

Conferenze alla Specola,

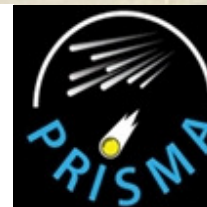
3 febbraio 2022

***Caccia alla meteorite di
Capodanno, dalla caduta al
ritrovamento***

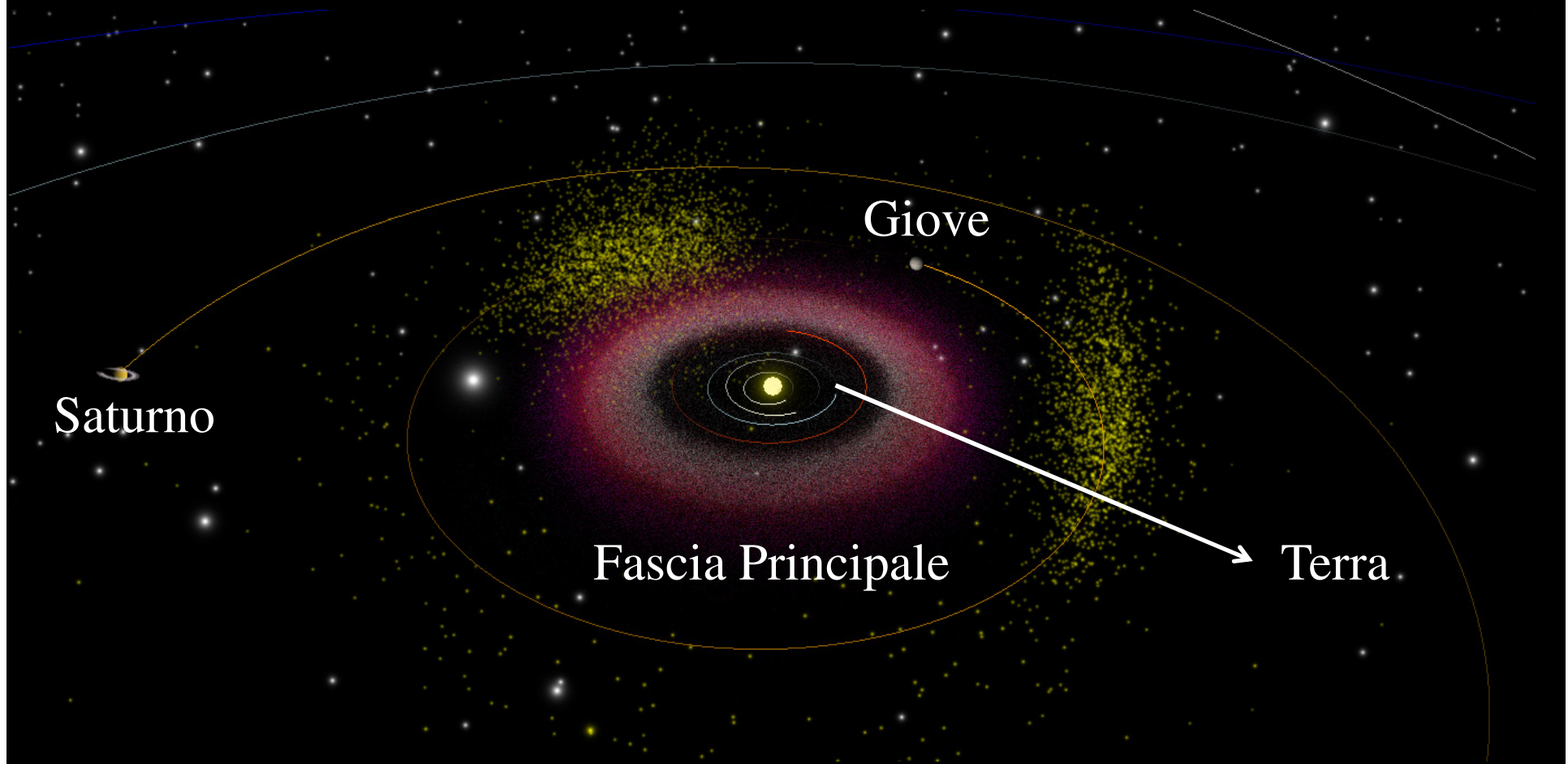
Dr. Albino Carbognani, Ph.D.

**INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio di
Bologna**

INAF
OAS BOLOGNA



Gli asteroidi nel Sistema Solare



Comete e asteroidi sono oggetti relativamente primordiali, i resti dei planetesimi da cui si sono formati i pianeti e i loro satelliti circa 5 miliardi di anni fa.

Un asteroide di Fascia Principale: (243) Ida

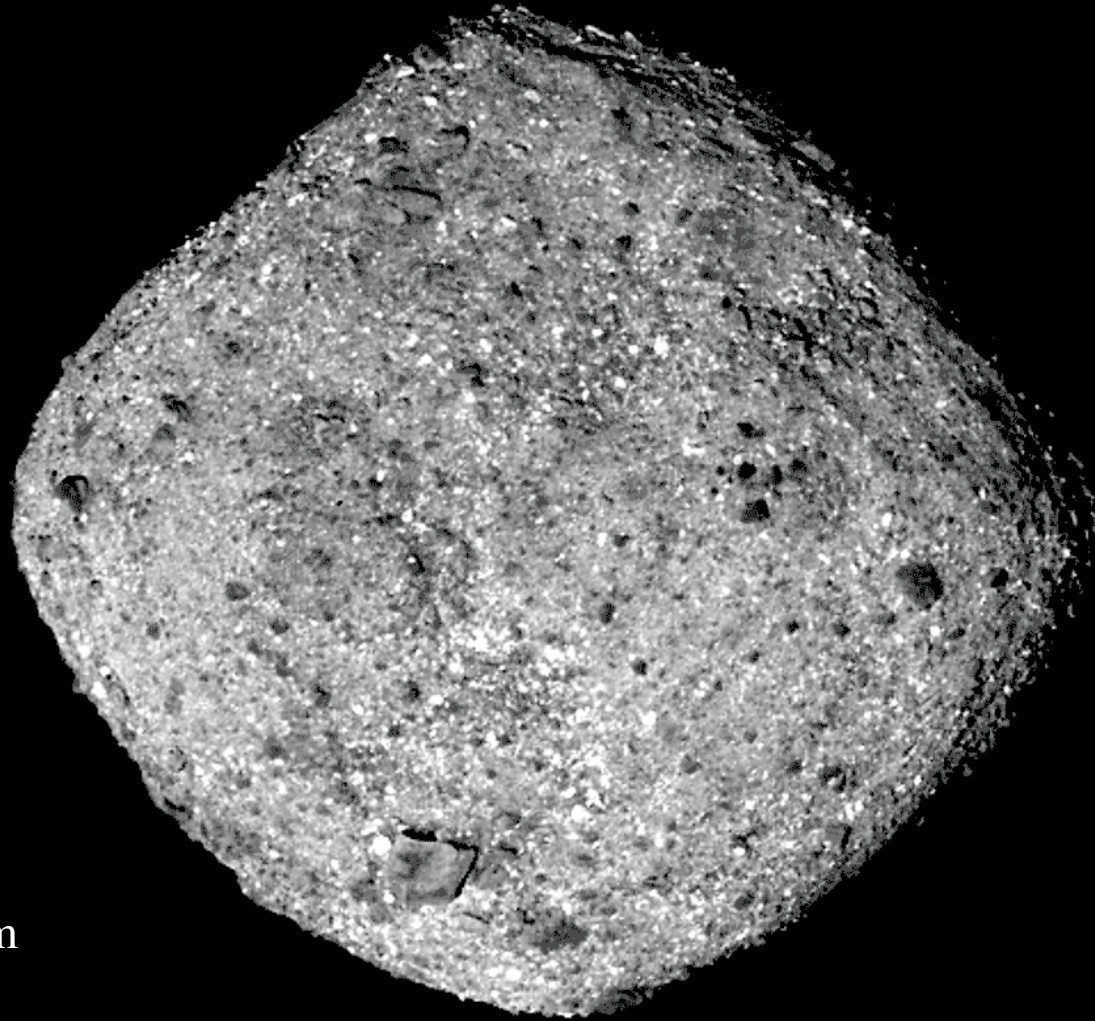


Diametro = $53,6 \times 24,0 \times 15,2$ km

Periodo = 4,28 h

I crateri da impatto dimostrano che gli asteroidi della Fascia Principale hanno subito un'evoluzione di tipo collisionale che ha dato origine ad asteroidi più piccoli e a una miriade di meteoroidi!

L'asteroide (101955) Bennu



Diametro = 0,5 km

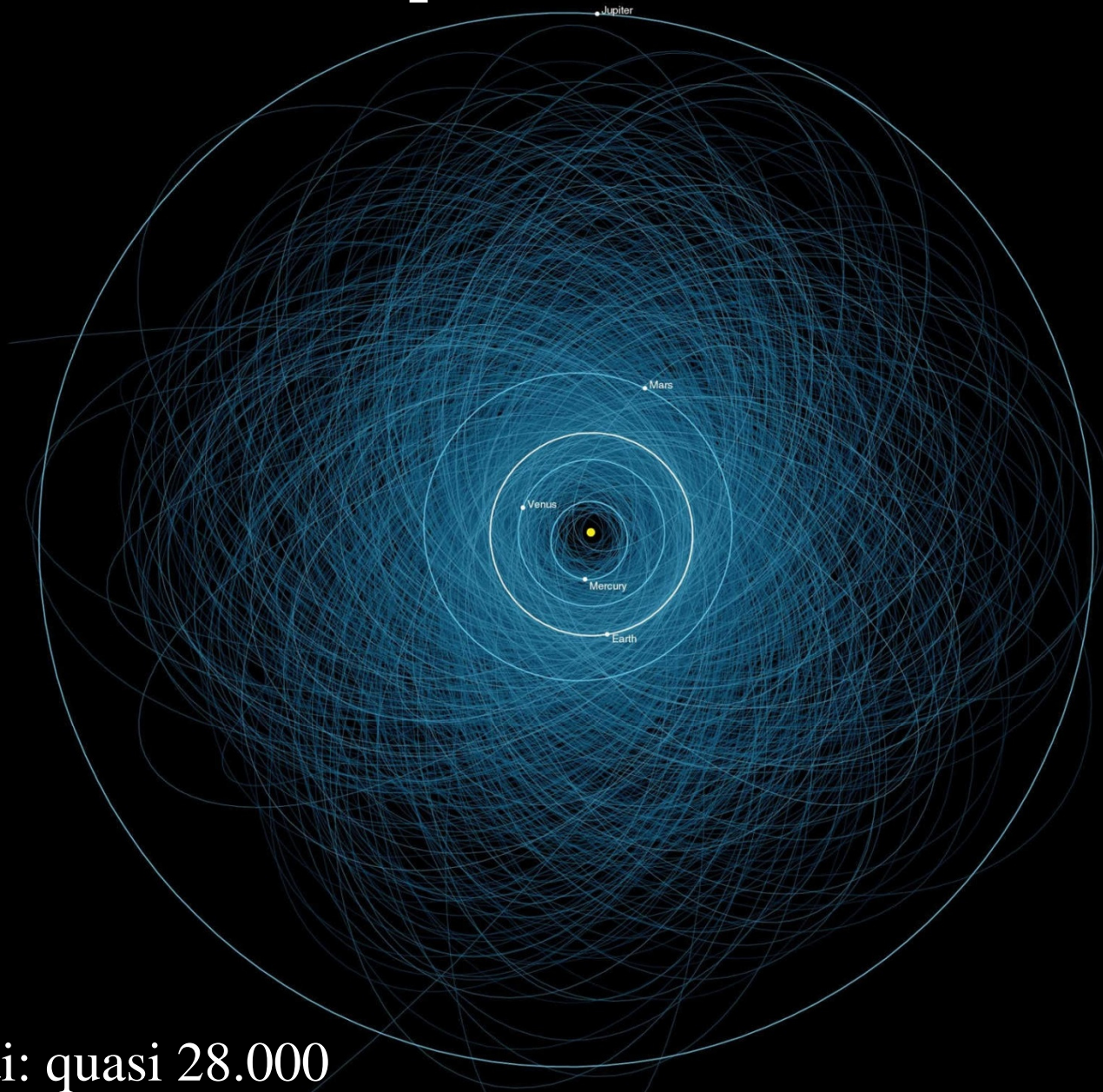
Periodo = 4,28 h

Struttura = rubble pile

OSIRIS-REx (NASA)



