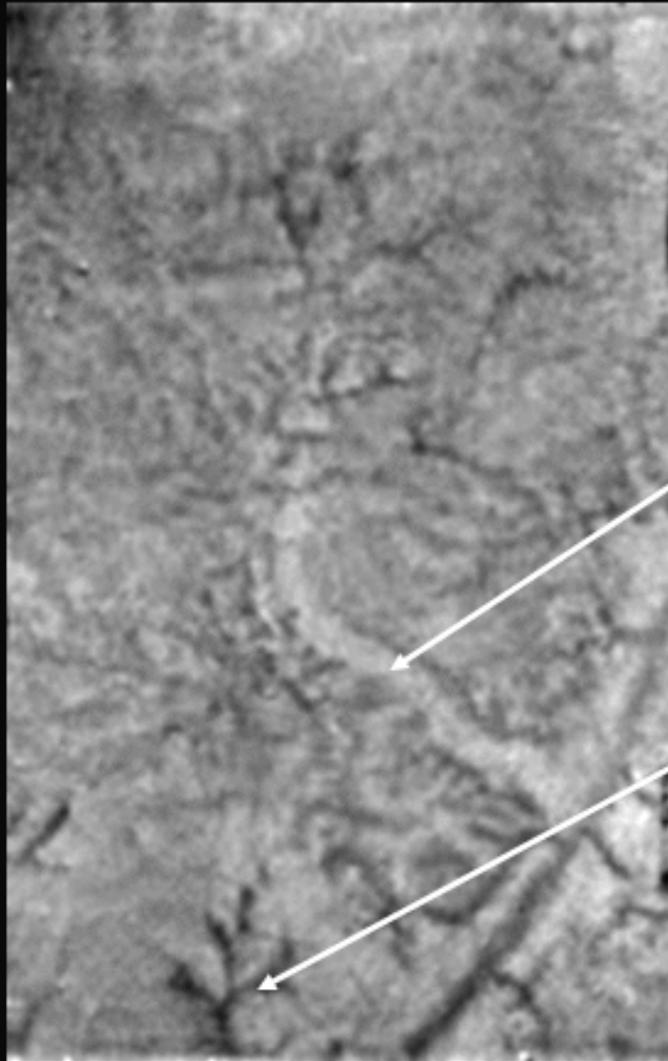
Sonda Cassini

# Immagine composta della superficie di Titano



Sonda Cassini

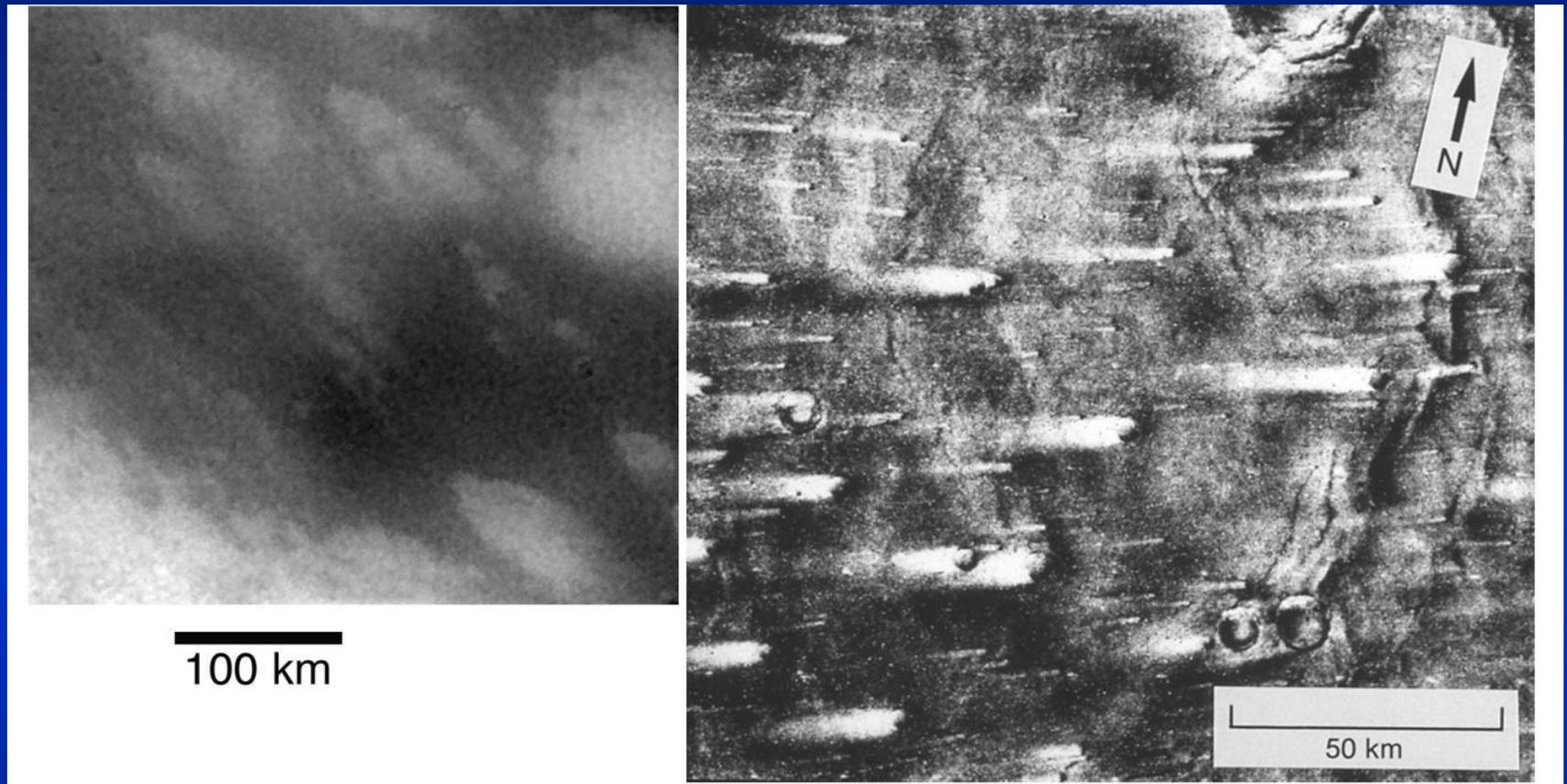
# La superficie di Titano



La struttura brillante "lineare" suggerisce la presenza di una area in cui il ghiaccio di acqua è stato espulso sulla superficie.

I canali più scuri potrebbero essere invece a "sorgenti" di metano liquido piuttosto che piogge di metano

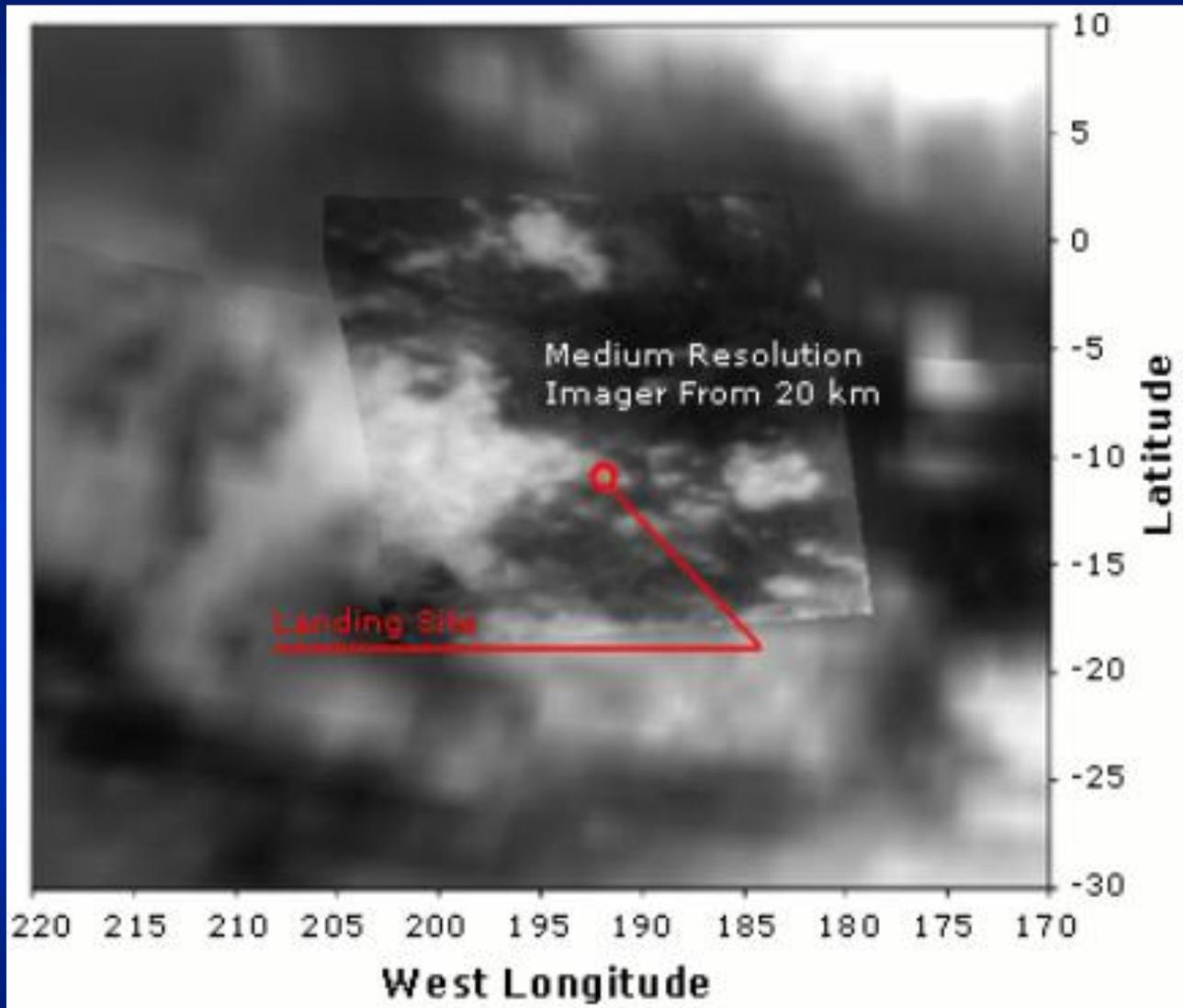
# Confronto tra le superficie di Titano e quella di Marte



Titano 26-10-2004 Sonda Cassini

Marte sonda Viking

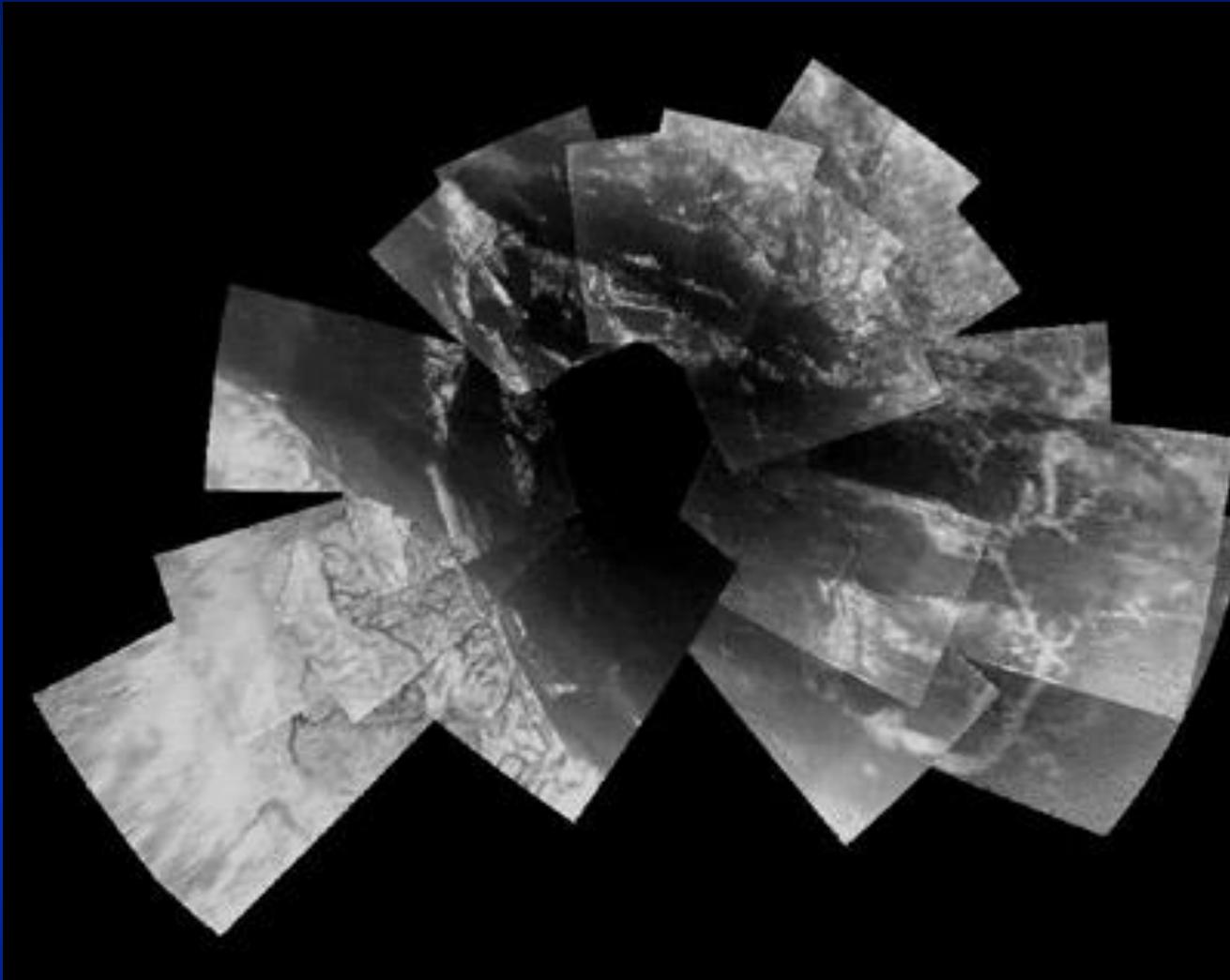
# Punto di discesa del modulo Huygens su Titano