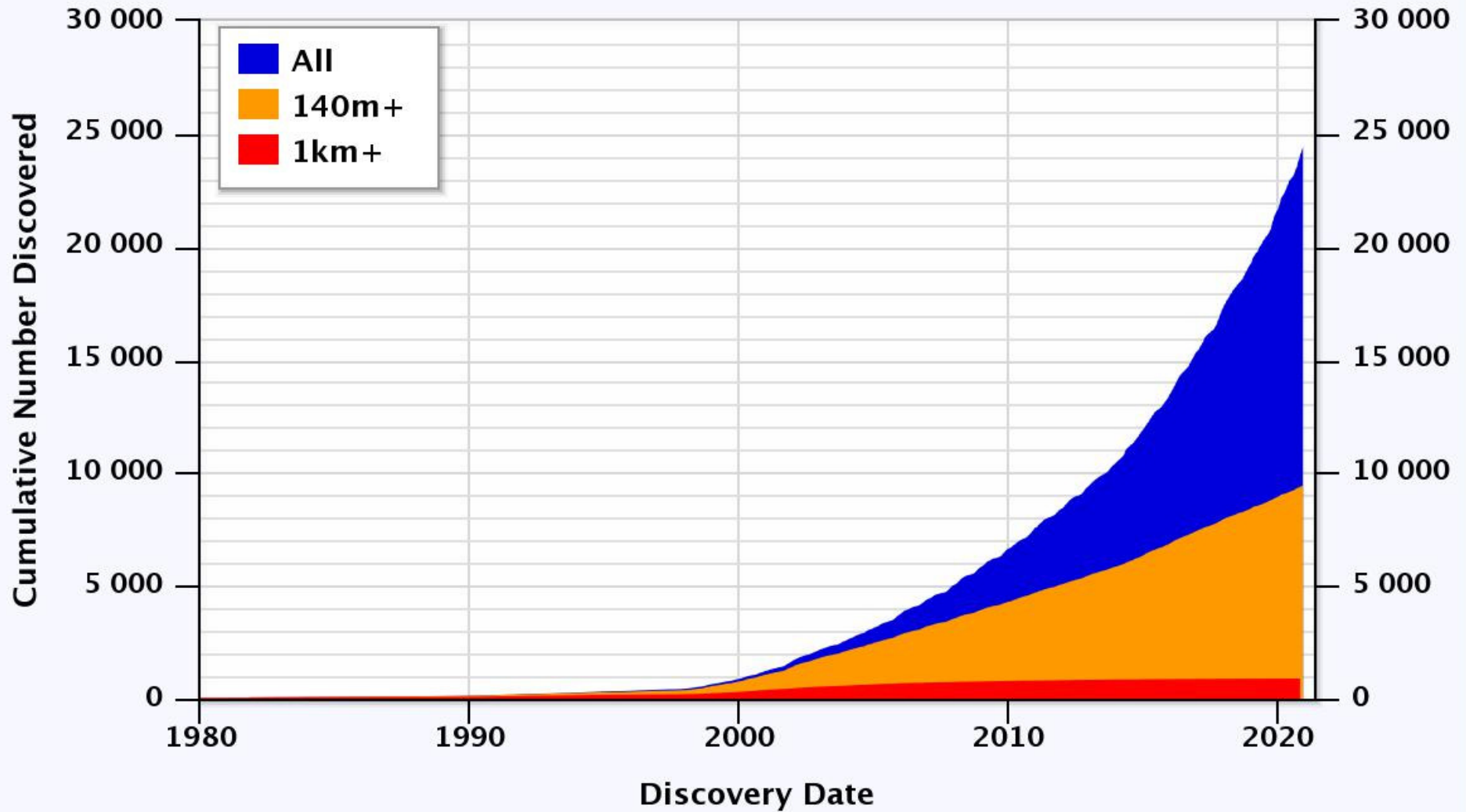
Asteroidi «pericolosi»: i NEA



Oggetti noti: quasi 28.000

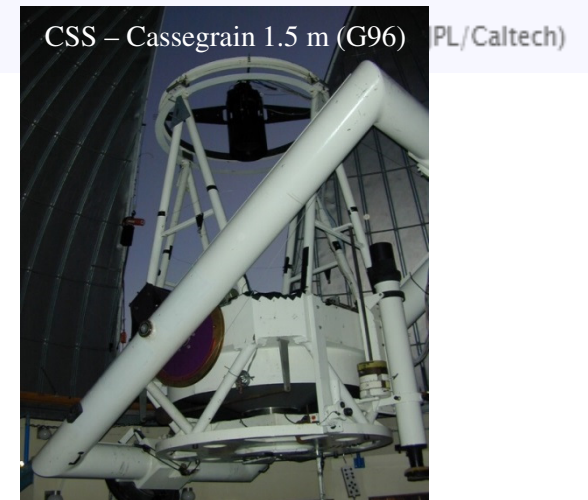
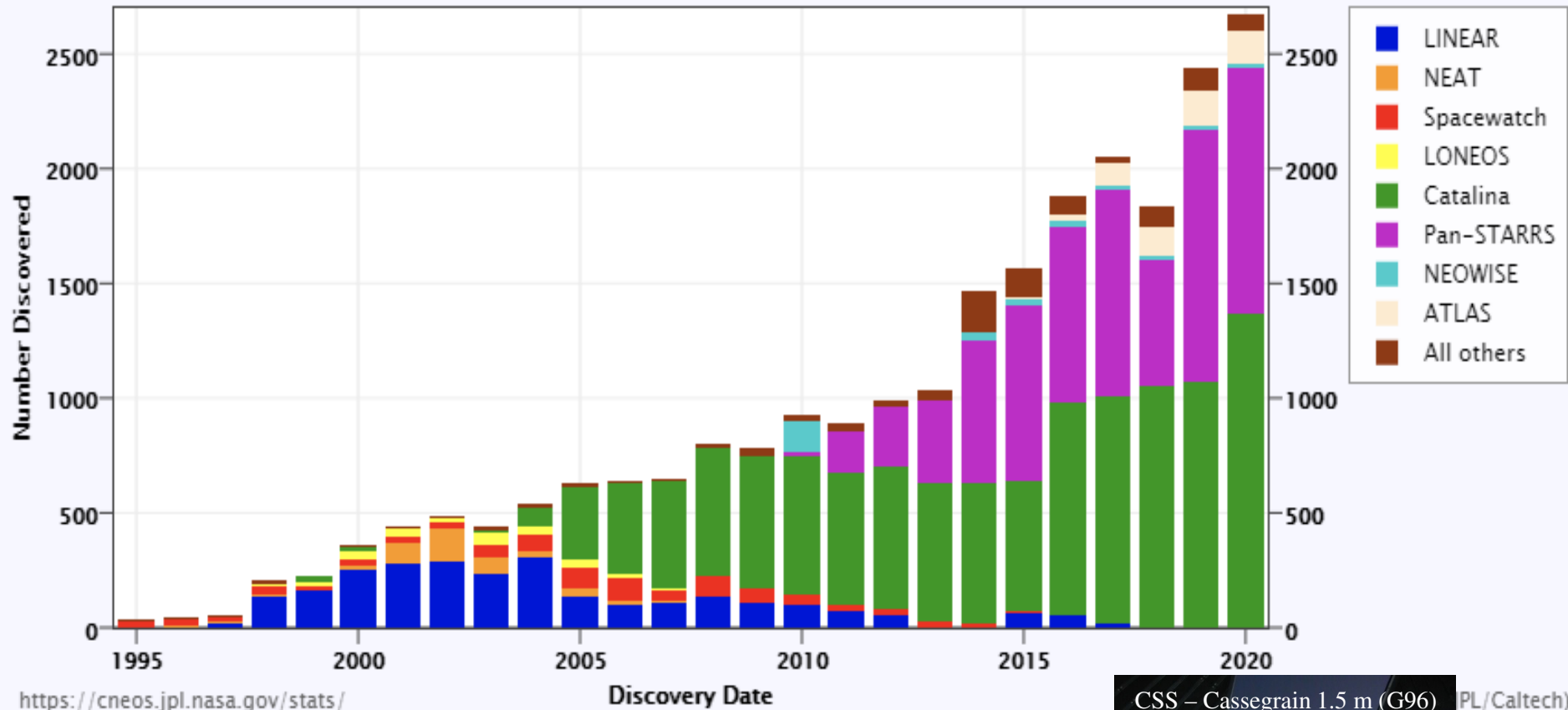
Near-Earth Asteroids Discovered

Most recent discovery: *2020-Nov-28*

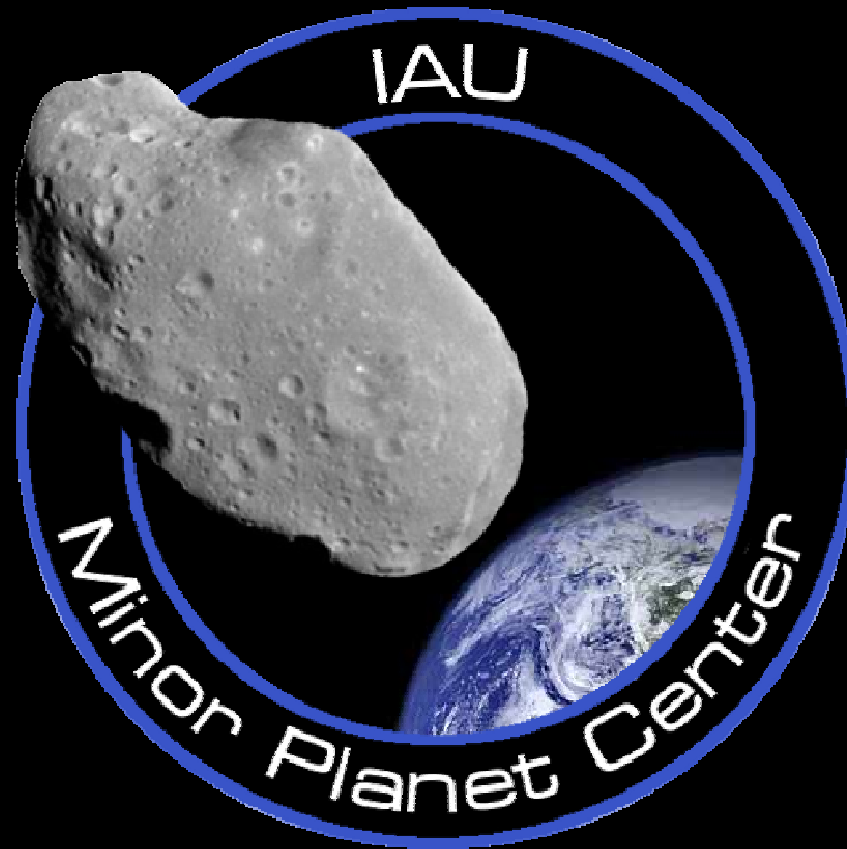


Near-Earth Asteroid Discoveries by Survey

All NEAs (as of 2020-Nov-30)