Modulo Huygens

# Discesa ed atterraggio del modulo Huygens sulla superficie di Titano

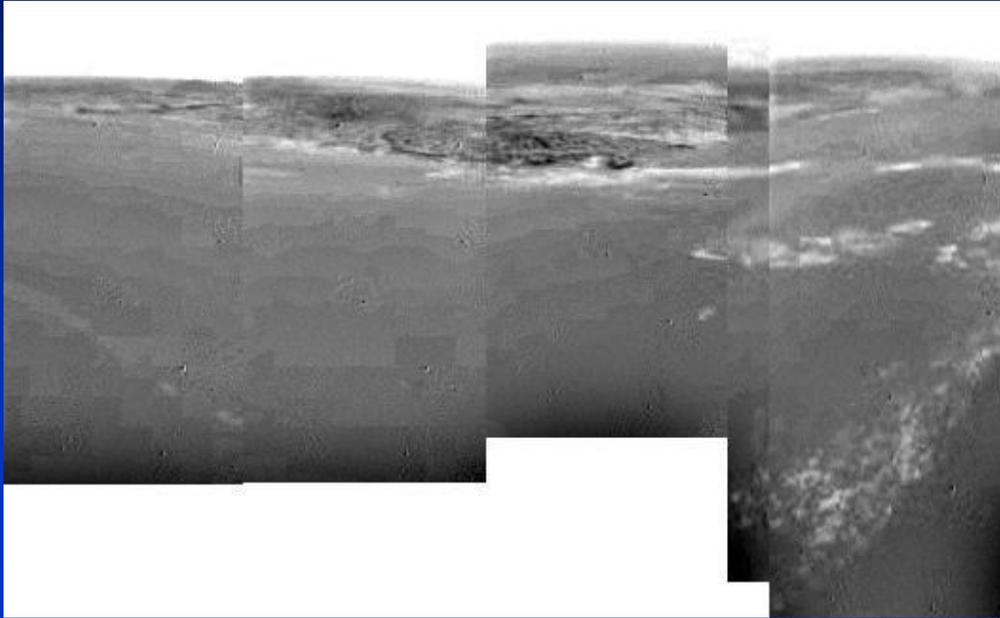
# Il modulo Huygens scende verso la superficie di Titano



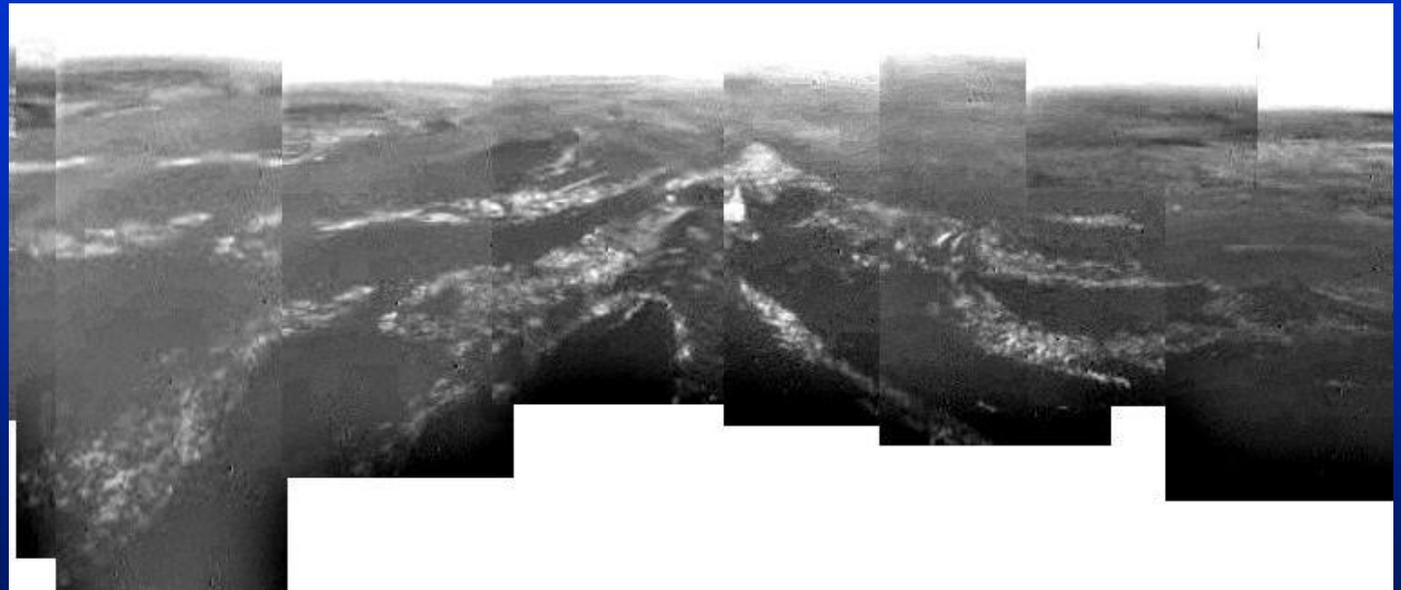
Modulo Huygens immagine composta da 30 frames. Presa tra 13 e 8 km di altezza.  
Risoluzione di 20 m per un'area che si estende per 30 km.

18-1-2005 Sonda Cassini

# Il modulo Huygens scende verso la superficie di Titano



Sonda Cassini



## Titano

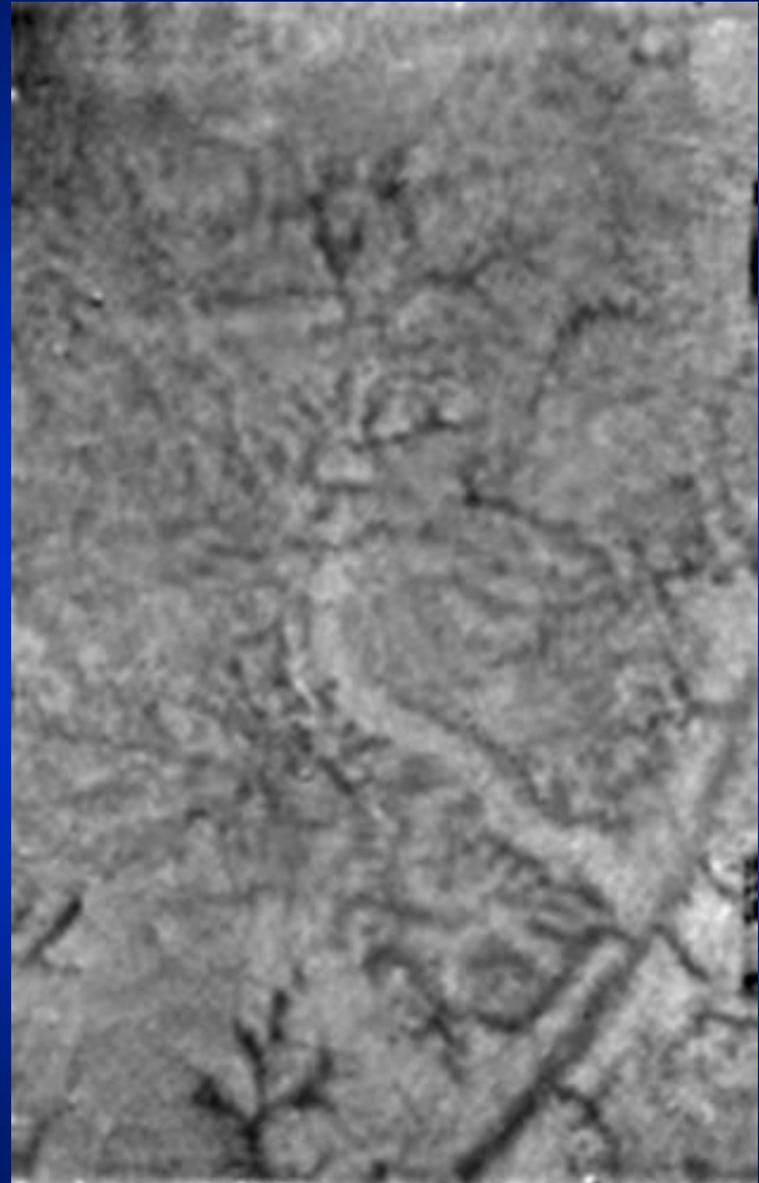
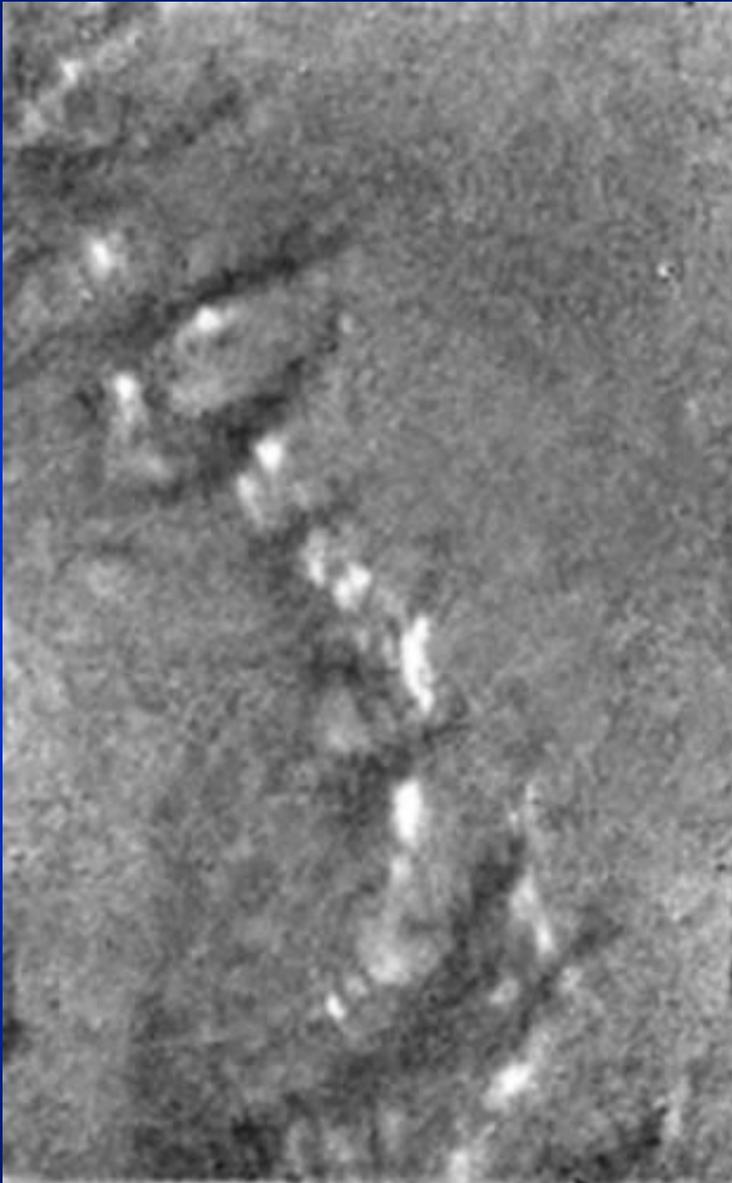
$D=5151 \text{ km}$

$D/D_{\text{Luna}}=1,48$

$\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$

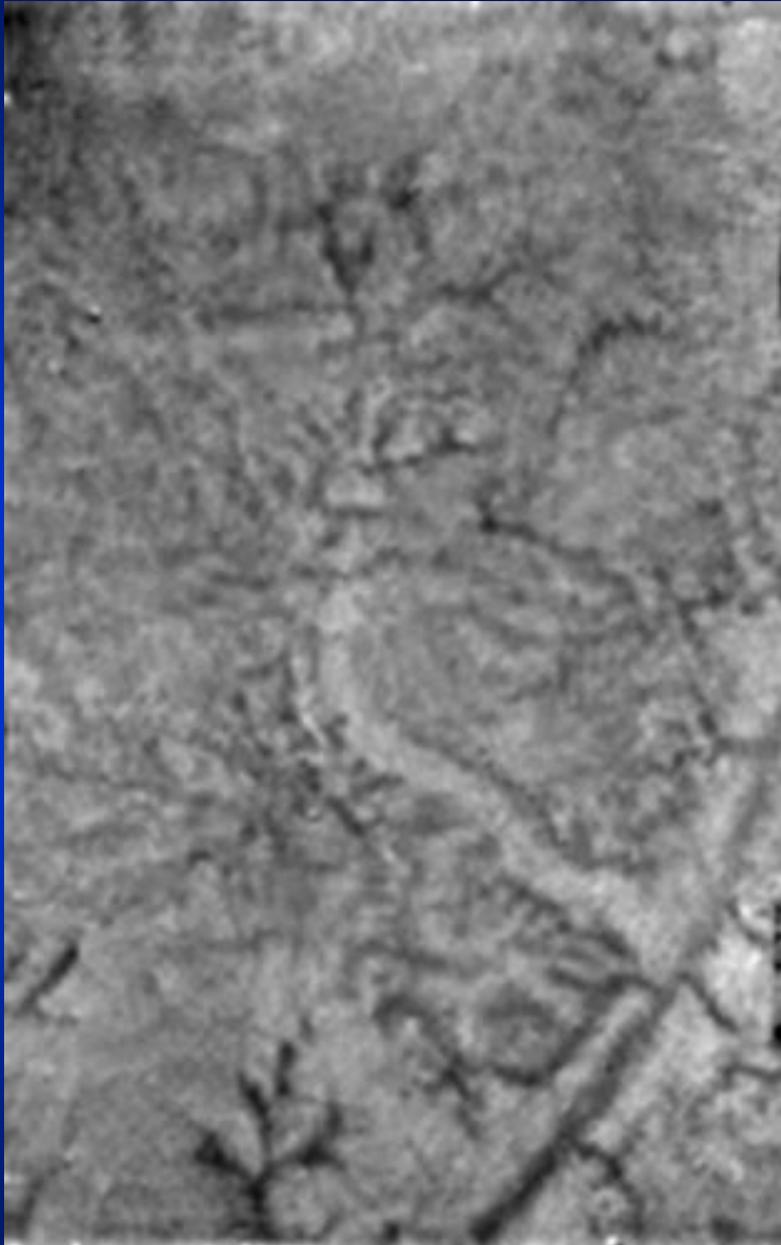
$M/M_{\text{Luna}}=1,84$

# Il modulo Huygens scende verso la superficie di Titano



21-1-2005 Sonda Cassini

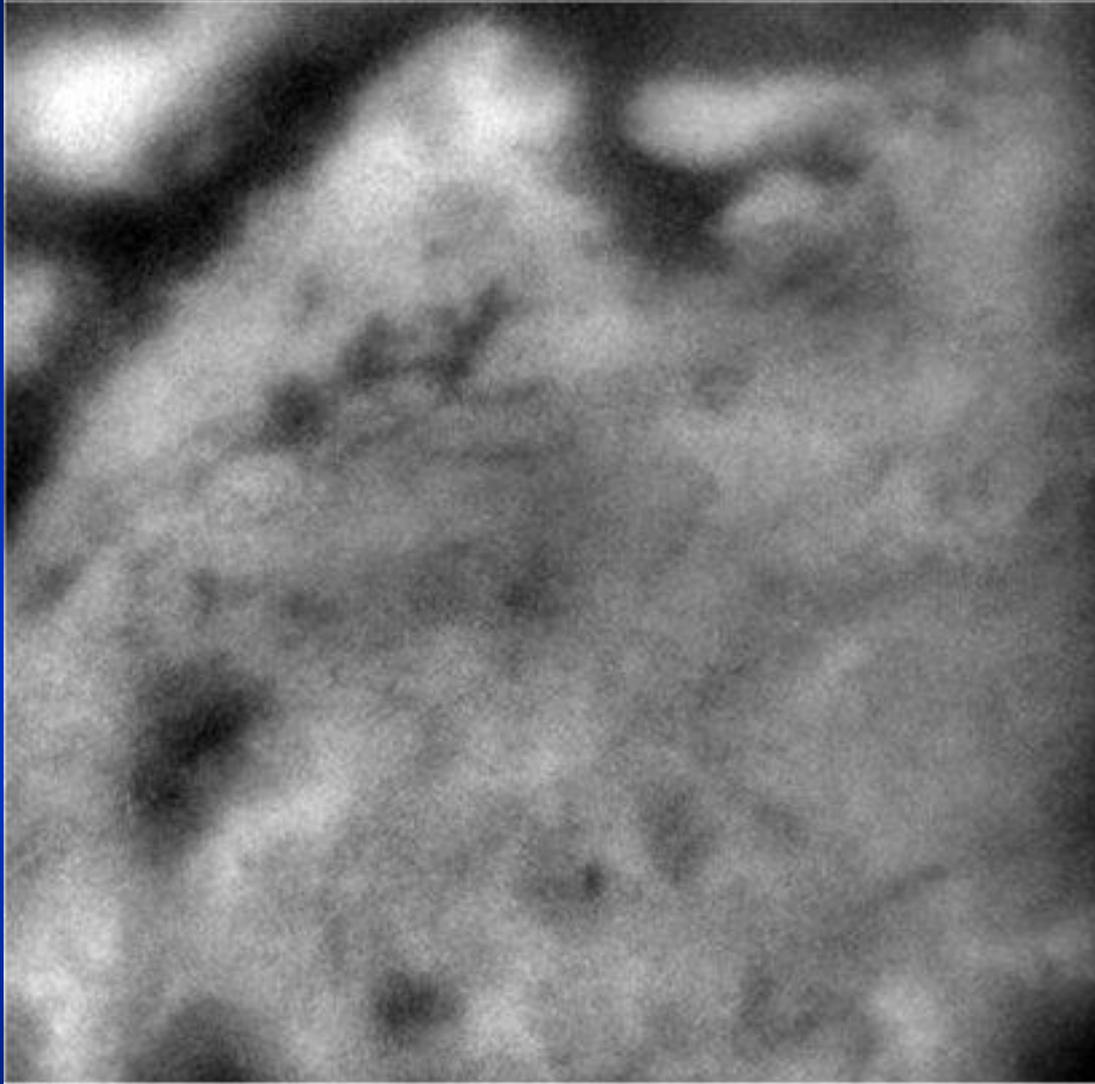
# «Sorgenti» di ghiaccio d'acqua e metano su Titano



Huygens Descent  
Imager/ Spectral  
Radiometer (DISR)  
mostra alcune nuove  
strutture sulla superficie  
di Titano

La linea brillante  
suggerisce ghiaccio  
d'acqua che fuoriesce  
Dal sottosuolo e si  
sparge sulla superficie.  
I brevi canali scuri  
invece potrebbero  
essersi formati da  
“piogge” di etano oppure  
da “sorgenti” di metano.

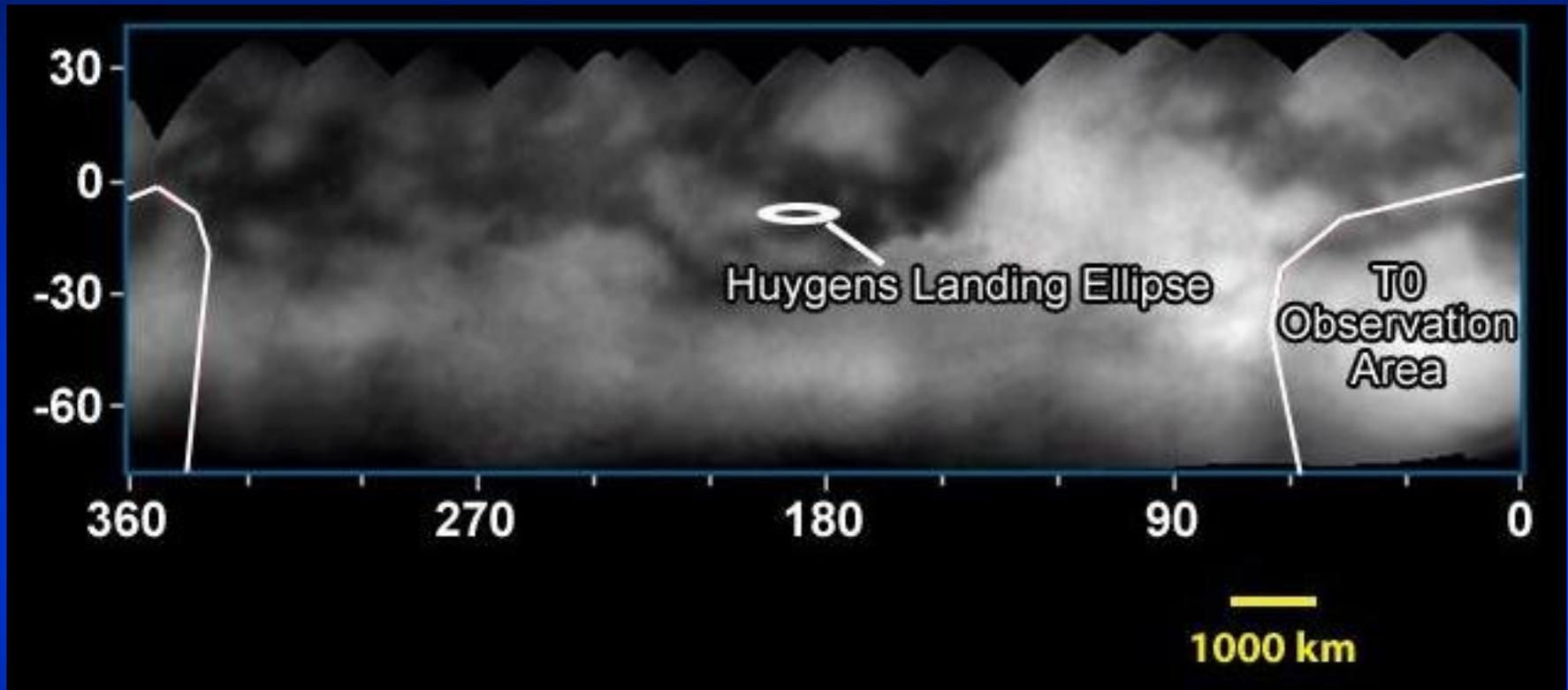
# Huygens sta avvicinandosi alla superficie di Titano



Modulo Huygens immagine da 344000 km con una risoluzione di 10 km.

3-7-2004 Sonda Cassini-modulo Huygens

# Mosaco di immagini di Titano



## Titano

$D=5151$  km

$D/D_{Luna}=1,48$

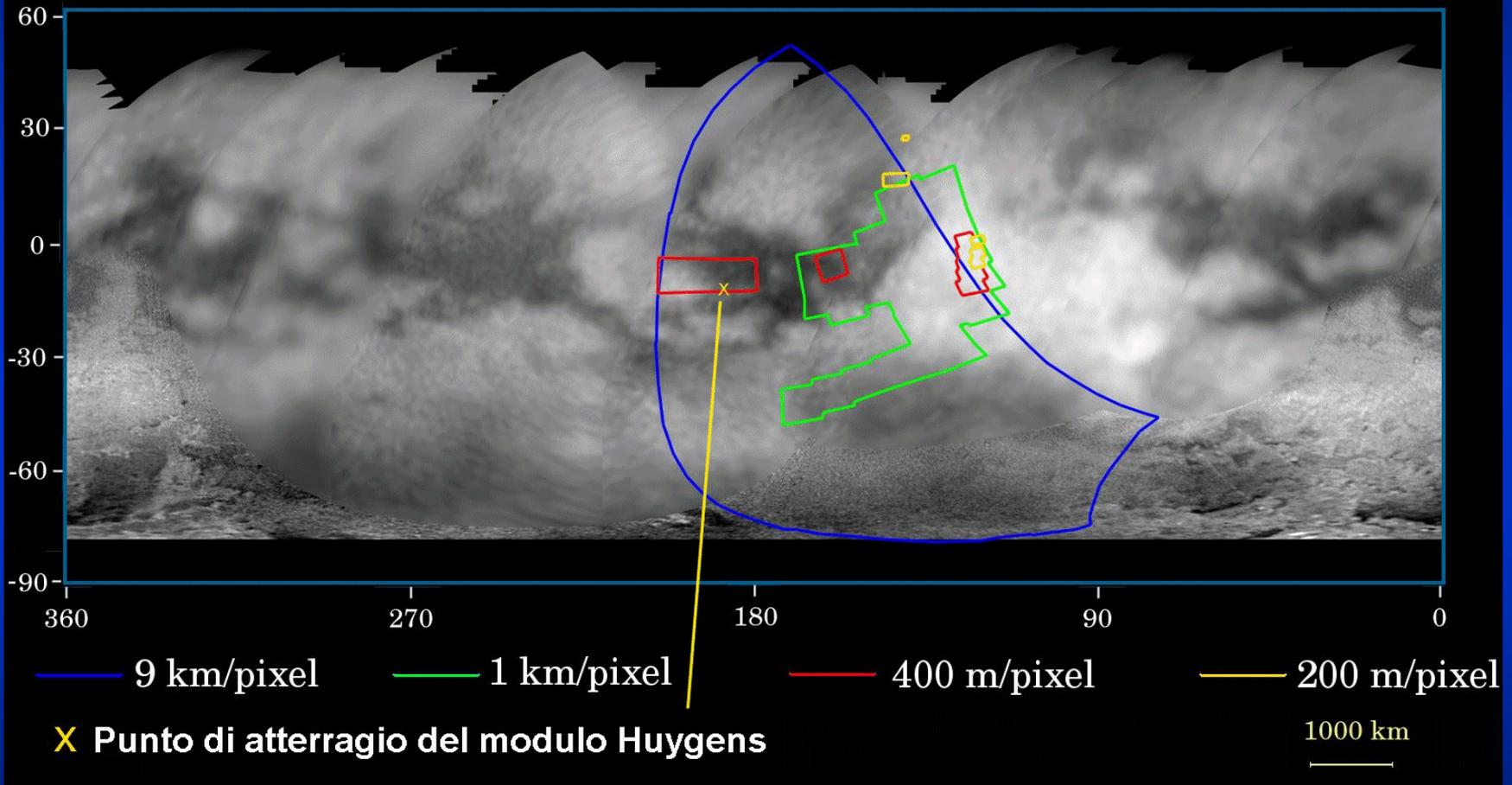
$\rho= 1,88$  g/cm<sup>3</sup>

$M/M_{Luna}=1,84$

Gennaio 2005 Sonda Cassini

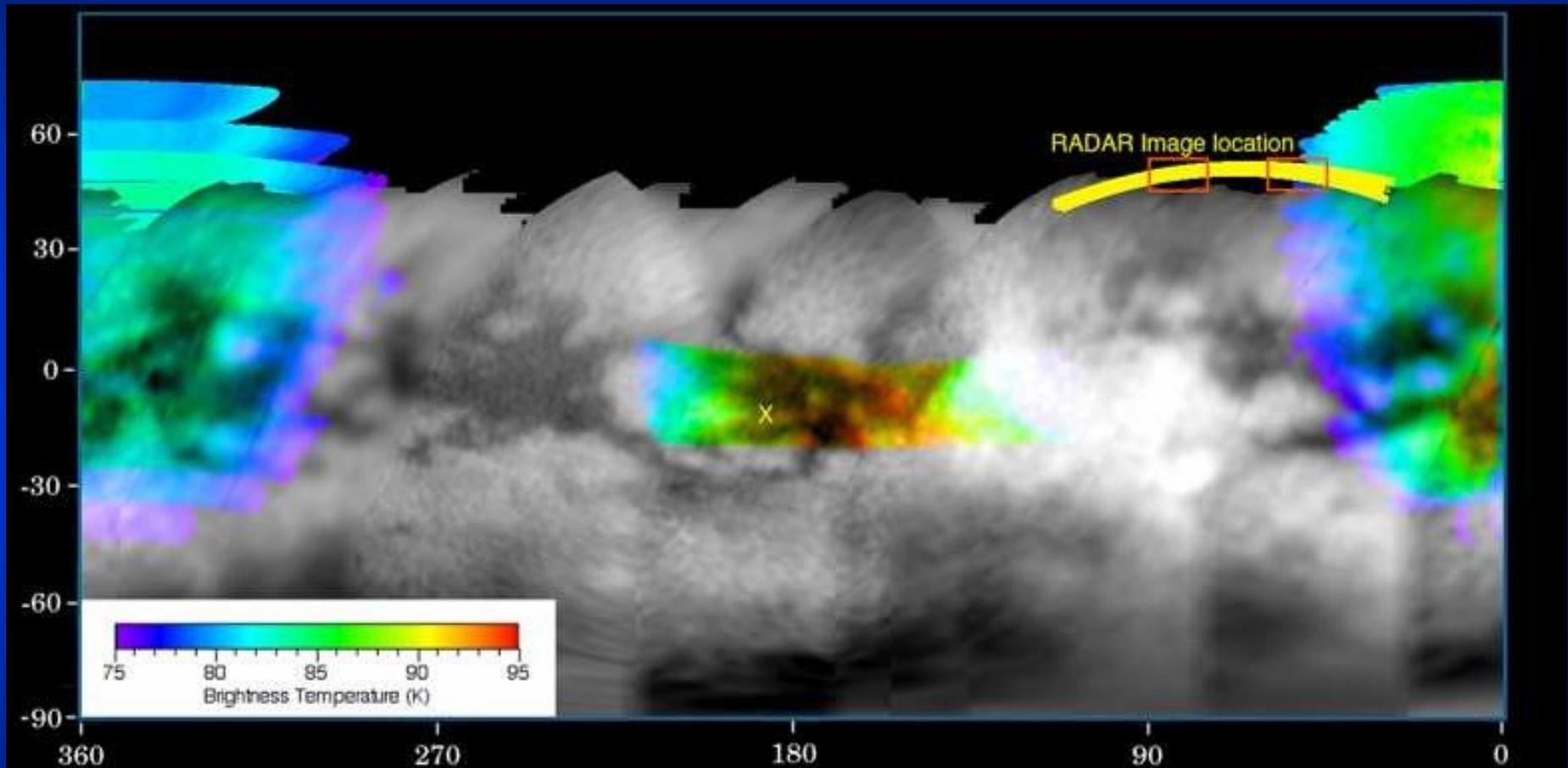
# Punto di discesa del modulo Huygens su Titano