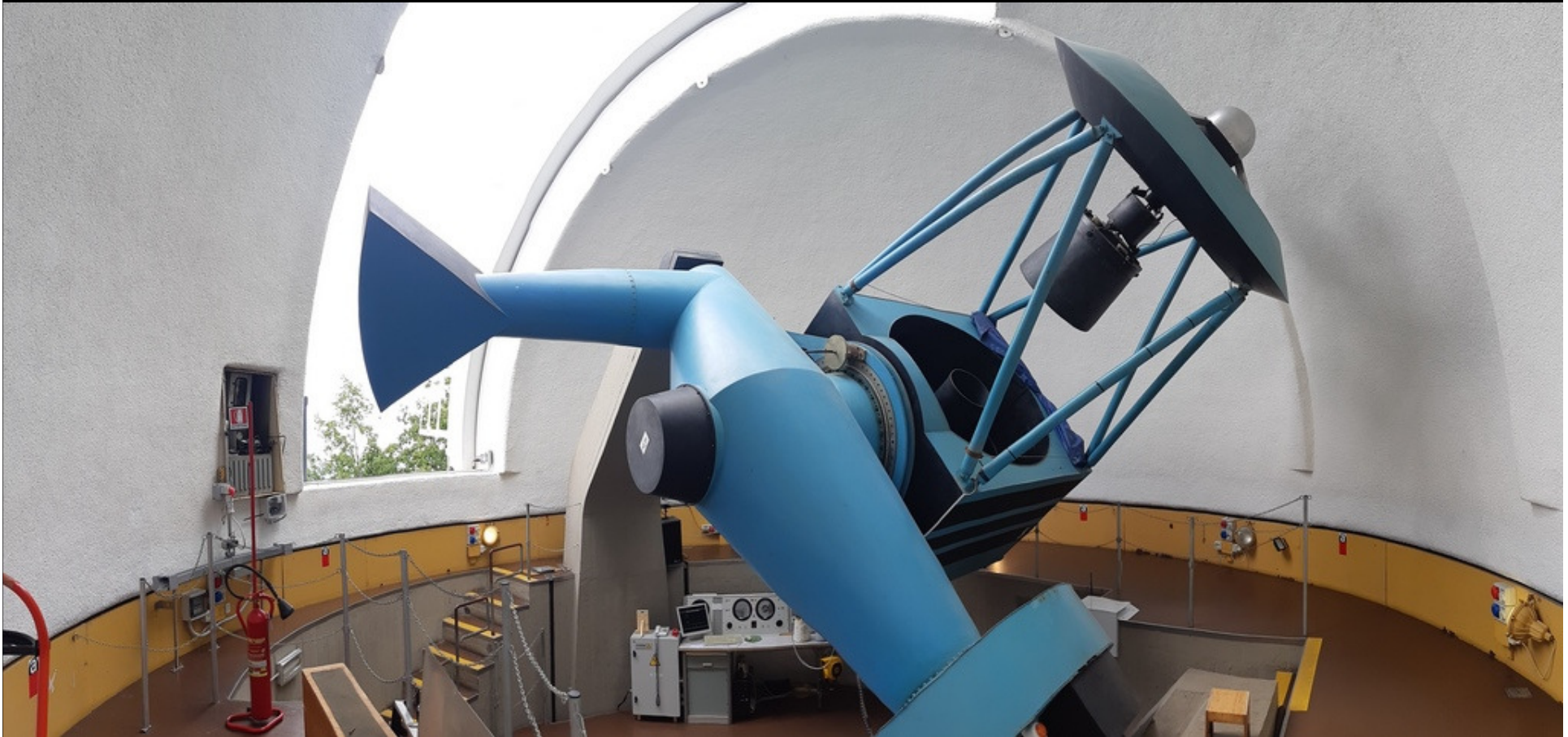


Chi coordina? Il Minor Planet Center



Il punto di arrivo delle misure di posizione astrometriche sui NEO è il Minor Planet Center (MPC), che si trova a Cambridge presso lo Smithsonian Astrophysical Observatory (Massachusetts, USA), fondato nel 1947. Il MPC è responsabile per l'identificazione, la denominazione e il calcolo dell'orbita di asteroidi, comete e satelliti irregolari dei pianeti.

«Sorveglianza spaziale» con il telescopio «G. D. Cassini» della stazione di Loiano dell'INAF-OAS



Con un peso di 9 tonnellate e un diametro dello specchio di 1,52 m è il secondo telescopio più grande e funzionante presente sul territorio italiano.



2022 AE1

Near-Earth 2022 AE1, Jan 21, 2022; 22:11 UT
"Cassini" Telescope 1.52-m f/4.8 + CCD
A. Carbognani, INAF-OAS, Loiano (BO), Italy

Quando un piccolo asteroide cade sulla Terra: il Meteor Crater



Meteor Crater, Arizona (USA).
Diametro: 1,2 km
Profondità: 170 m
Età: 20.000/50.000 anni

La Catastrofe di Tunguska (30 giugno 1908)

Tunguska, Siberia (Russia)

Data: 30 giugno 1908

Ore 7:14 locali (00:14 UT)

Esplosione di un corpo cosmico di 60 m di diametro a 8 km di quota

Inclinazione traiettoria: 35°

Boato udito fino a 1200 km di distanza

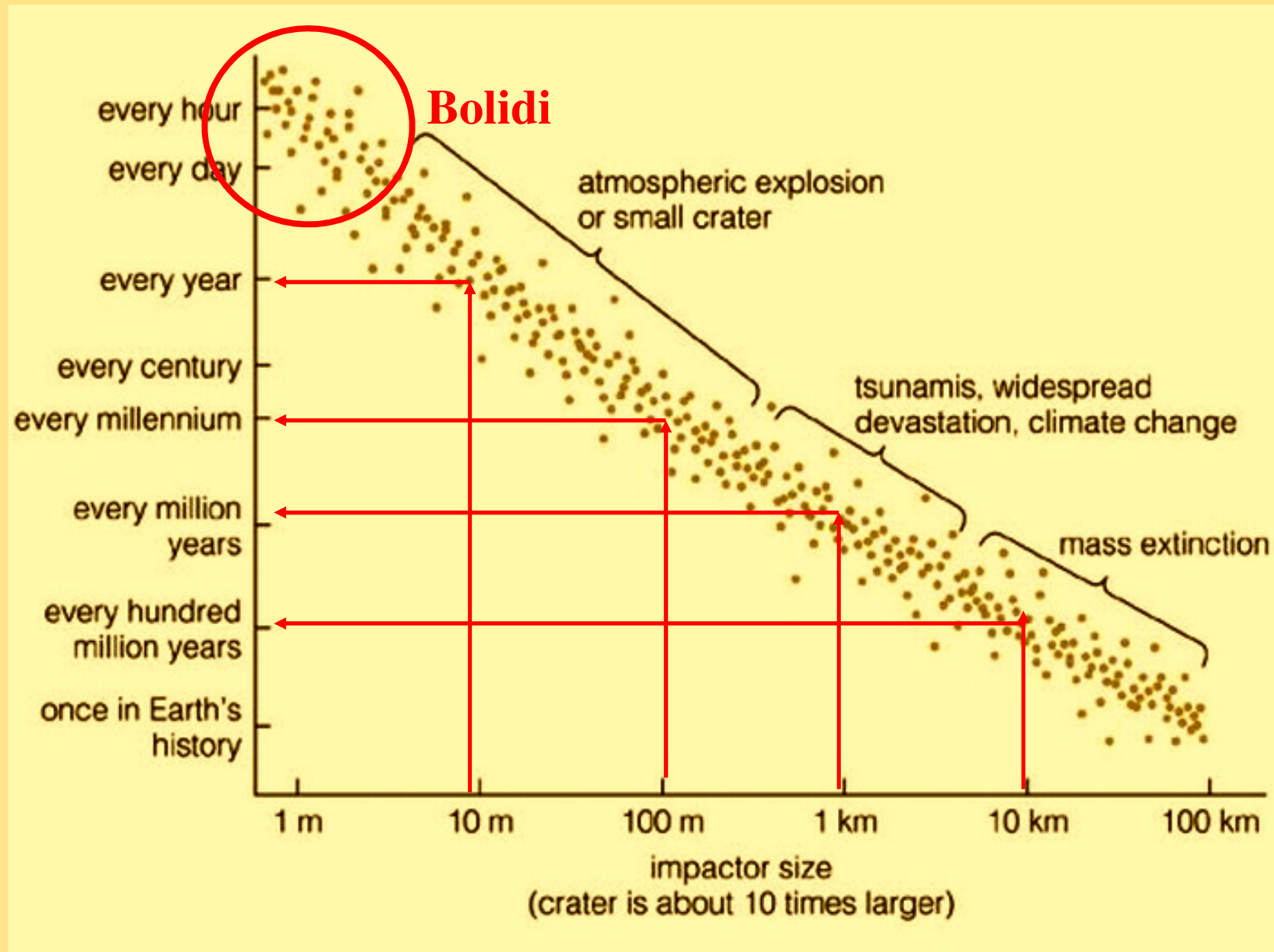
Area devastata: 2.150 kmq²

Energia cinetica rilasciata: 12,5 Mt

Bomba Hiroscima: 16 kt (rapporto=800)