## Flyby di Titano 13 dicembre 2004



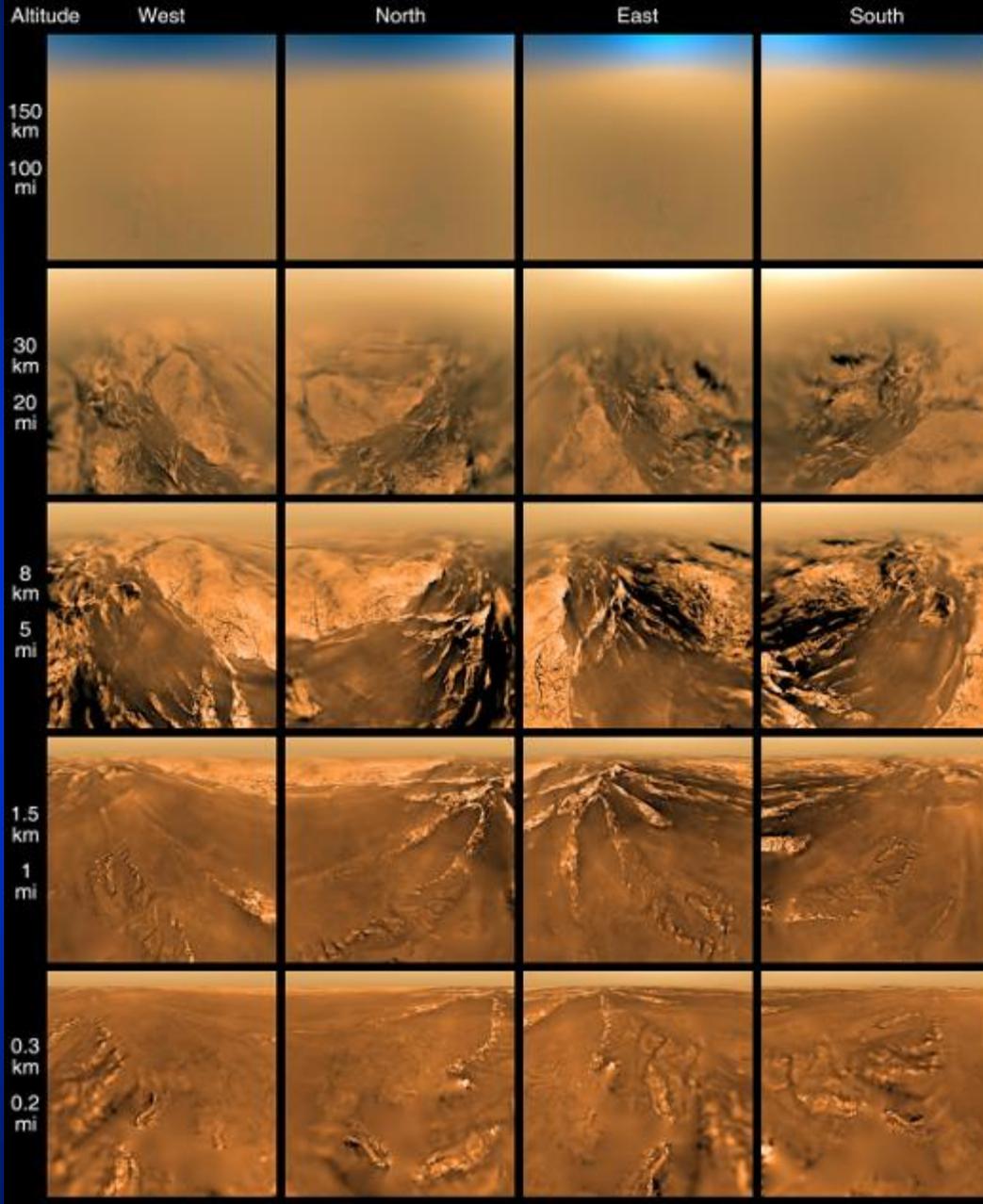
Modulo Huygens

# Punto di discesa del modulo Huygens su Titano



Modulo Huygens

# Aerial Views of Titan around the Huygens Landing Site

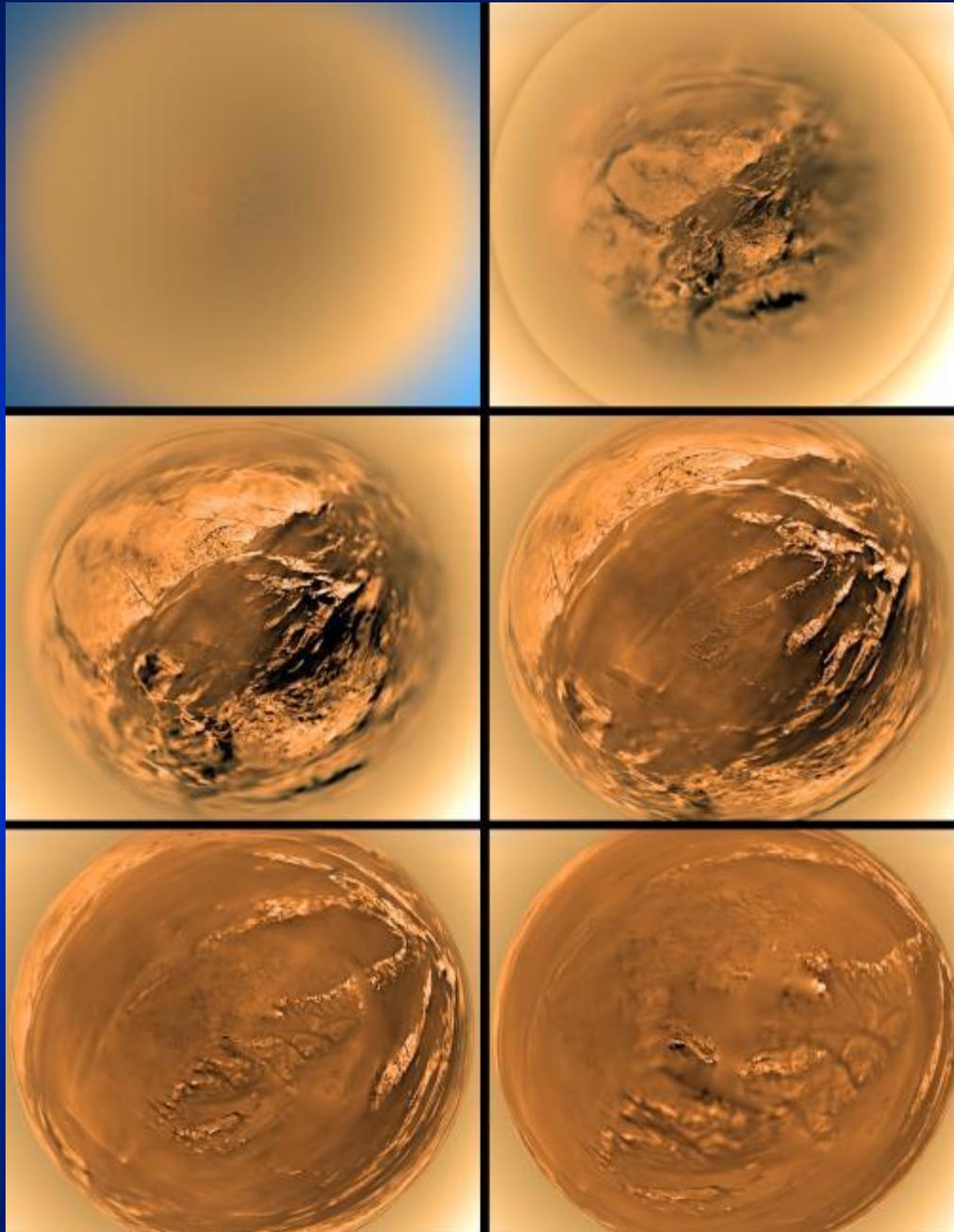


La superficie di Titano vista da 6 differenti altezze durante la discesa del modulo Huygens

Modulo Huygens  
14-1-2005

Titano  
 $D=5151 \text{ km}$   
 $D/D_{\text{Luna}}=1,48$   
 $\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$   
 $M/M_{\text{Luna}}=1,84$

Modulo  
Huygens  
14-1-2005



La superficie  
di Titano  
vista da 6  
differenti  
altezze  
durante la  
discesa del  
modulo  
Huygens

**Titano**  
 $D=5151 \text{ km}$   
 $D/D_{\text{Luna}}=1,48$   
 $\rho= 1,88 \text{ g/cm}^3$   
 $M/M_{\text{Luna}}=1,84$

# Il modulo Huygens su Titano

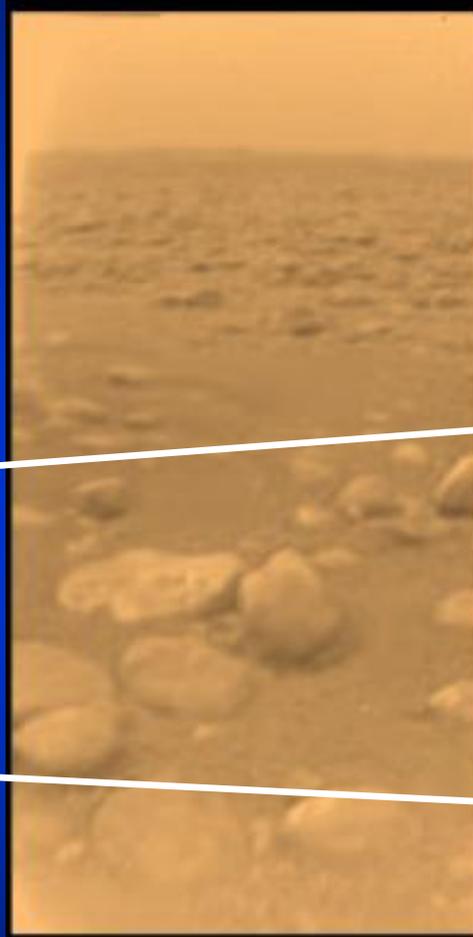
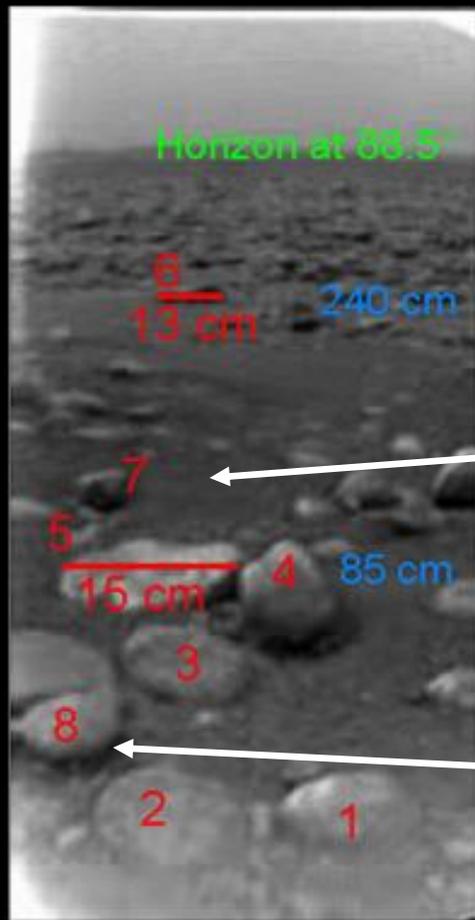


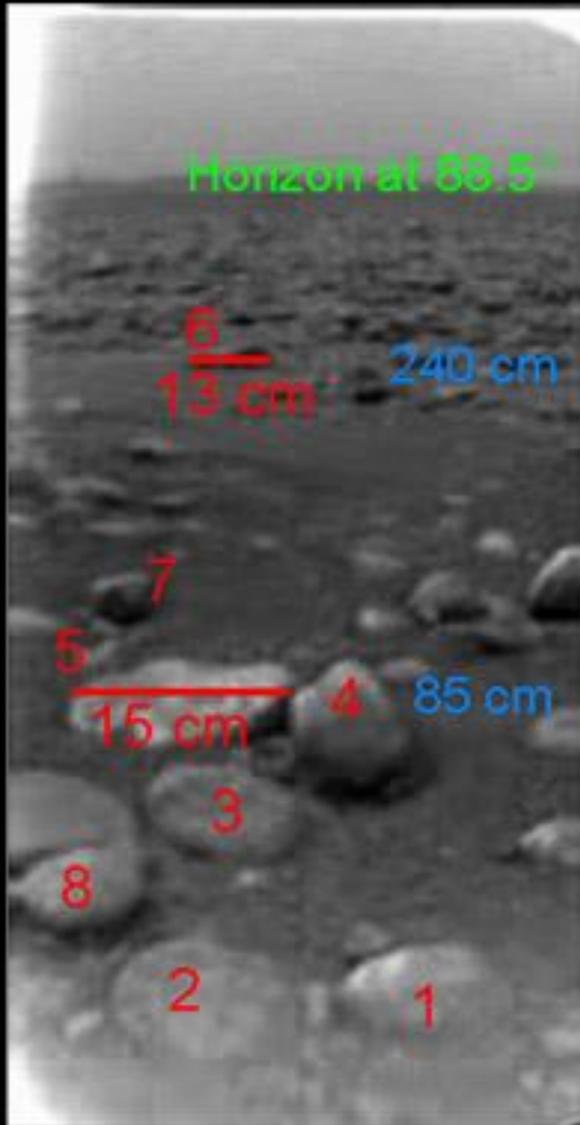
Immagine dalla superficie di Titano il 14 Gennaio 2005.

Il colore è stato scelto in base alle indicazioni spettroscopiche.

La superficie appare più scura di quanto atteso e consiste di una miscela di acqua ed idrocarbonati.

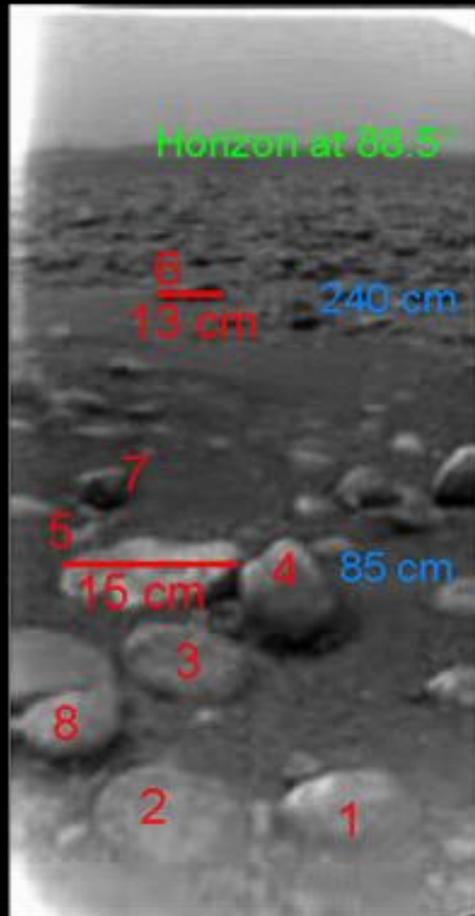
Si nota l'evidenza di effetti di erosione alla base dei "ciotoli ghiacciati" indicando la presenza di flussi di liquido.

# Panorama dalla superficie di Titano



Le due "rocce" sotto la metà dell'immagine misurano 15 e 4 cm e sono state riprese da una distanza di 85 cm dal modulo Huygens

# Il modulo Huygens su Titano

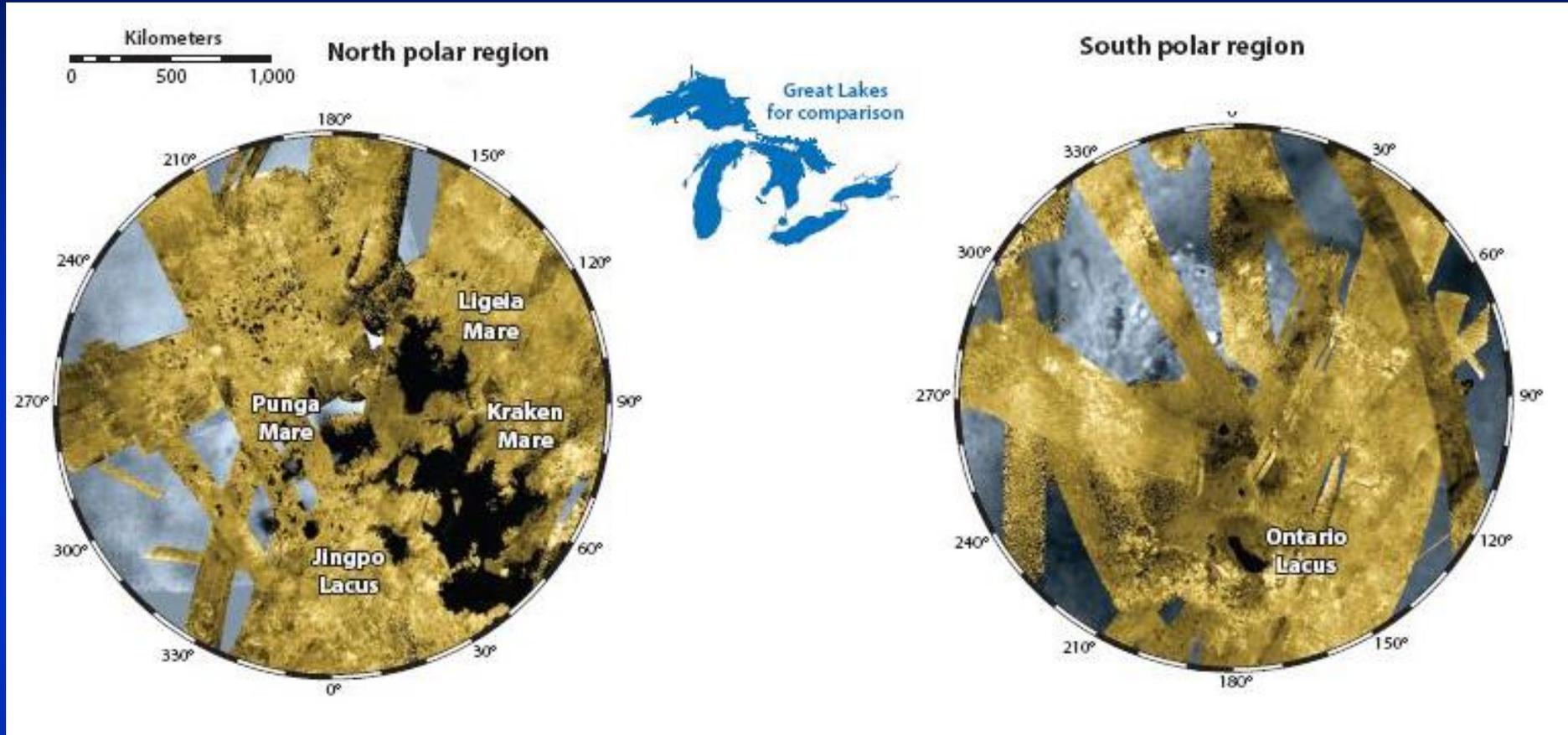


Le immagini della superficie riprese dal DISR mostrano dei ciottoli arrotondati sul letto di un fiume in secca.

Gli spettri rilevati (colori) indicano che la loro composizione è quella del ghiaccio d'acqua sporco piuttosto che quella di silicati. E tuttavia, alle rigide temperature di Titano, appaiono avere la stessa consistenza delle rocce.

# Mari e laghi sulla superficie di Titano

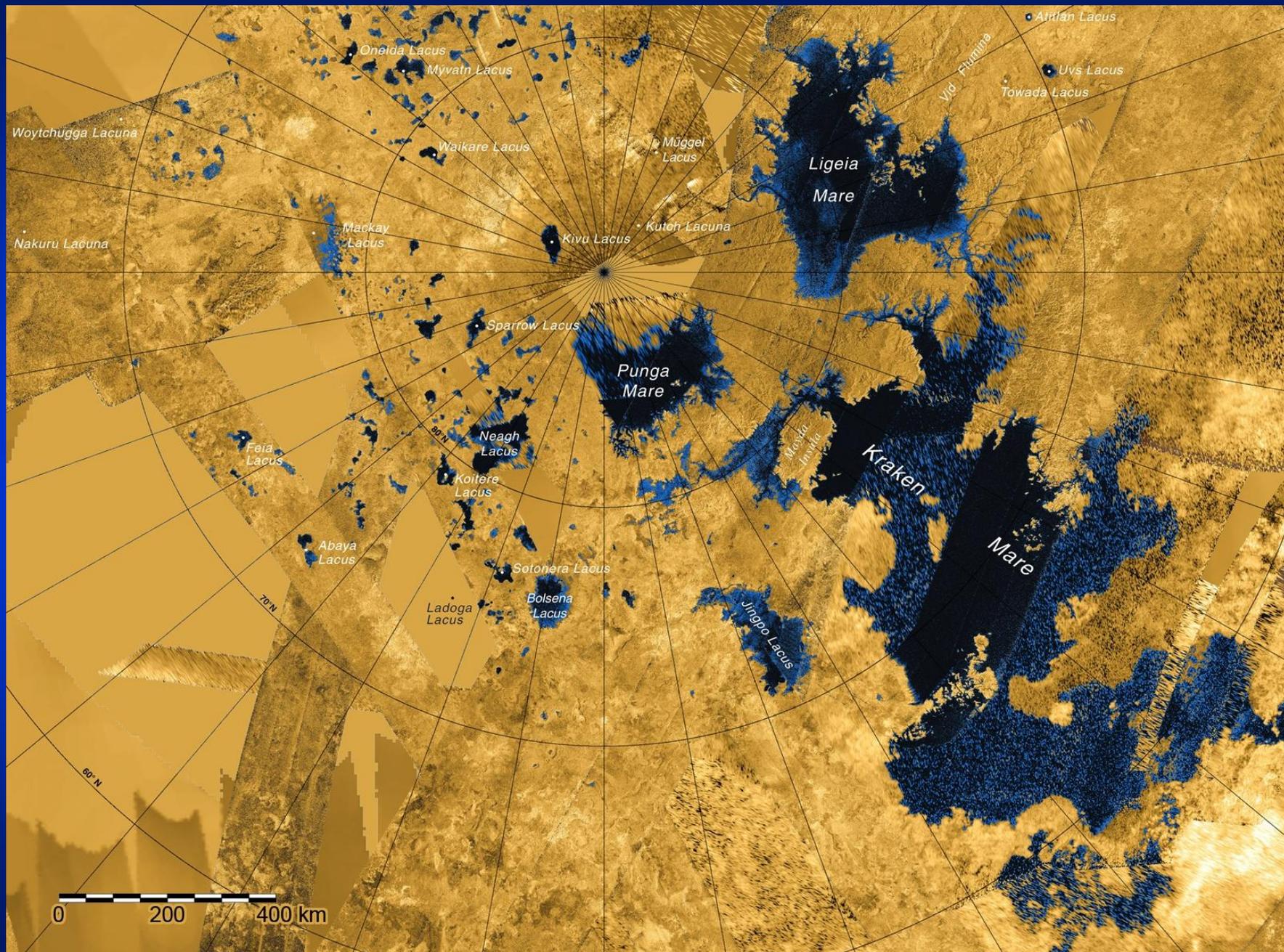
# Mappa polare della superficie di Titano



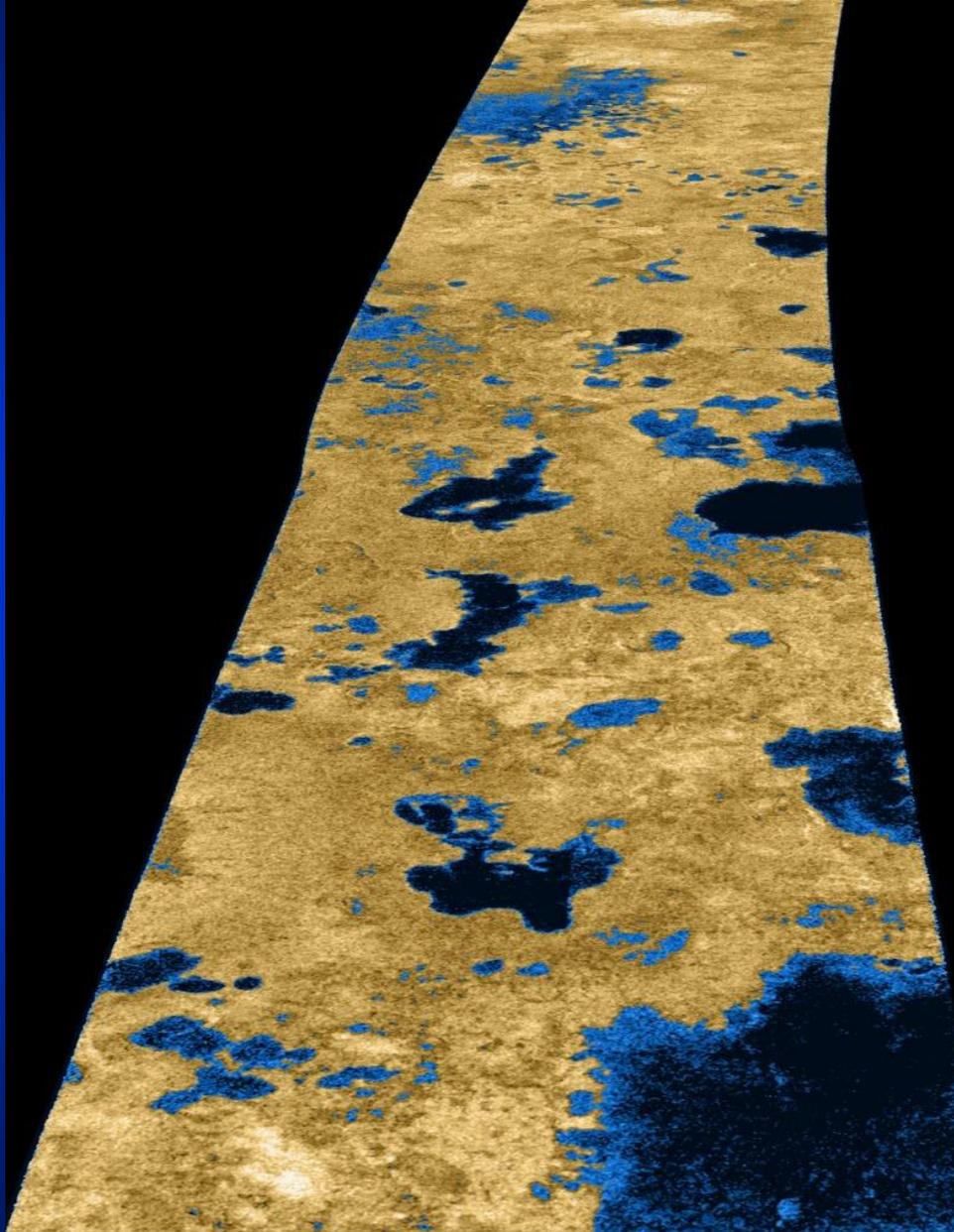
Distribuzione polare delle strutture idrologiche su Titano ottenute con il radar della Sonda Cassini : Synthetic Aperture Radar (SAR) I mari e laghi risaltano come strutture blu-nere sullo sfondo oro della superficie.  
Si noti il confronto, in scala, con la regione dei Grandi Laghi nel continente Nord-Americano.