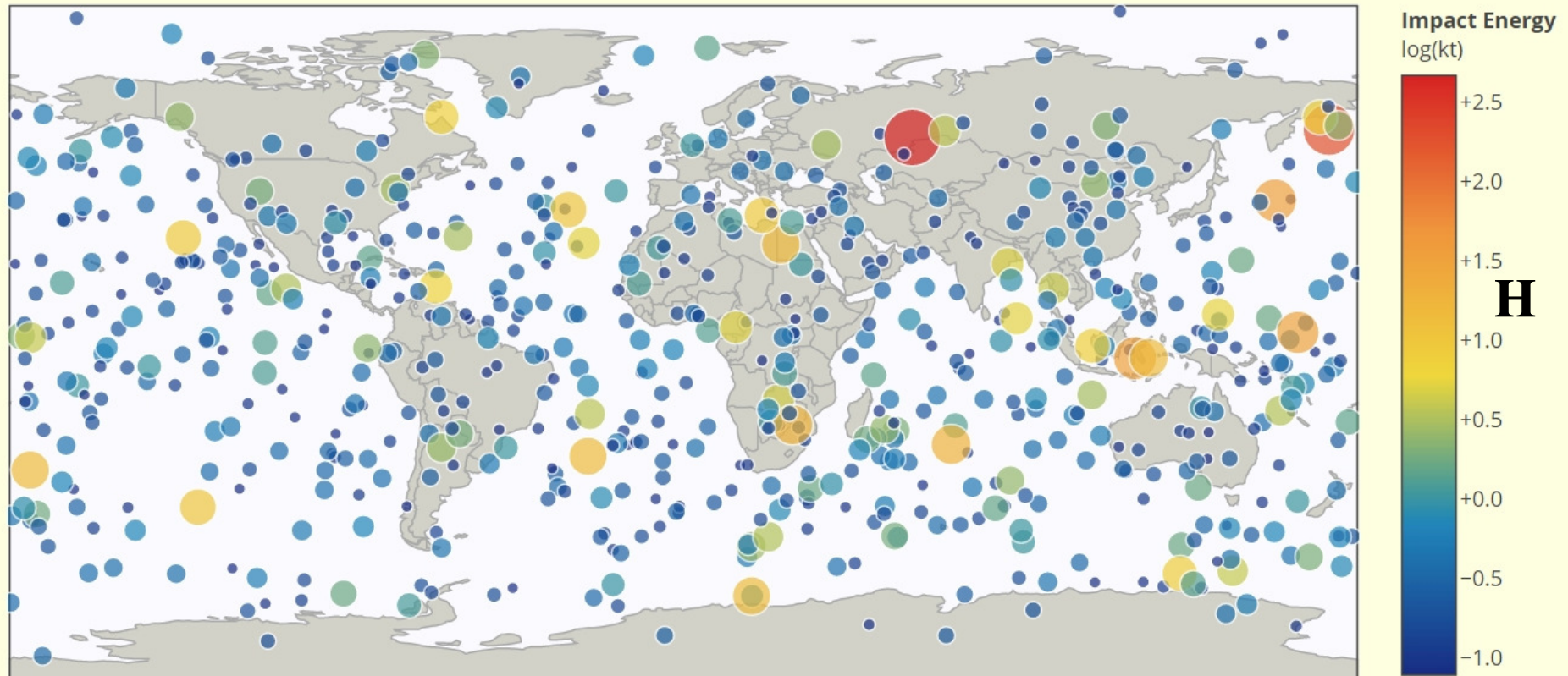
DON
DAVIS
6/10/08

Frequenza degli impatti e loro conseguenze



Fireballs Reported by US Government Sensors

(1988-Apr-15 to 2020-Nov-07)

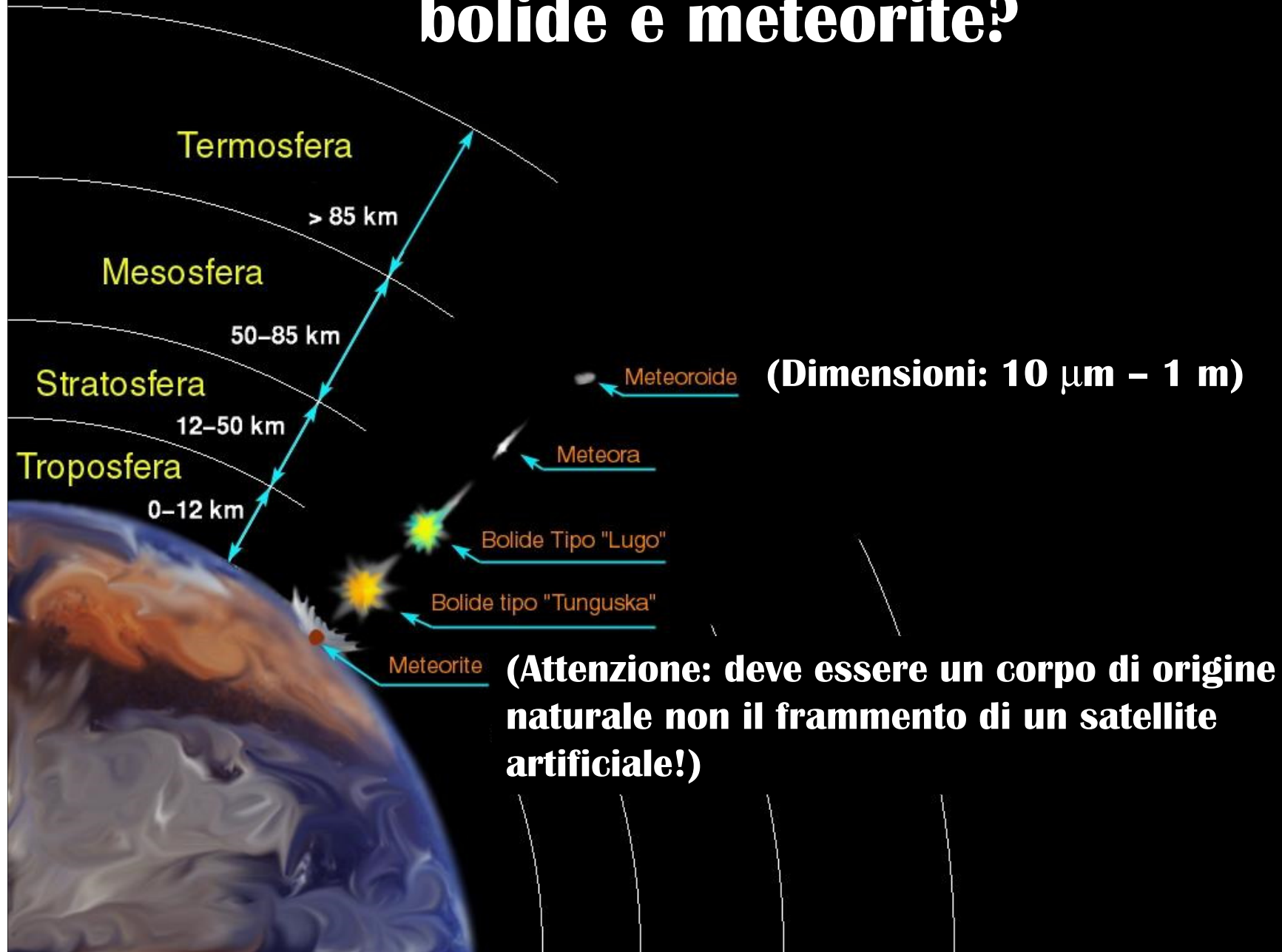


<https://cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/>

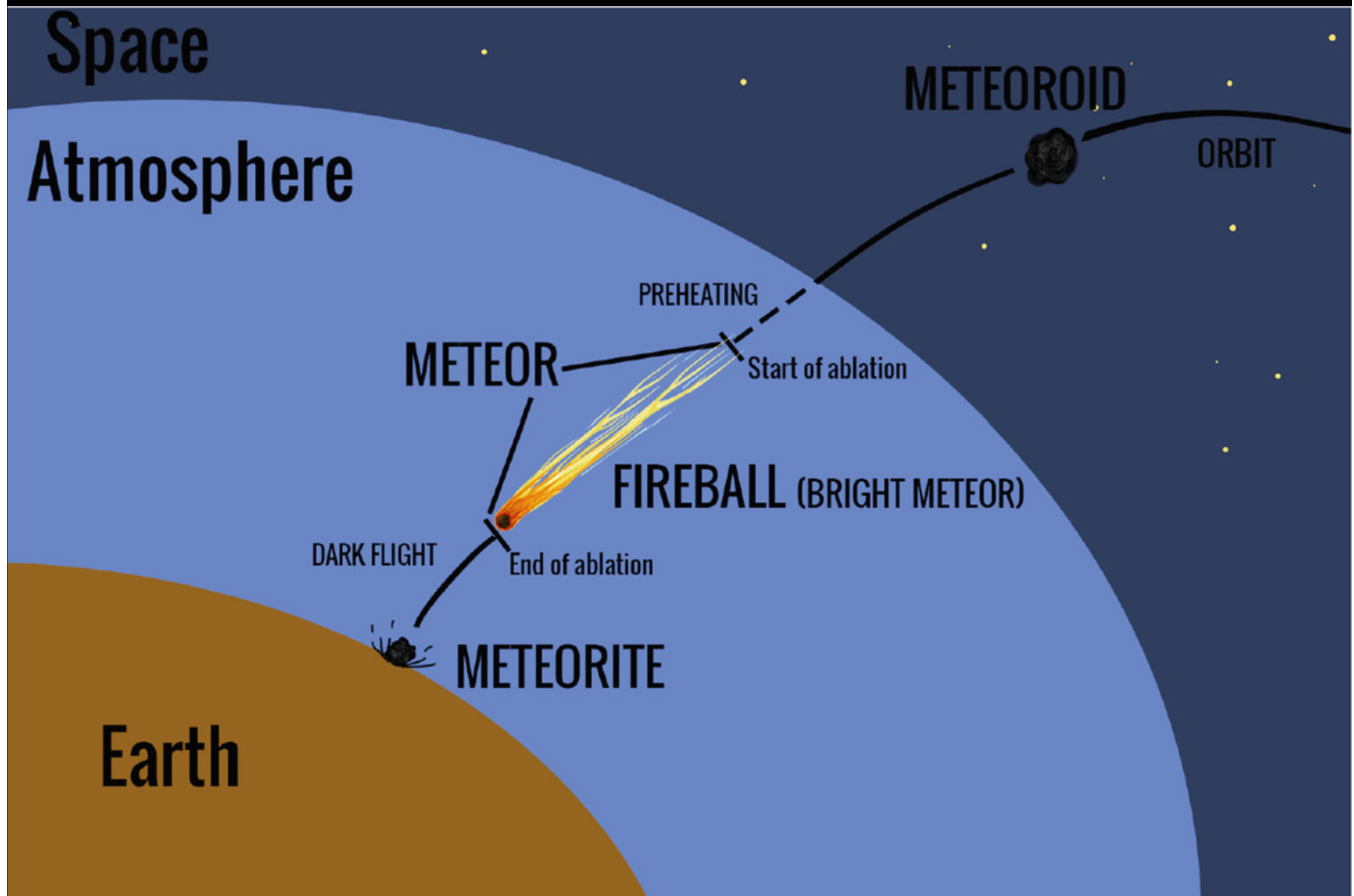
Alan B. Chamberlin (JPL/Caltech)