Dal 2015 al 2016 mappa SAR Sonda Cassini

# Emisfero settentrionale di Titano attorno al Polo Nord



# Laghi sulla superficie di Titano



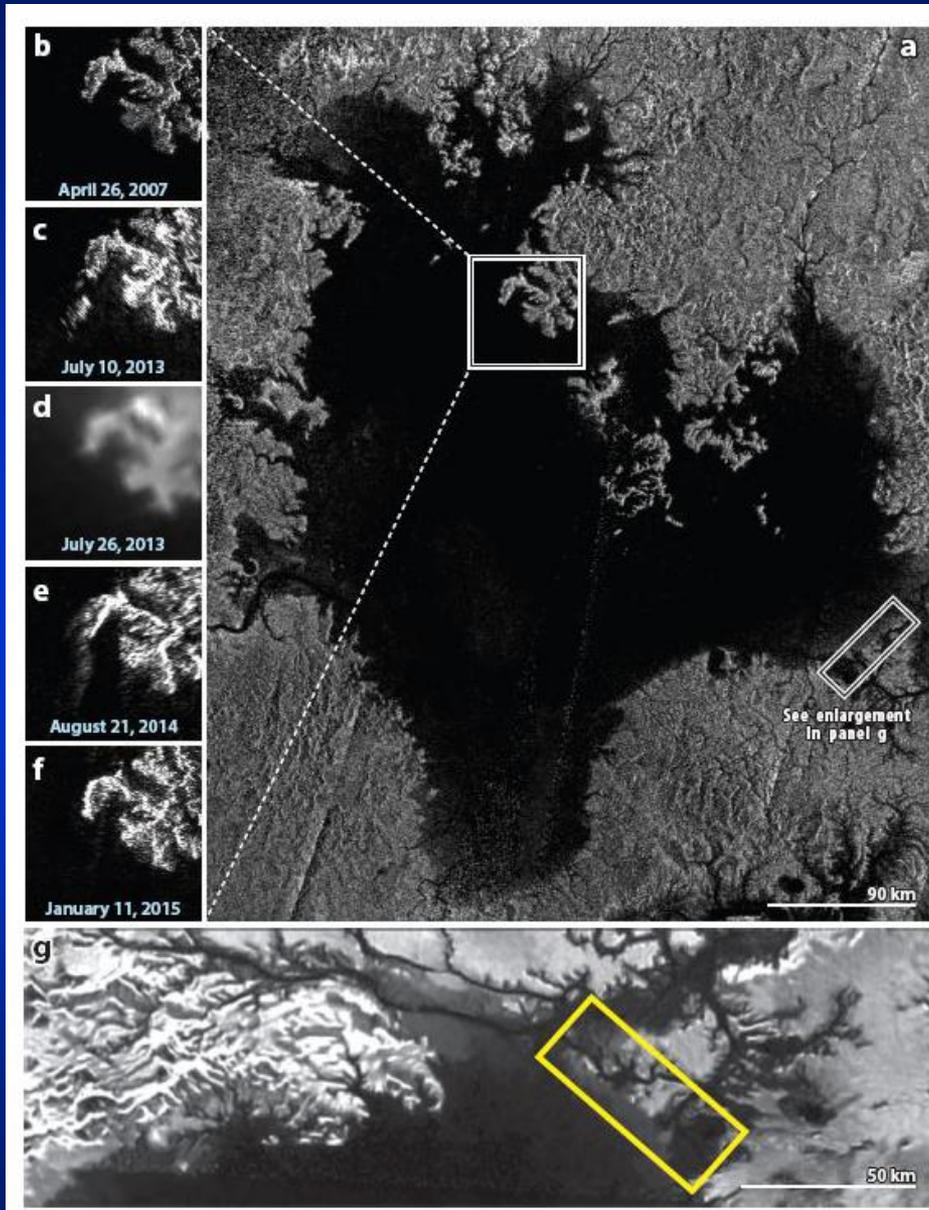
L'immagine radar (in falsi colori) è centrata a  $80^{\circ}$  nord,  $35^{\circ}$  ovest. La dimensione trasversale è circa 40 km il più piccolo dettaglio 500 m.

I laghi vengono mostrati con il colore di sfondo blu tendente al nero.

Synthetic Aperture Radar (SAR)

22-7-2006 mappa  
SAR Sonda Cassini

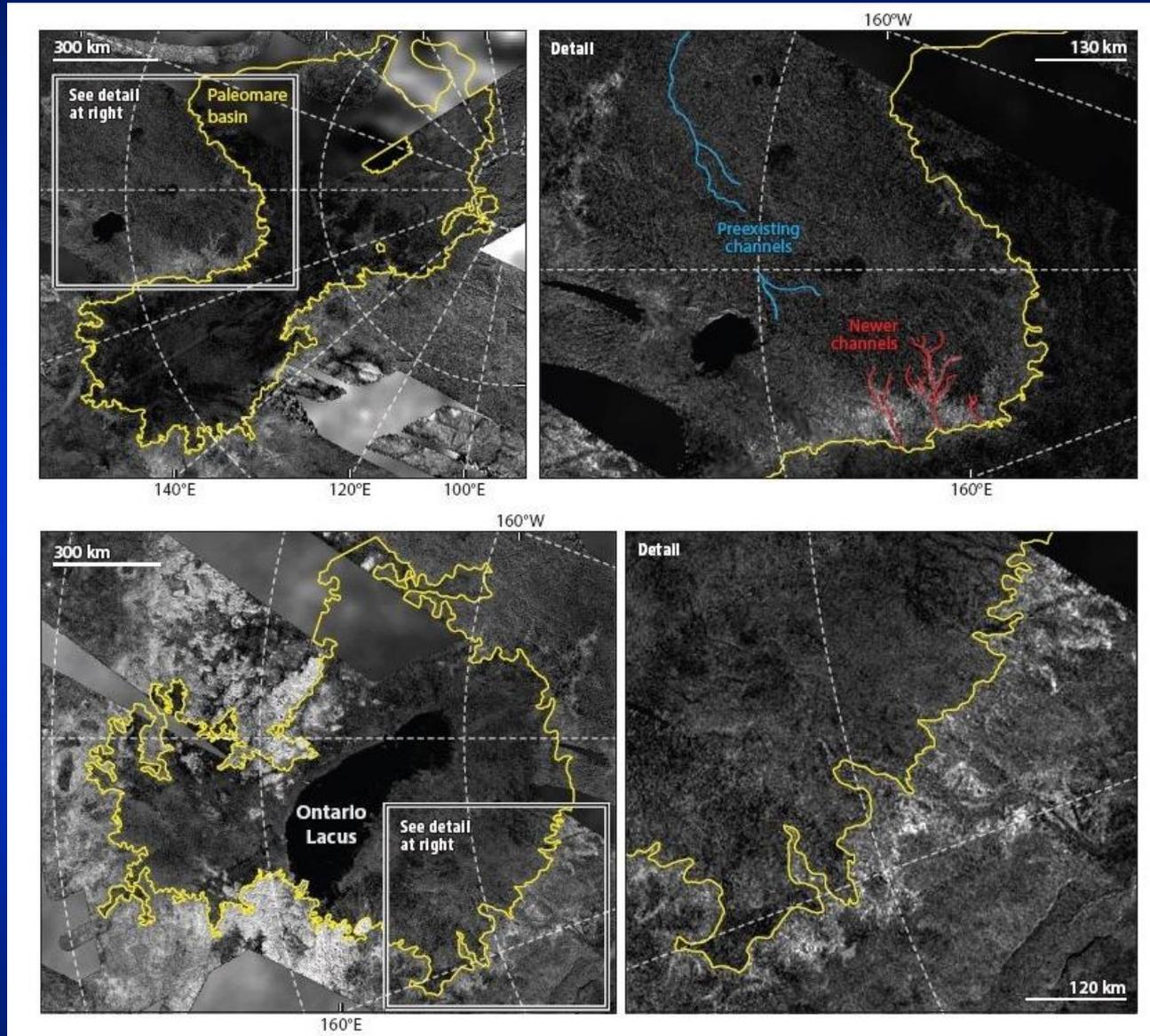
# Mappa del Ligeia Mare



Il Mare Ligeia è composto di 71% CH<sub>4</sub>,  
12% C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, e 17%N<sub>2</sub> by volume  
A sinistra le variazioni temporali della  
zona al bordo del Mara Ligeia

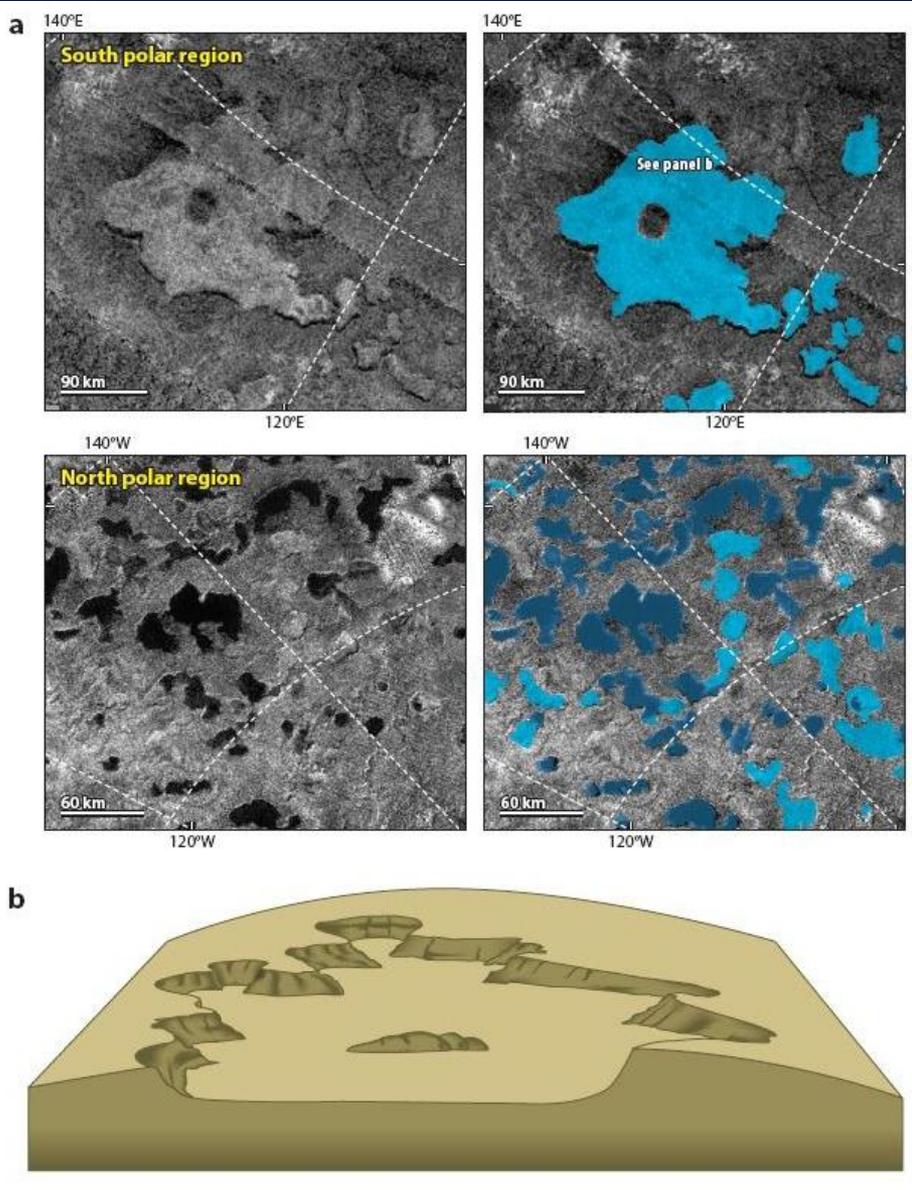
Aprile 2007-gennaio 2015 mappa SAR Sonda Cassini

# Mappa del paleomare con l'Ontario Lacus



Sonda Cassini

# Strutture lacustri sulla superficie di Titano

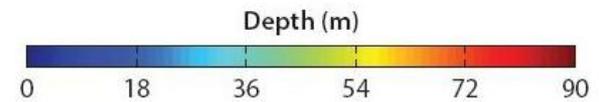
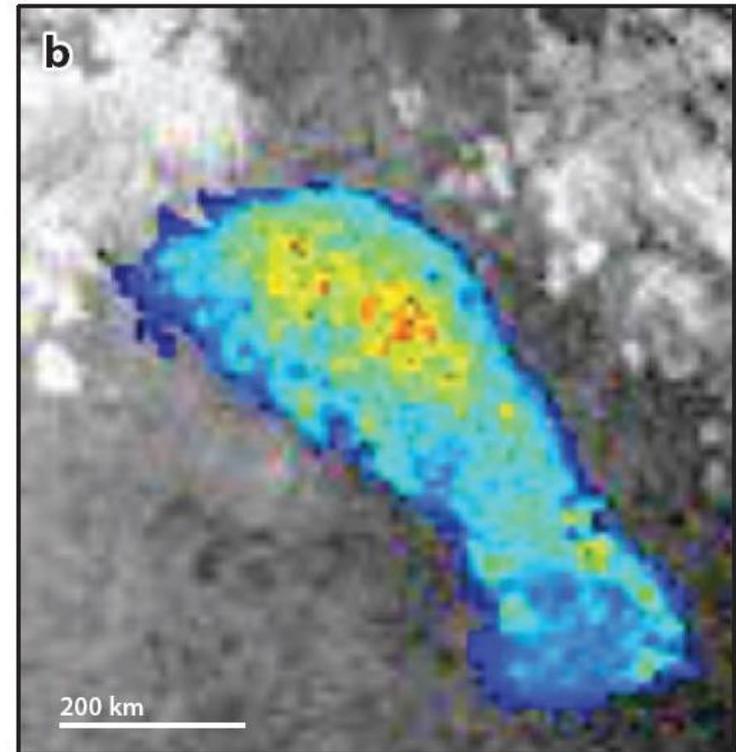
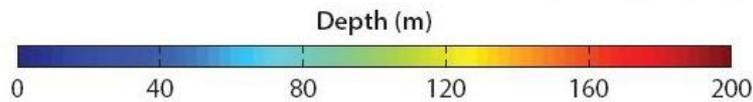
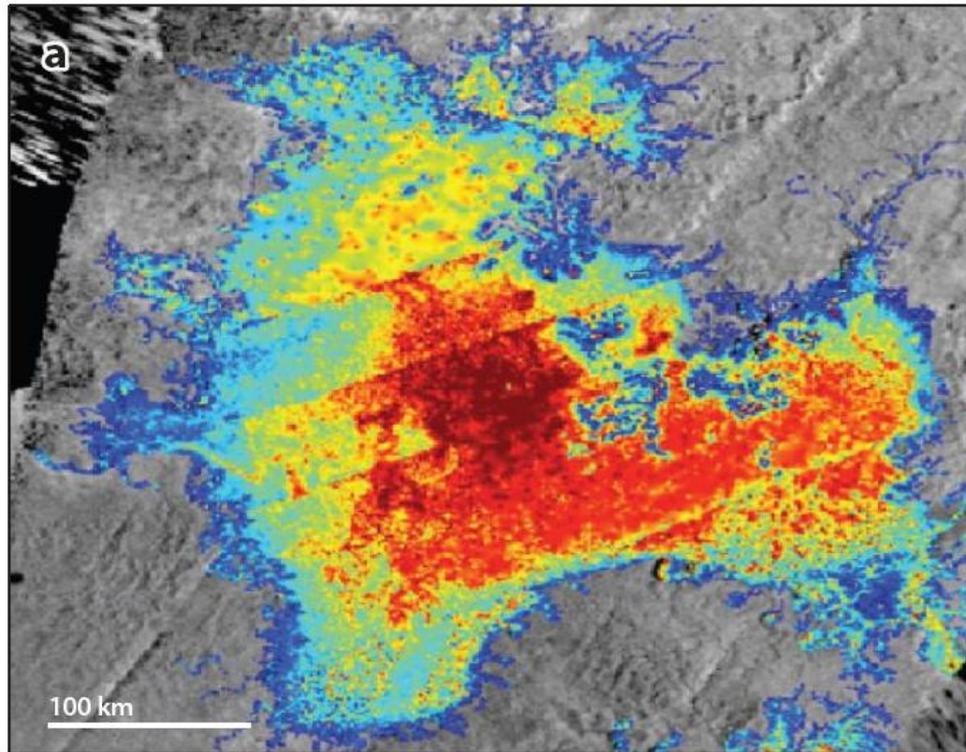


Strutture in alto nei pressi delle regioni polari nord, ed, in basso, delle regioni polari sud.

I laghi sono in blu profondo e i bacini vuoti in ciano.

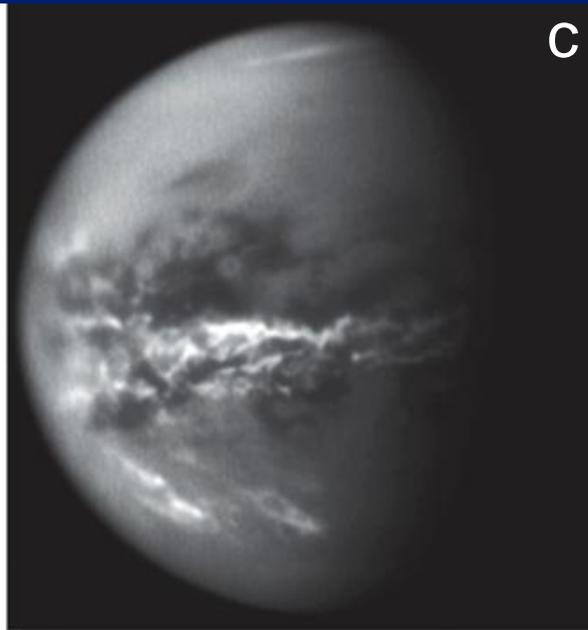
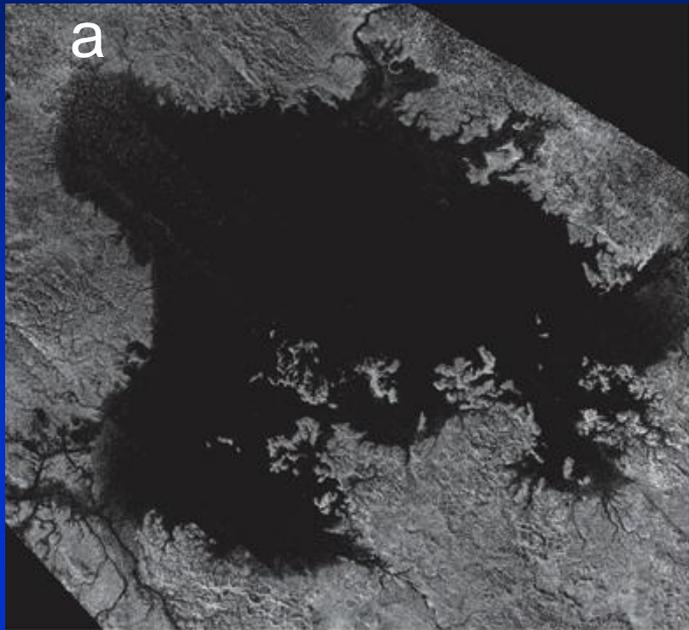
(b) Una ricostruzione artistica.

# Batimetria del Mare Ligeia e del Lago Ontario



Sonda Cassini

# Strutture lacustri sulla superficie di Titano



Cassini Radar and  
Imaging Science  
Subsystem

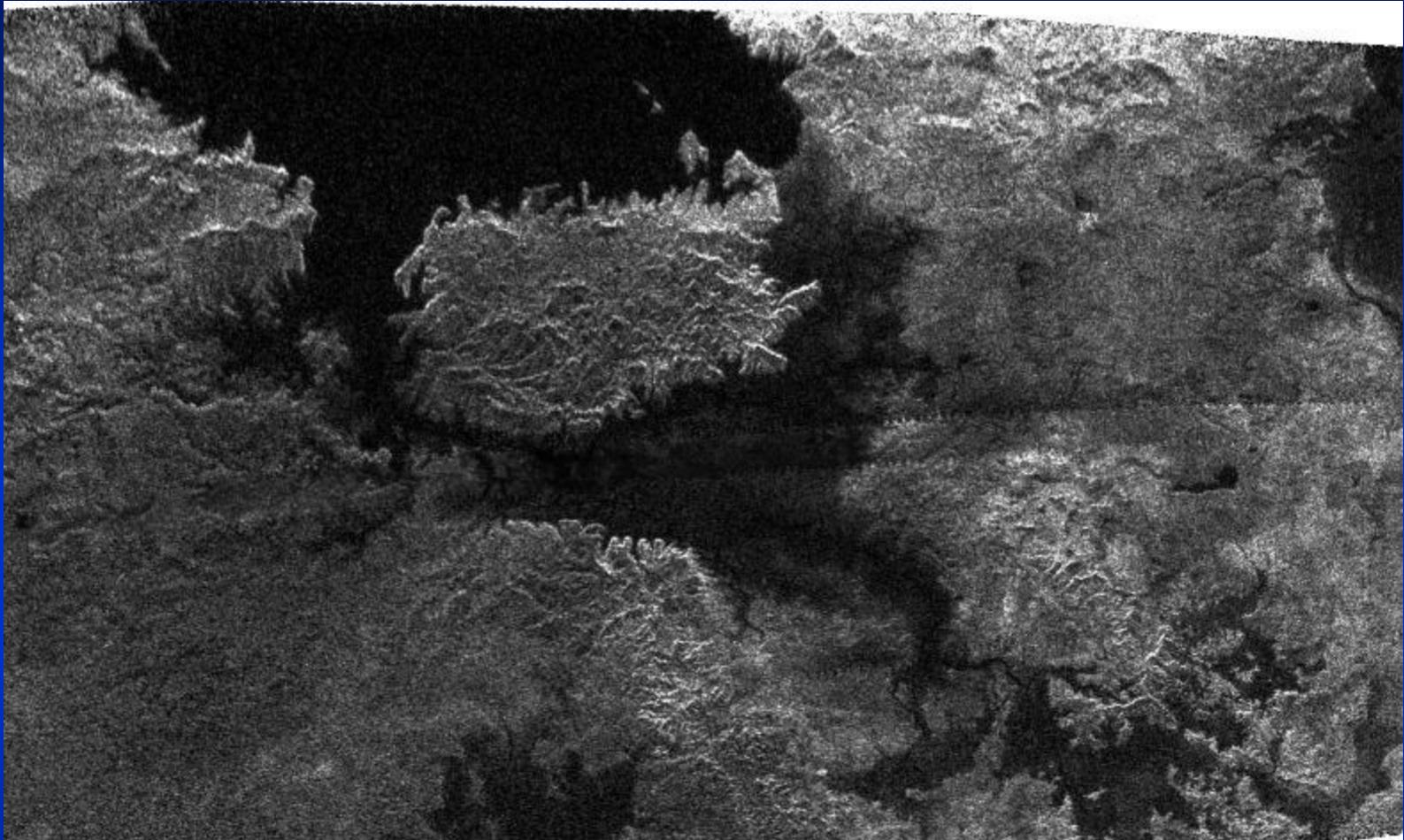
(a) Ligeia Mare nei  
pressi del polo nord di  
Titano

(b) Campo di dune nei  
pressi dell'equatore

(c) Nubi di metano nella  
troposfera di Titano

Sonda Cassini

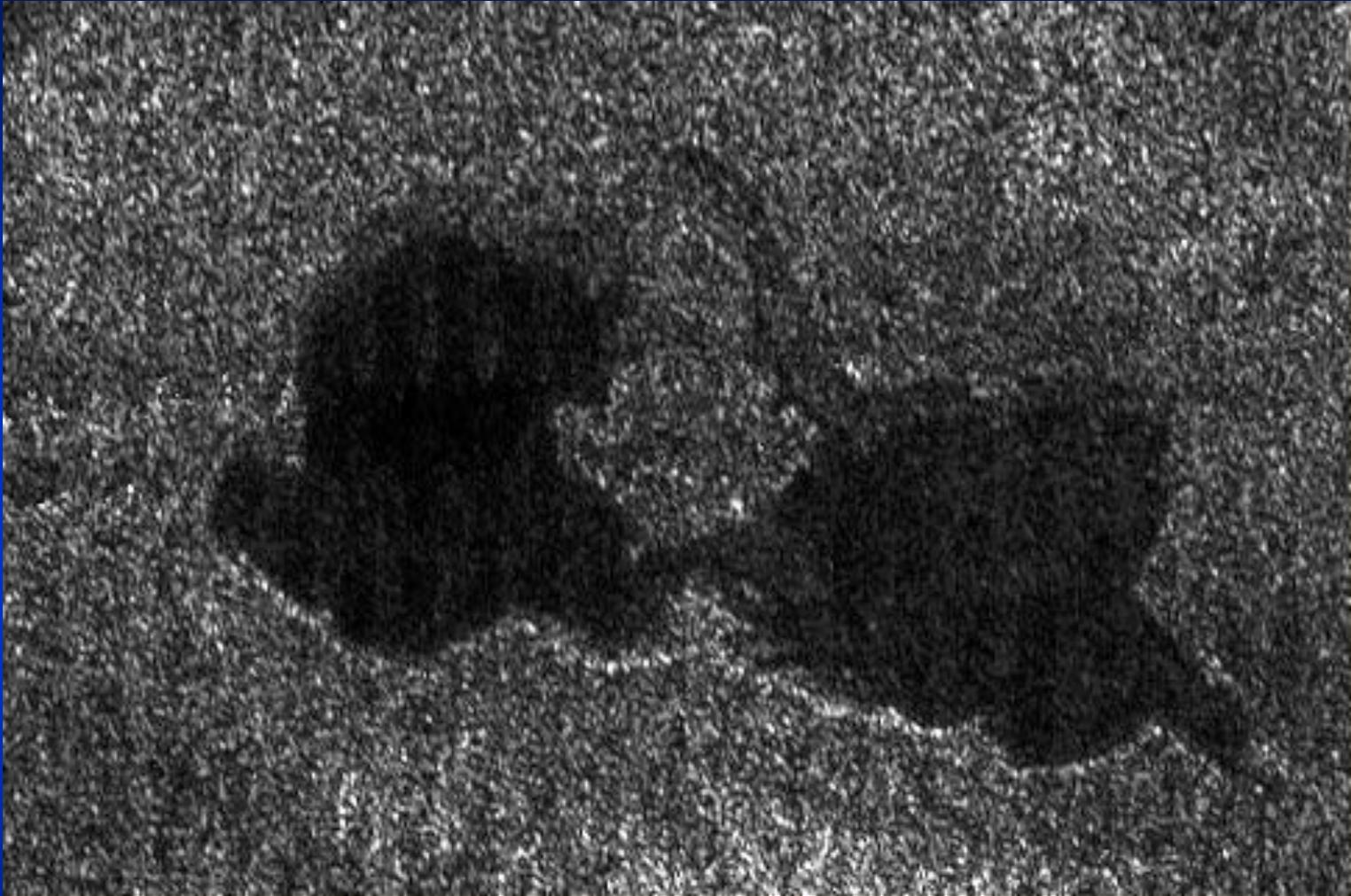
# Mare Kraken di Titano



Isola di dimensioni 90x150 km collegata con un “ponte” alla “terraferma”