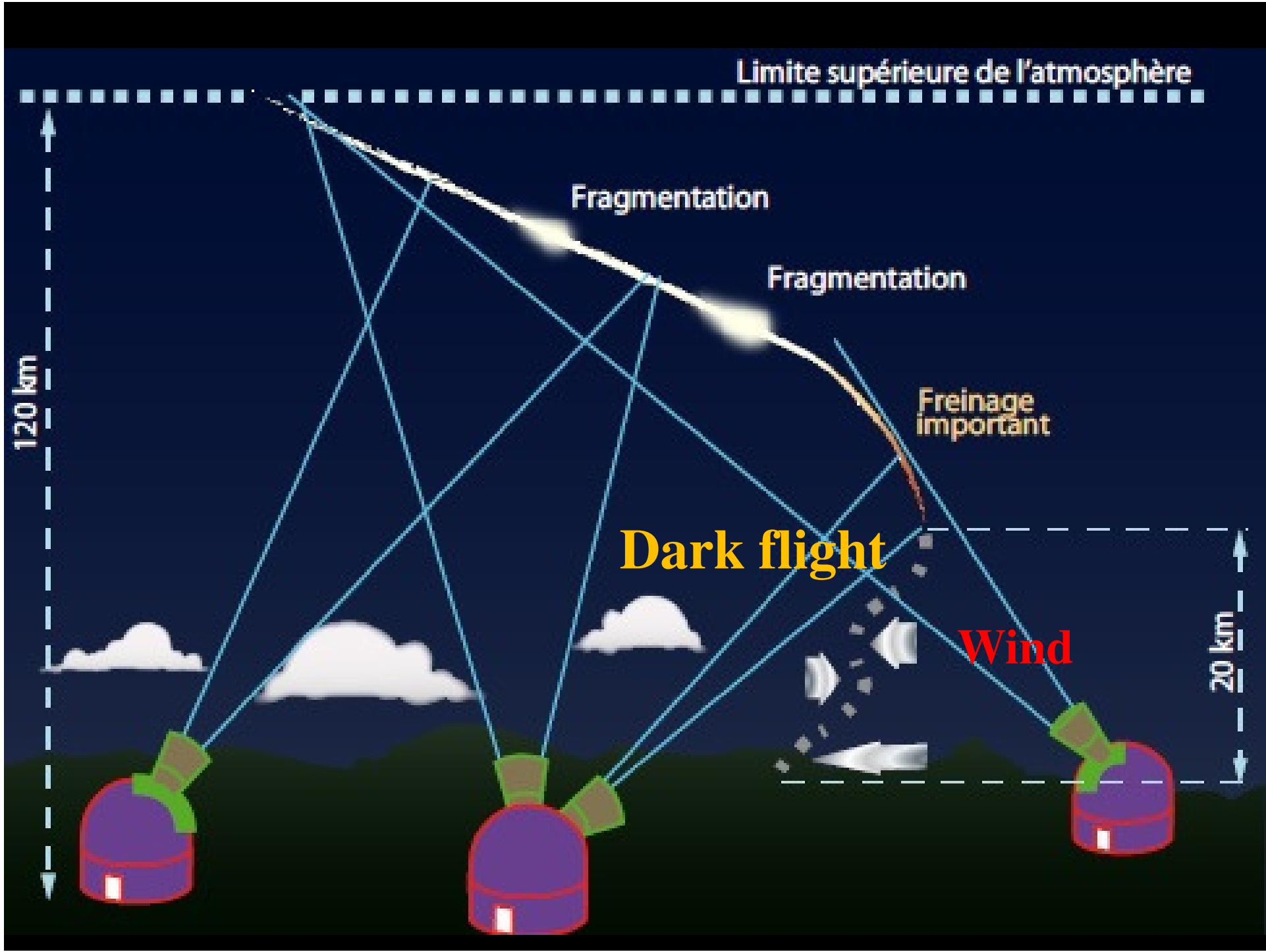
Su tutta la Terra, in media, si ha un evento ogni 14 giorni. Giornalmente, la Terra **accresce la propria massa di circa 100 tonnellate** per effetto delle collisioni con polvere interplanetaria e meteoroidi.

Che differenza c'è fra meteoroidi, meteora, bolide e meteorite?



Path di un tipico bolide che genera una caduta





Limite supérieure de l'atmosphère

Fragmentation

Fragmentation

Freinage important

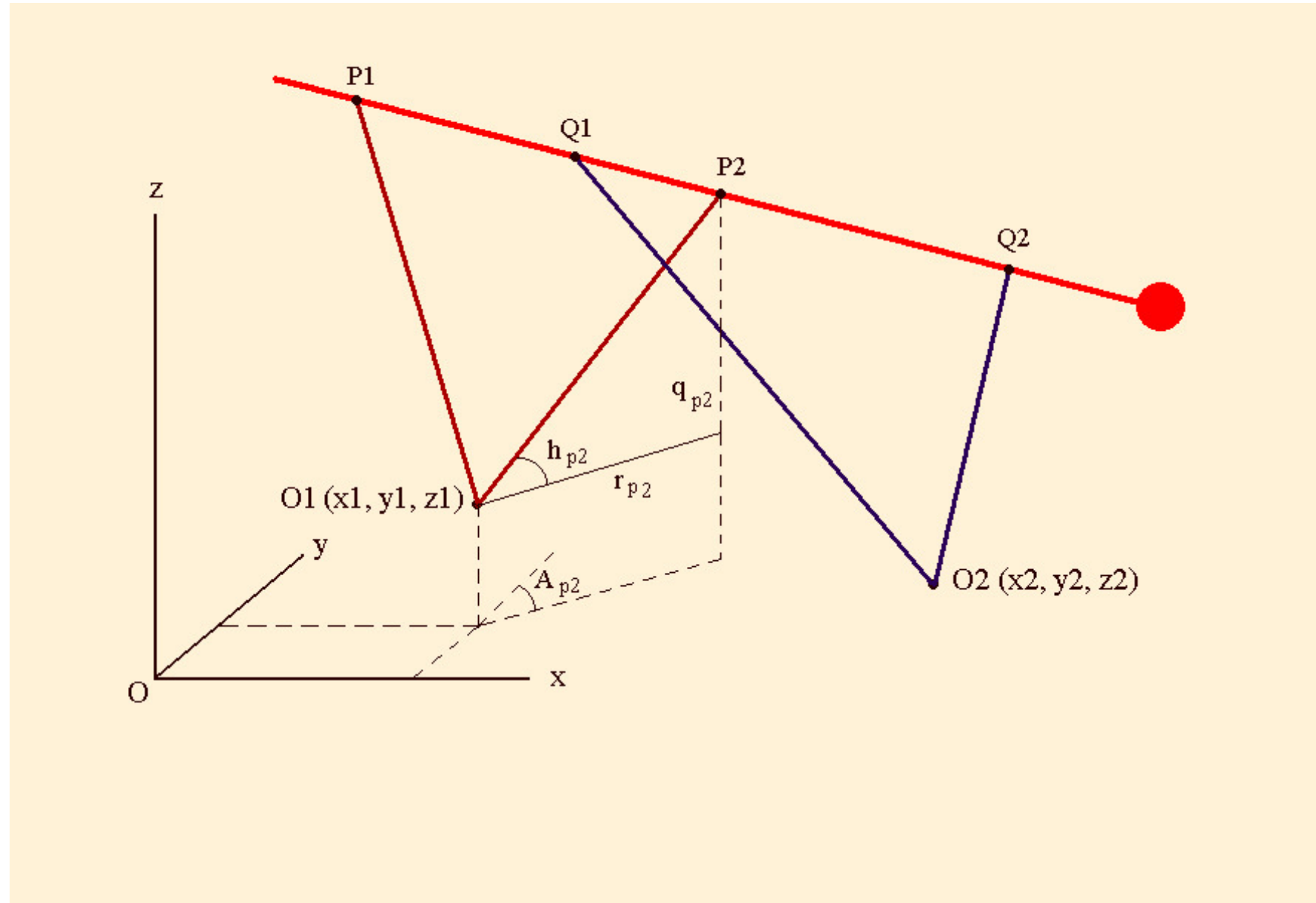
Dark flight

Wind

120 km

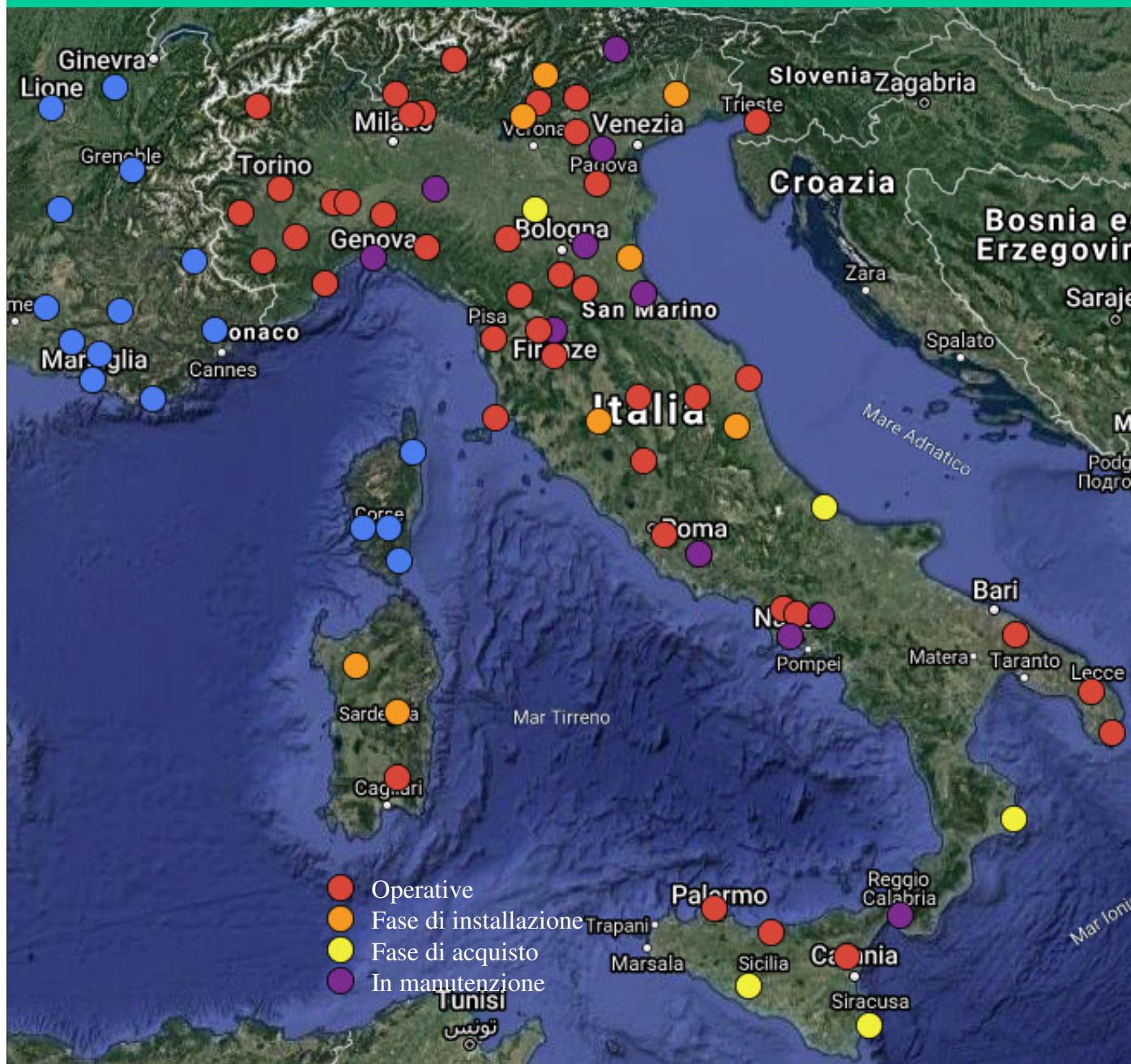
20 km

La traiettoria del bolide si ottiene come intersezione di due piani contenenti gli osservatori e le direzioni osservate



La rete PRISMA coordinata dall'INAF

Totale camere
PRISMA: 65



PRISMA collabore con FRIPON

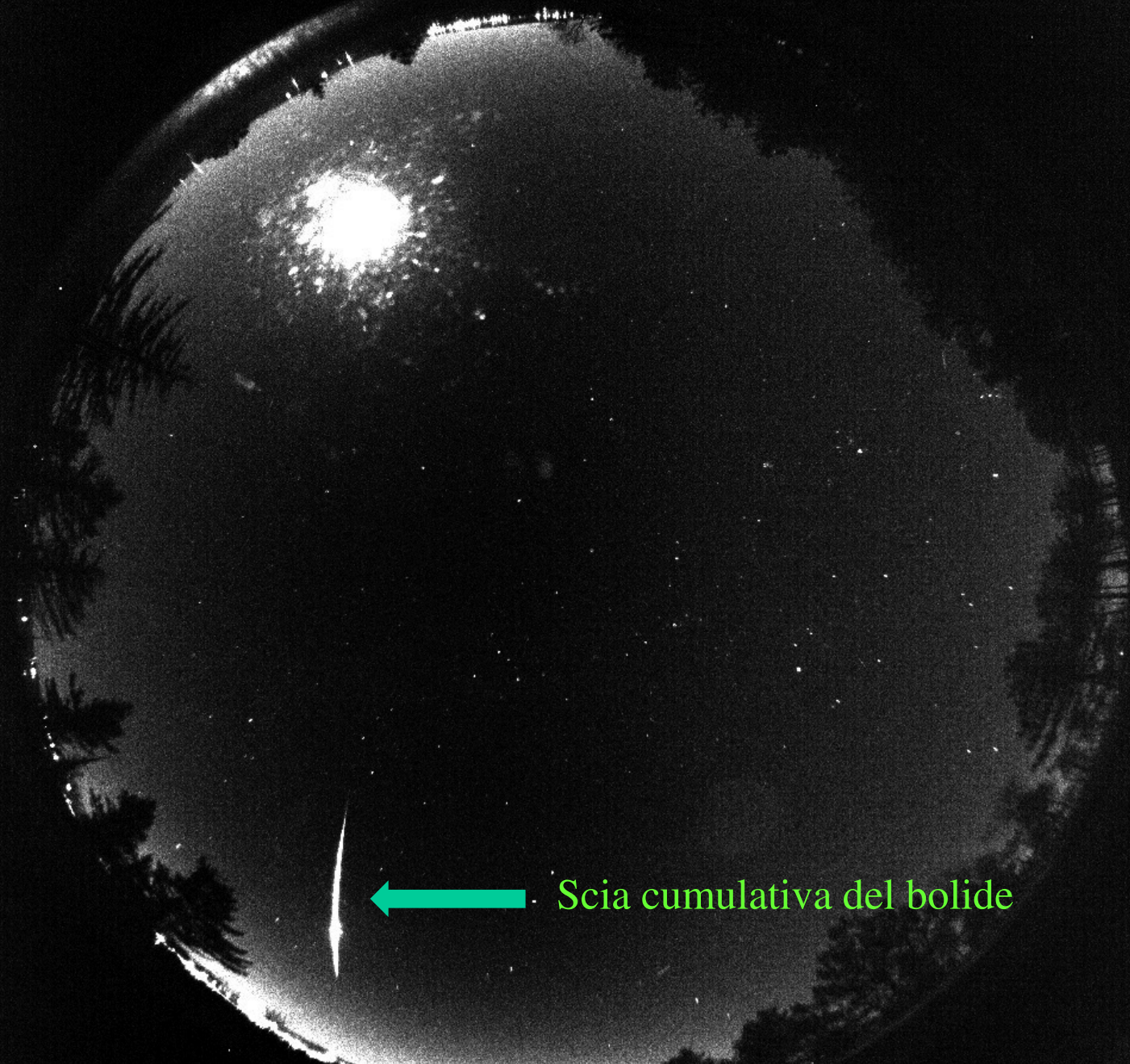


L'hardware di una camera PRISMA





Bolide del 1 gennaio 2020, 18:27 UT

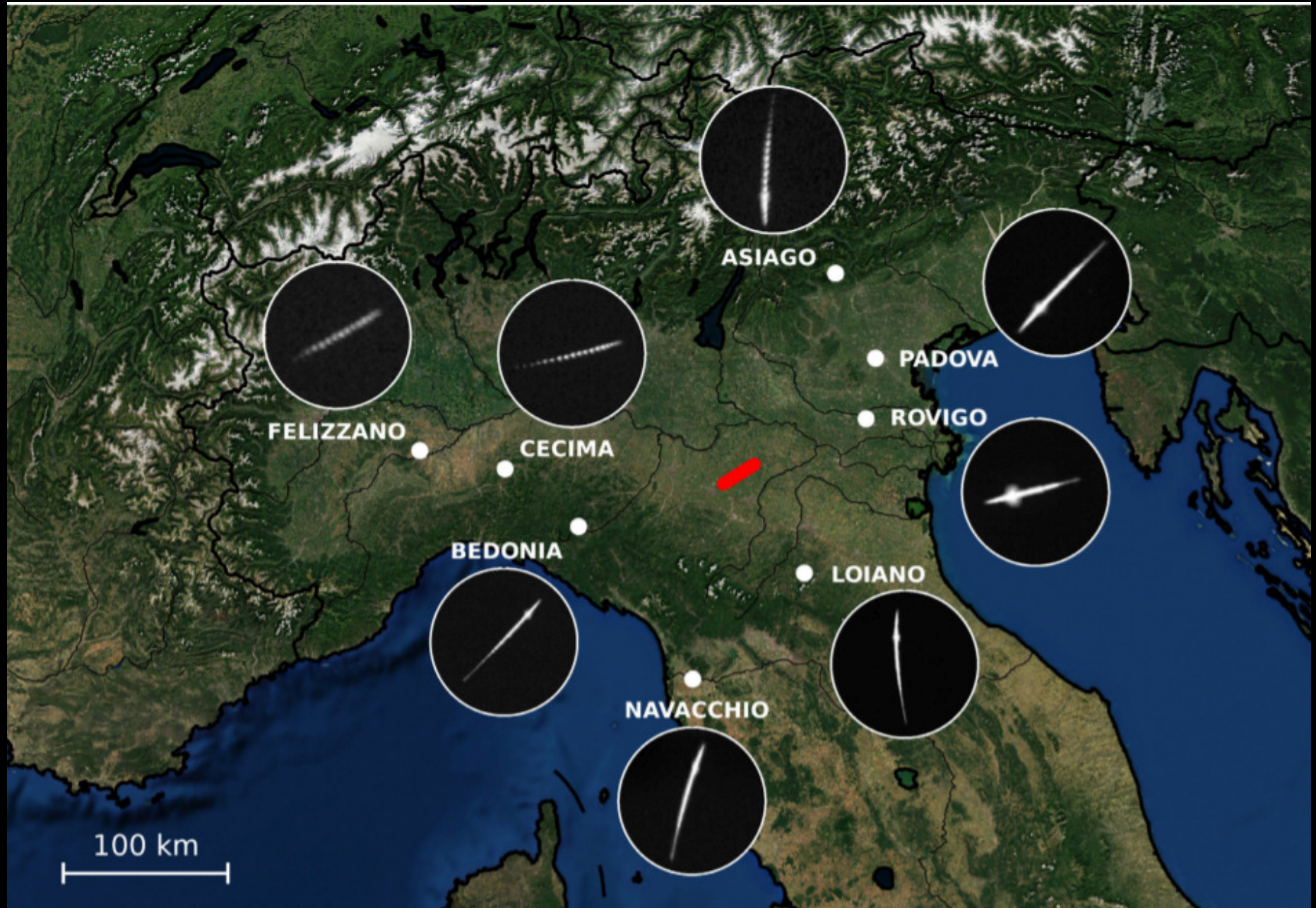


← Scia cumulativa del bolide

ITER01

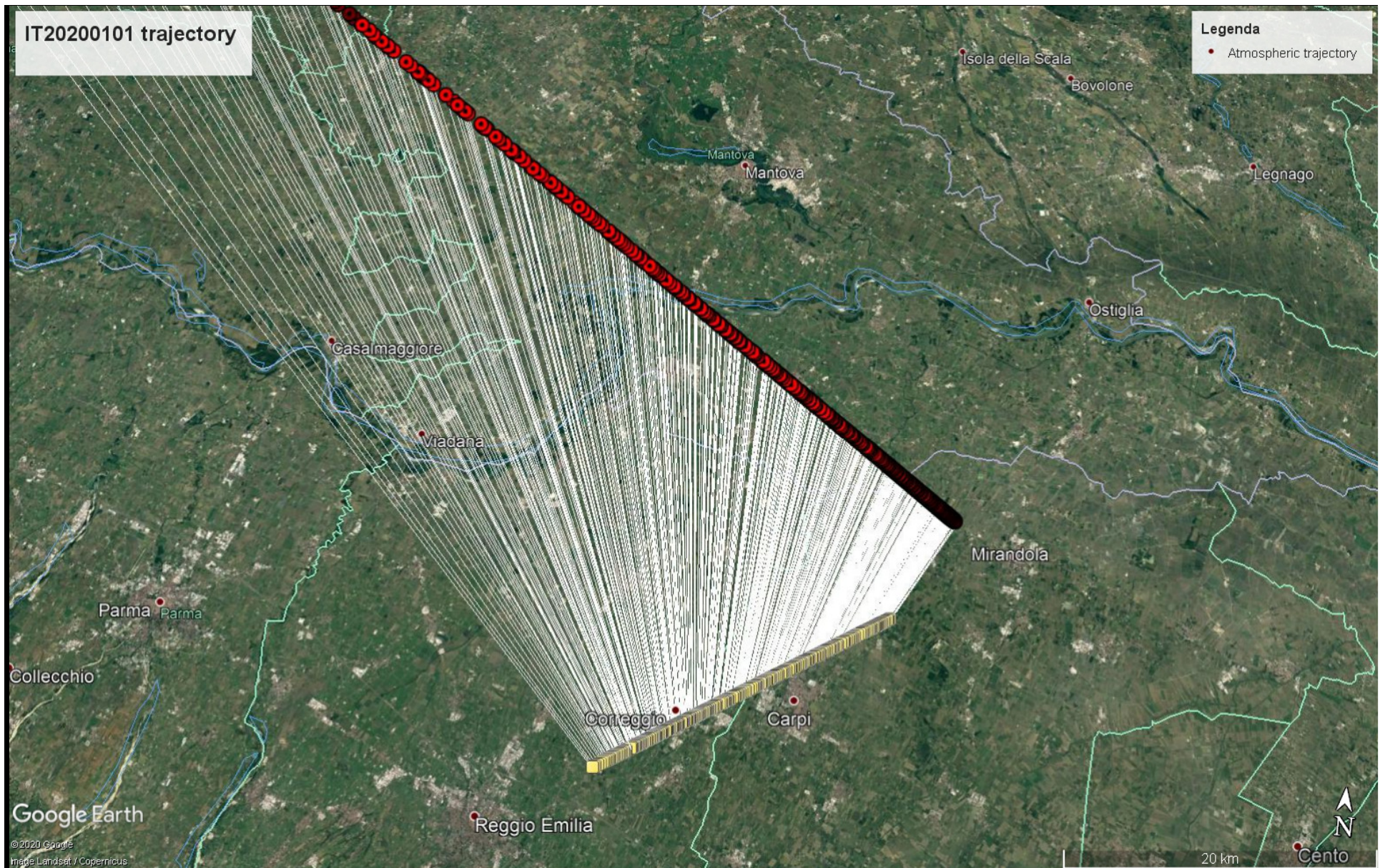
Loiano

Le 8 camere PRISMA che hanno visto il bolide

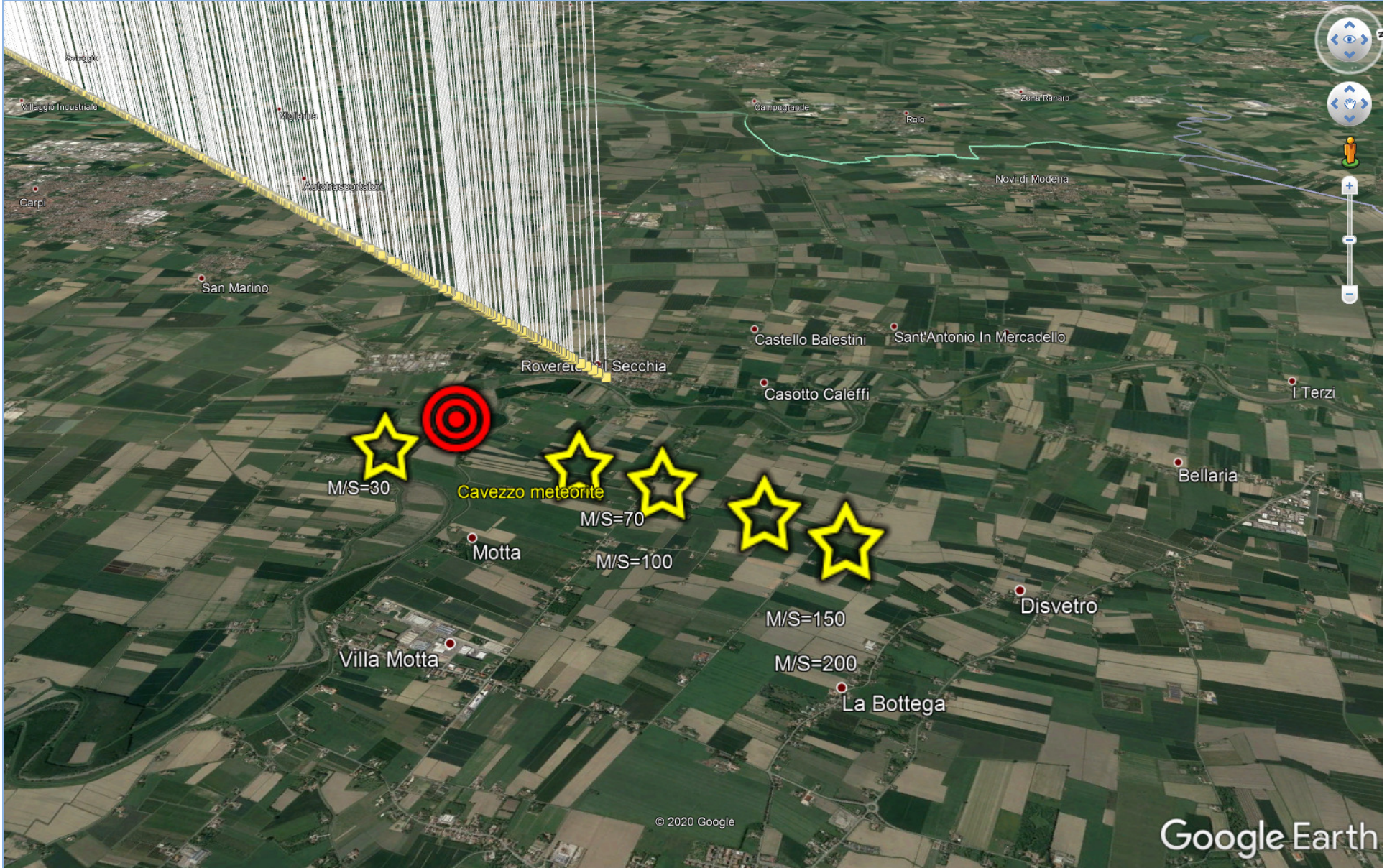


L'analisi di un bolide si articola in 5 fasi

1. **Astrometria**: dalle immagini del bolide si ricava **RA** e **DEC** in funzione del tempo **per ogni stazione all-sky**.
2. **Triangolazione**: si usano i dati astrometrici delle diverse stazioni **all-sky** per la ricostruzione della traiettoria media del bolide in atmosfera.
3. **Modello dinamico meteoroidale**: a partire dalle **quote** e dalle **velocità osservate** rispetto al suolo si ottengono i parametri fisici che descrivono il meteoroidale: Γ , σ , M/A , V_∞ .
4. **Dark-flight**: a partire dal **punto finale osservato**, conoscendo **quota** e **velocità finali**, si fa un modello della caduta libera per ottenere la zona al suolo dove andare a cercare eventuali meteoriti (**strewn-field**). In questa fase è necessaria la **conoscenza dello stato verticale dell'atmosfera**, in particolare **intensità e direzione del vento**.