22-2-2007 Sonda Cassini

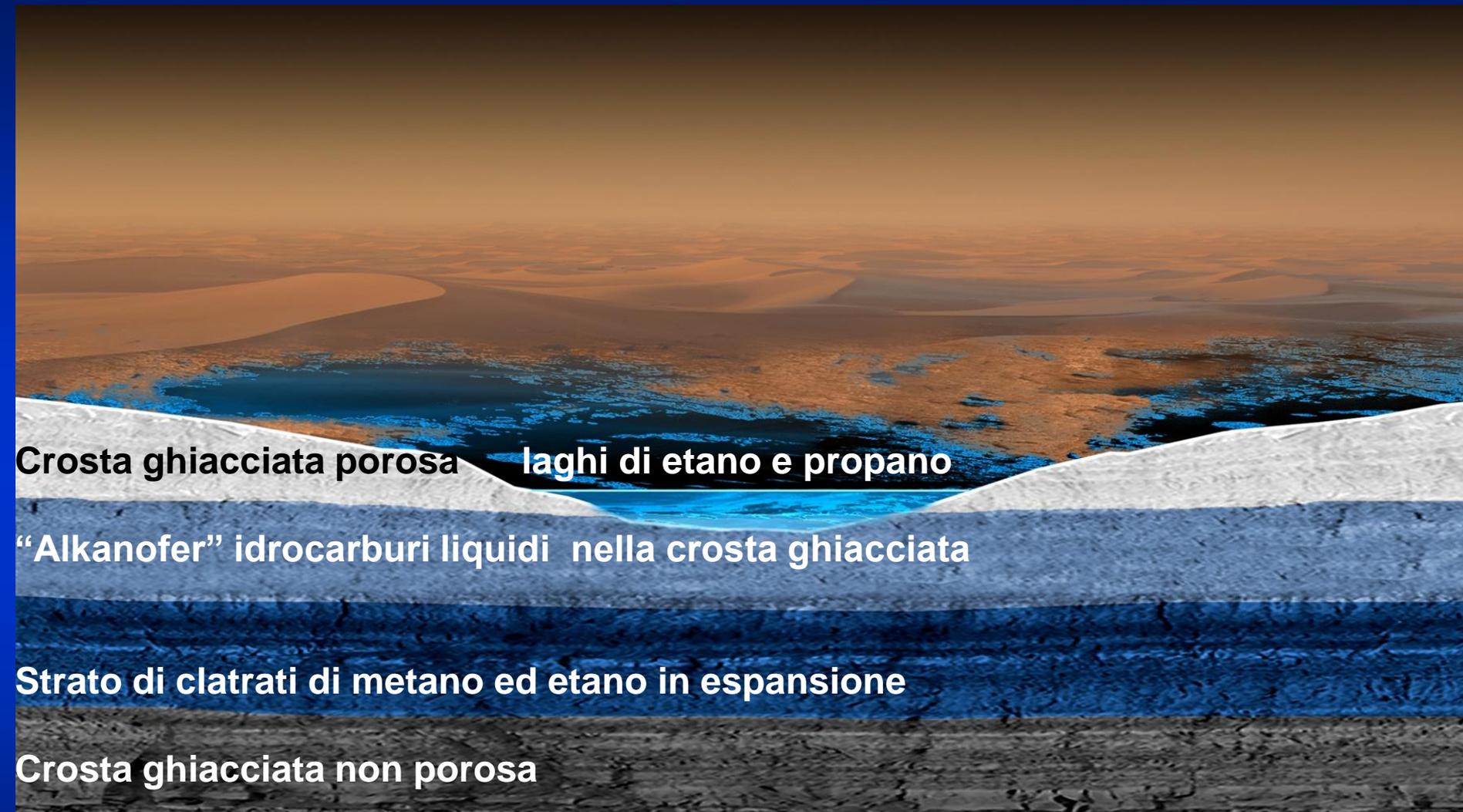
# Abaya Lacus due laghi in contatto sulla superficie di Titano



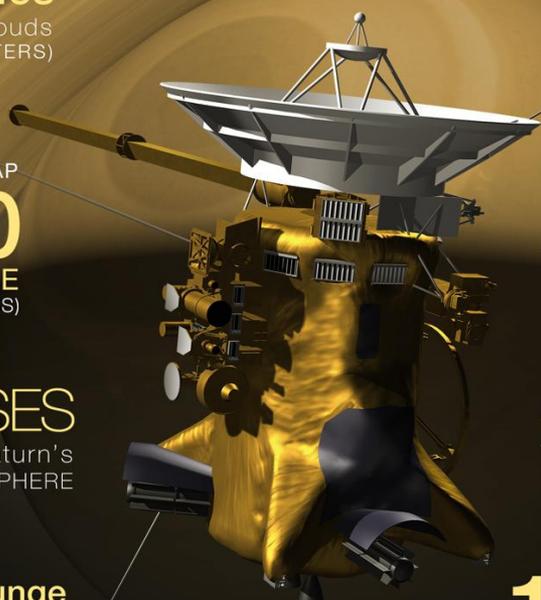
Due laghi a contatto di dimensioni pari a circa 20-25 km

23-9-2006 Sonda Cassini

# Ricostruzione della superficie di Titano



# Il "Gran Finale" dell'esplorazione di Saturno



**Cassini's Grand Finale**  
BY THE NUMBERS

COMING WITHIN  
**1,012 miles**  
of Saturn's clouds  
(1,628 KILOMETERS)

PASSING  
THROUGH A GAP  
**1500**  
MILES WIDE  
(2400 KILOMETERS)

**5 PASSES**  
THROUGH Saturn's  
UPPER ATMOSPHERE

**1 final plunge**  
into Saturn  
September 15, 2017

**22 orbits**  
IN TOTAL

**76,806**  
MPH TOP SPEED  
relative to saturn  
(123,608 KPH)

**4 PASSES**  
THROUGH Saturn's  
innermost ring (D ring)

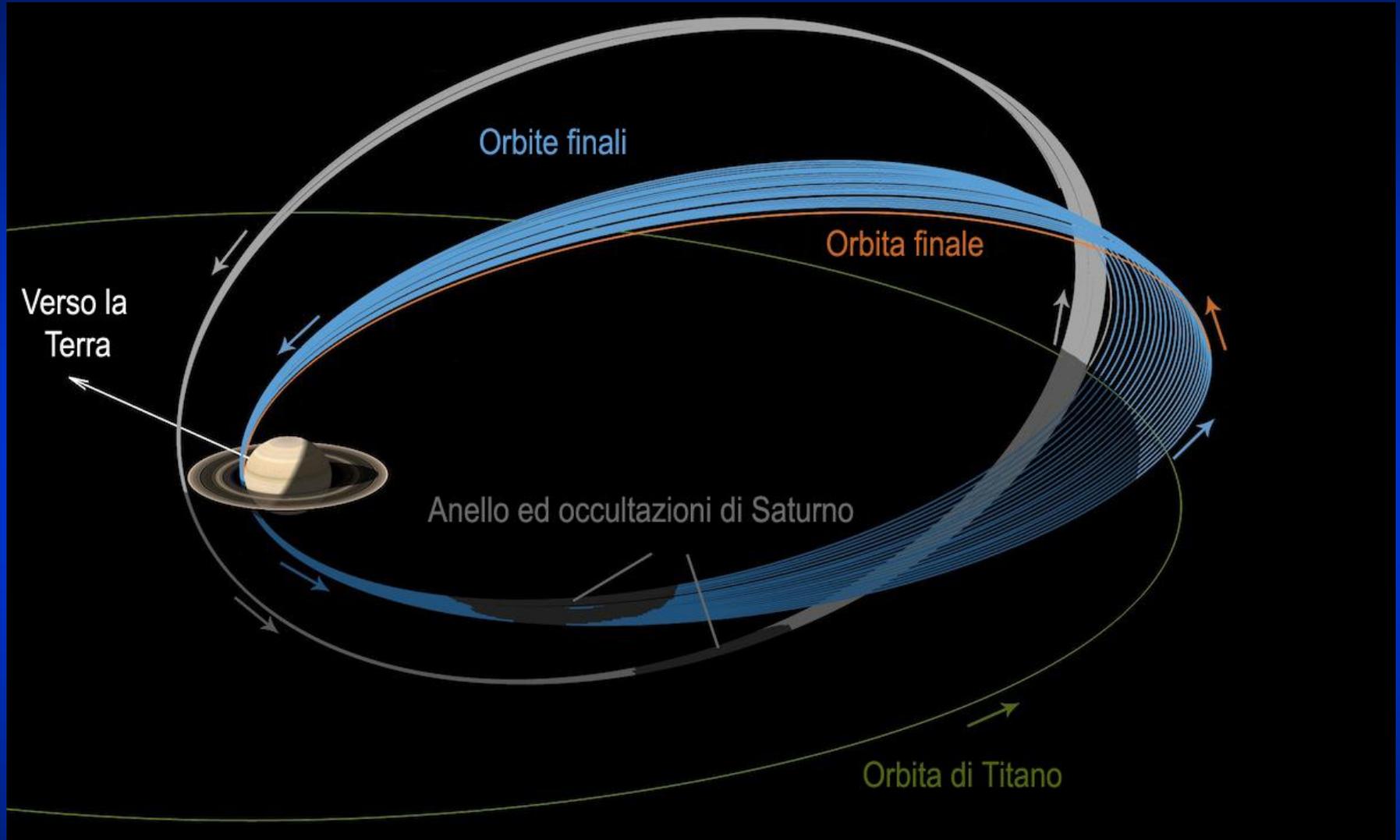
**1 minute from**  
atmosphere entry  
TO LOSS OF CONTACT

 **Jet Propulsion Laboratory**  
California Institute of Technology

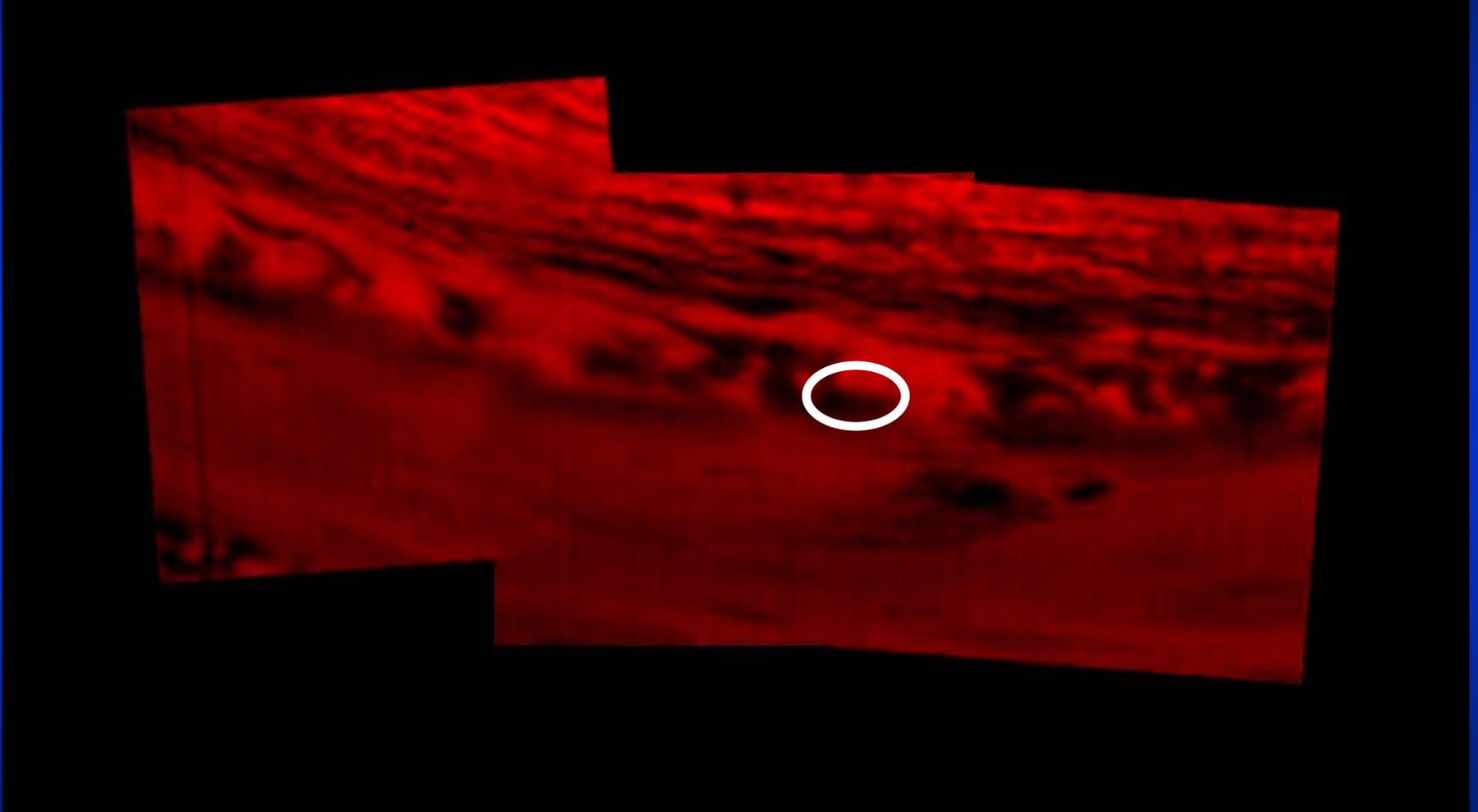
@CassiniSaturn  
<http://saturn.jpl.nasa.gov>

Sonda Cassini

# Le fasi finali della Sonda Cassini



# Punto di impatto su Saturno della Sonda Cassini



# *Grazie*

Gas Spectrometer &  
Magnetosphere Imager  
(INMS & MIMI)

Radio Science  
(RSS)

Radio & Plasma  
Wave Antennas  
(RPWS)

Infrared & Ultraviolet  
Spectrometers  
(CIRS, UVIS)

Dust Analyzer  
(CDA)

Magnetometer