5. **Orbita**: a partire dal modello dinamico del meteoroidale si ottiene la **velocità all'infinito fuori atmosfera**. Da questa si può ricavare la **velocità eliocentrica** del meteoroidale e, conoscendo la posizione della Terra nello spazio al momento della caduta, si ottiene **l'orbita eliocentrica del meteoroidale**. Dall'orbita si possono avere indizi sull'origine del meteoroidale – asteroidale o cometario – e sul **corpo progenitore**.



Triangolazione del bolide del 1 gennaio 2020. Azimut: 238° (SW-NE); Inclinazione: 68° ; lunghezza traiettoria: 59 km; durata: 5.6 s. Quota iniziale: 76 km, quota finale: 21.5 km. Velocità infinito: 12.8 km/s. Massa iniziale stimata del meteoroide: 3.5 kg.



Fisica della caduta di un meteoroide

(Corpo singolo)

Conservazione della **quantità di moto** (descrive il frenamento atmosferico):

$$M \frac{dv}{dt} = -\Gamma \rho A v^2$$

Γ = coefficiente adimensionale di resistenza aerodinamica (dipende da velocità e forma del corpo)

ρ = densità del fluido

v = velocità del corpo rispetto al fluido (m/s)

A = area della «sezione d'urto» del corpo

Conservazione dell'**energia** (descrive l'ablazione del meteoroide):

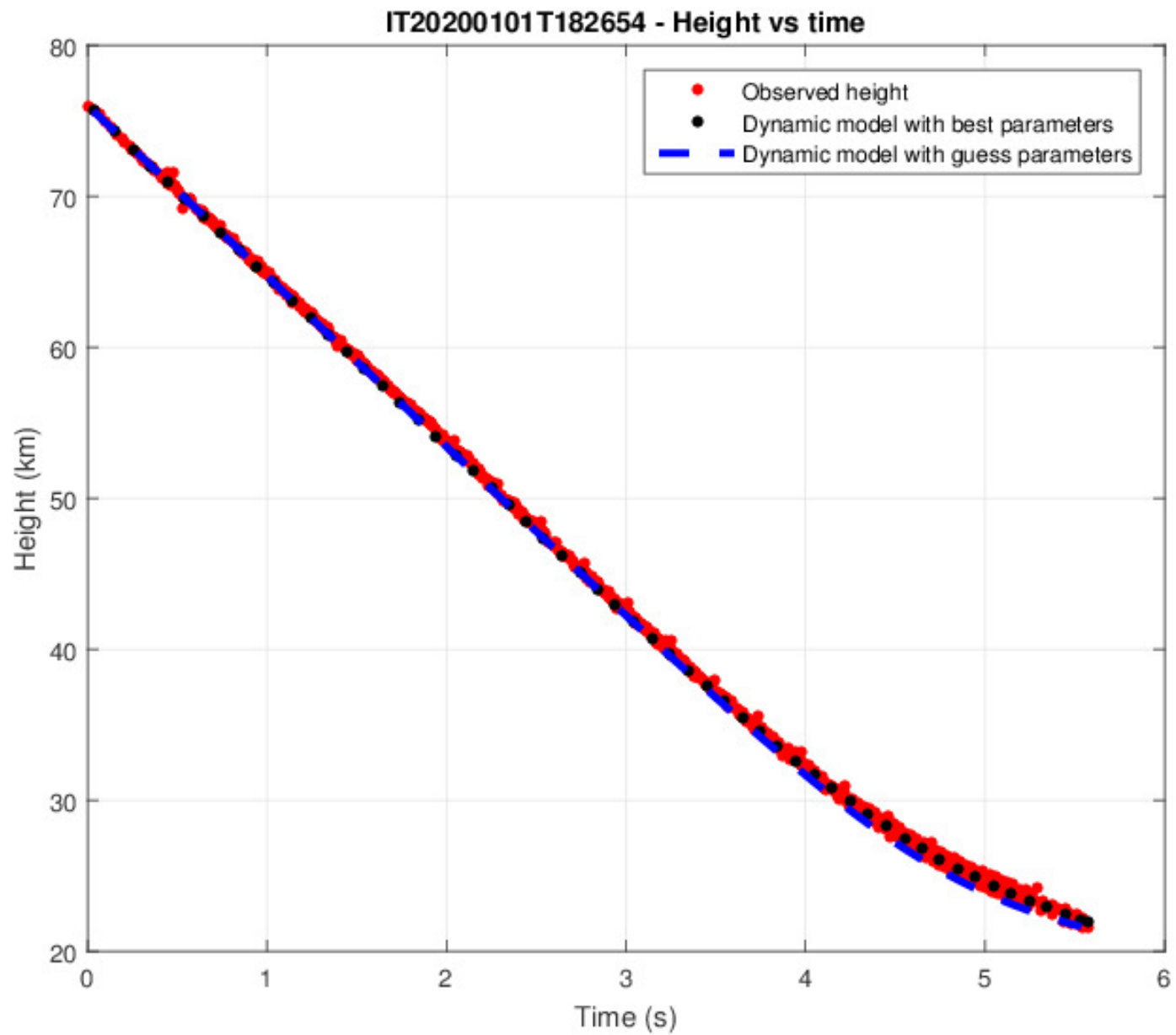
$$\frac{dM}{dt} = \frac{\Lambda}{2Q} \rho A v^3 = \Gamma \sigma A v^3$$

Λ = coefficiente adimensionale di trasferimento del calore (compreso fra 0 e 1).

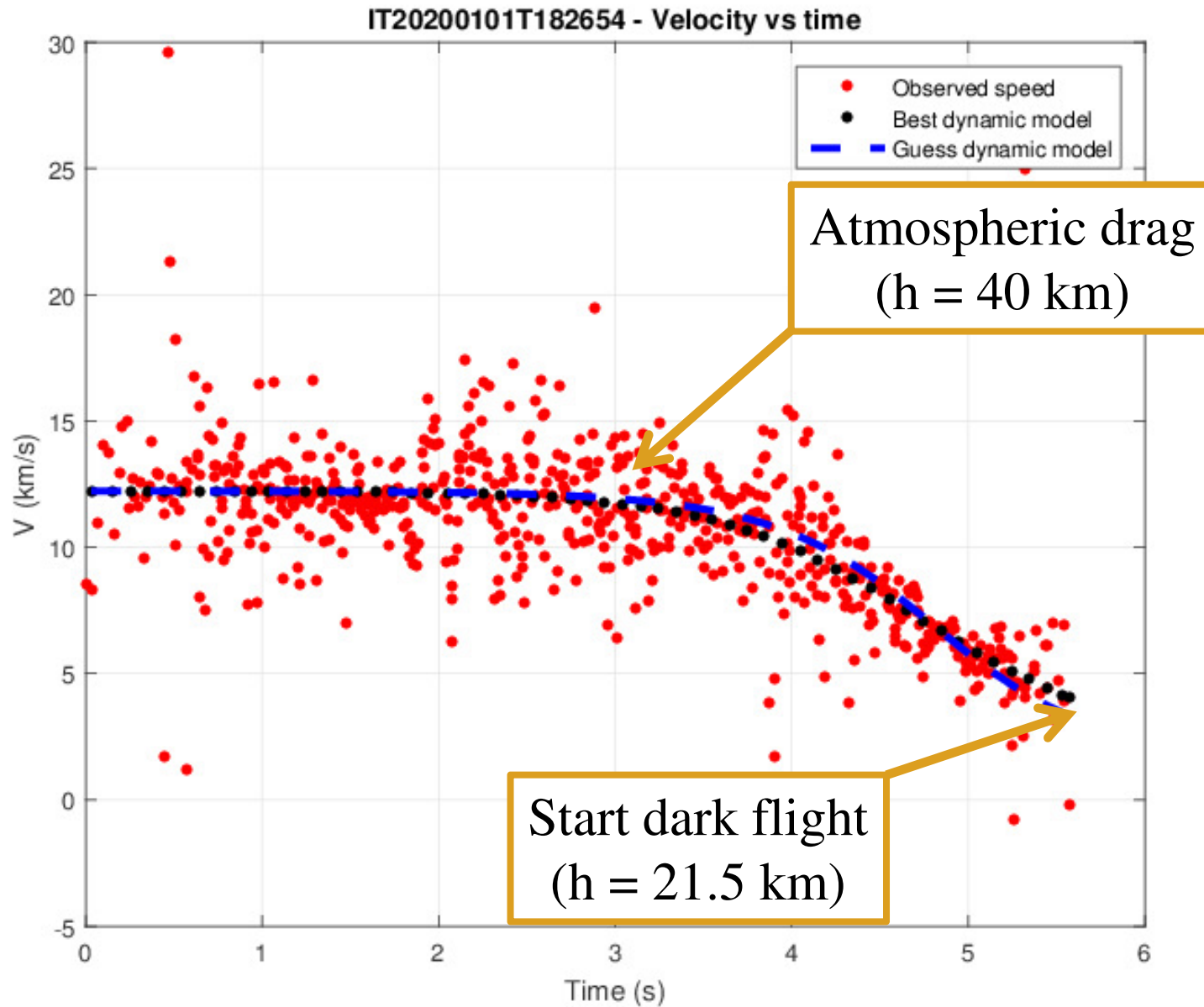
Q = energia necessaria per l'ablazione dell'unità di massa (J/kg)

$\sigma = \Lambda/2Q\Gamma$ è il coefficiente di ablazione (s²/km²)

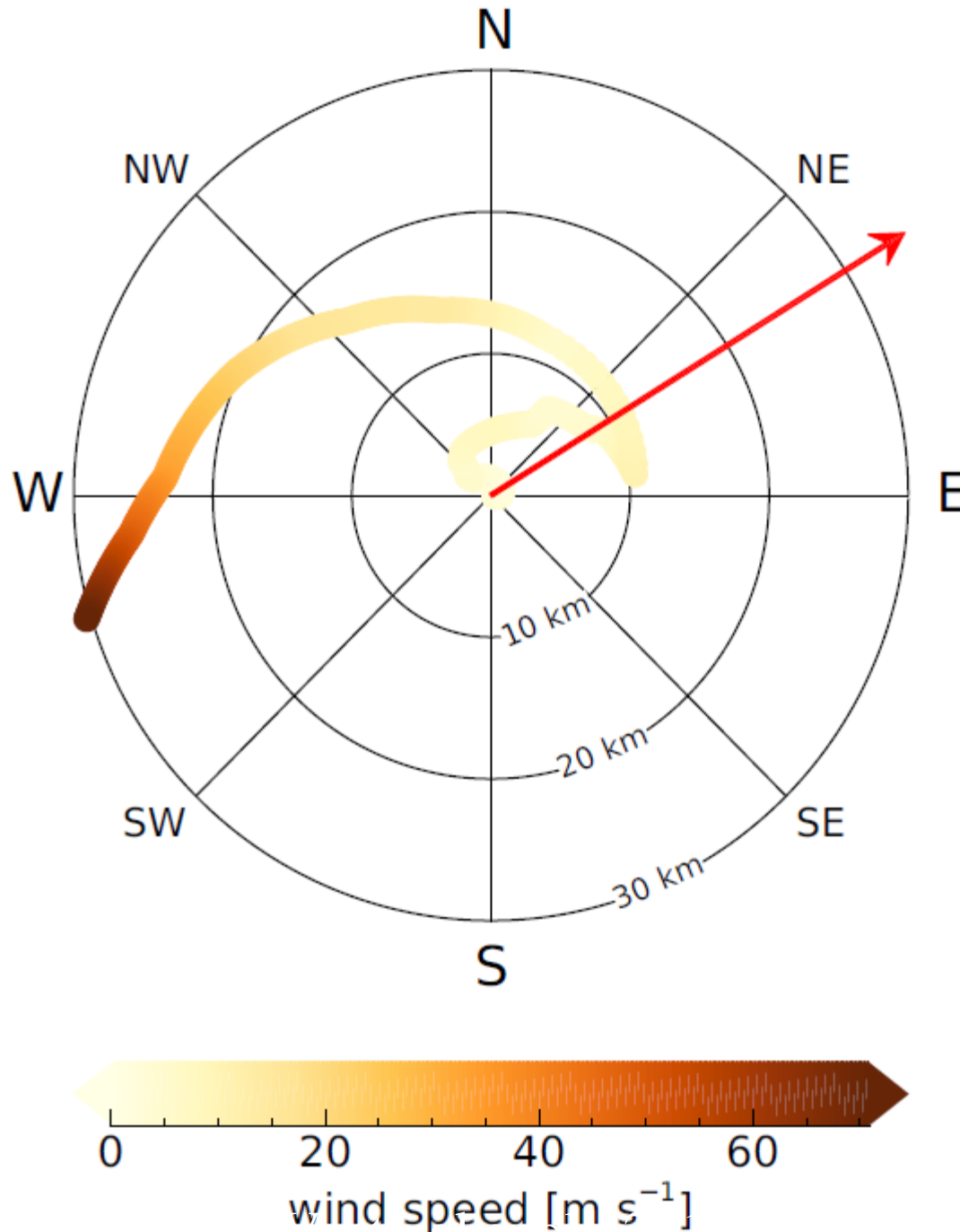
La quota del bolide in funzione del tempo



La velocità del bolide in funzione del tempo

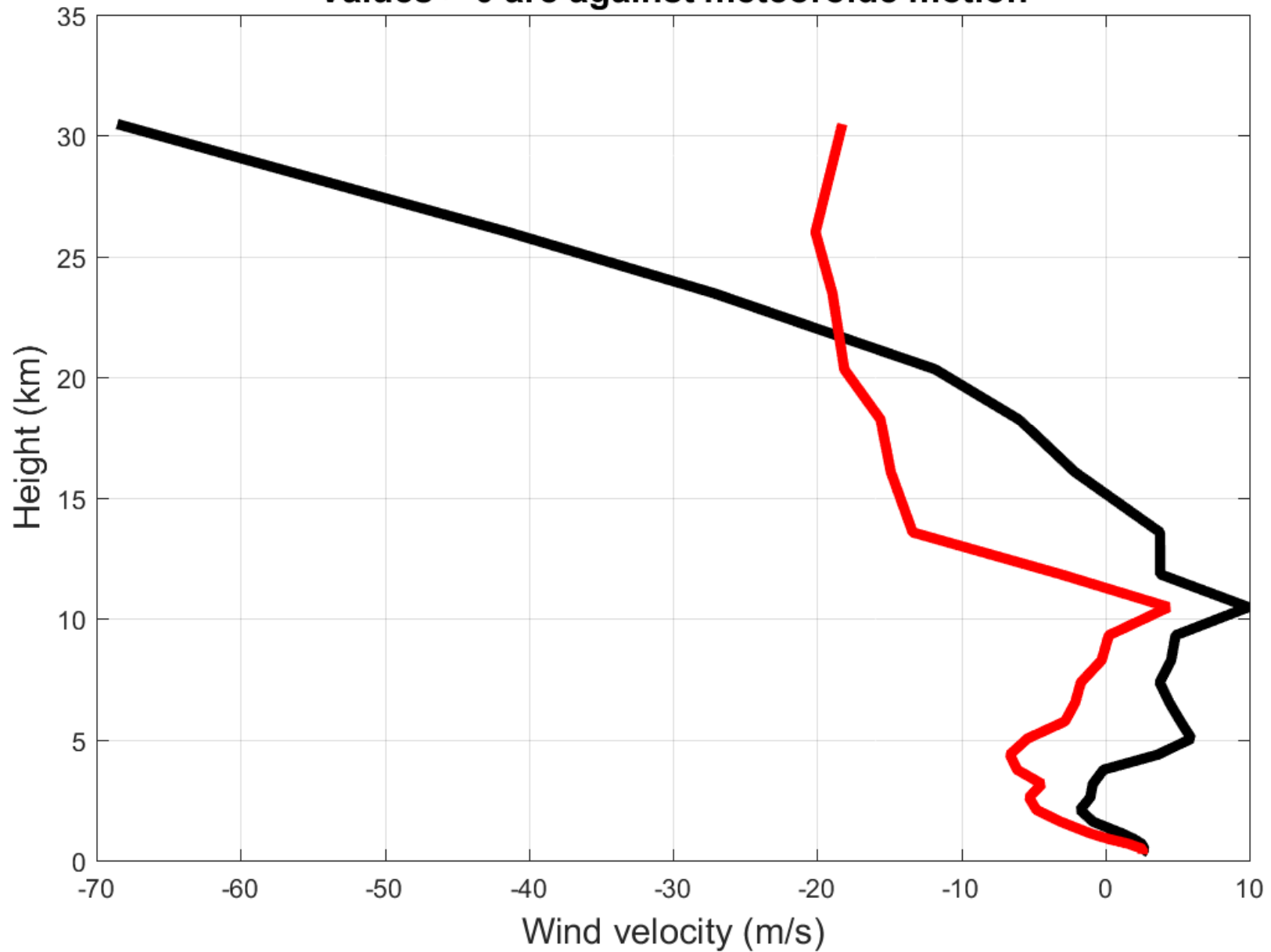


Wind vertical profile

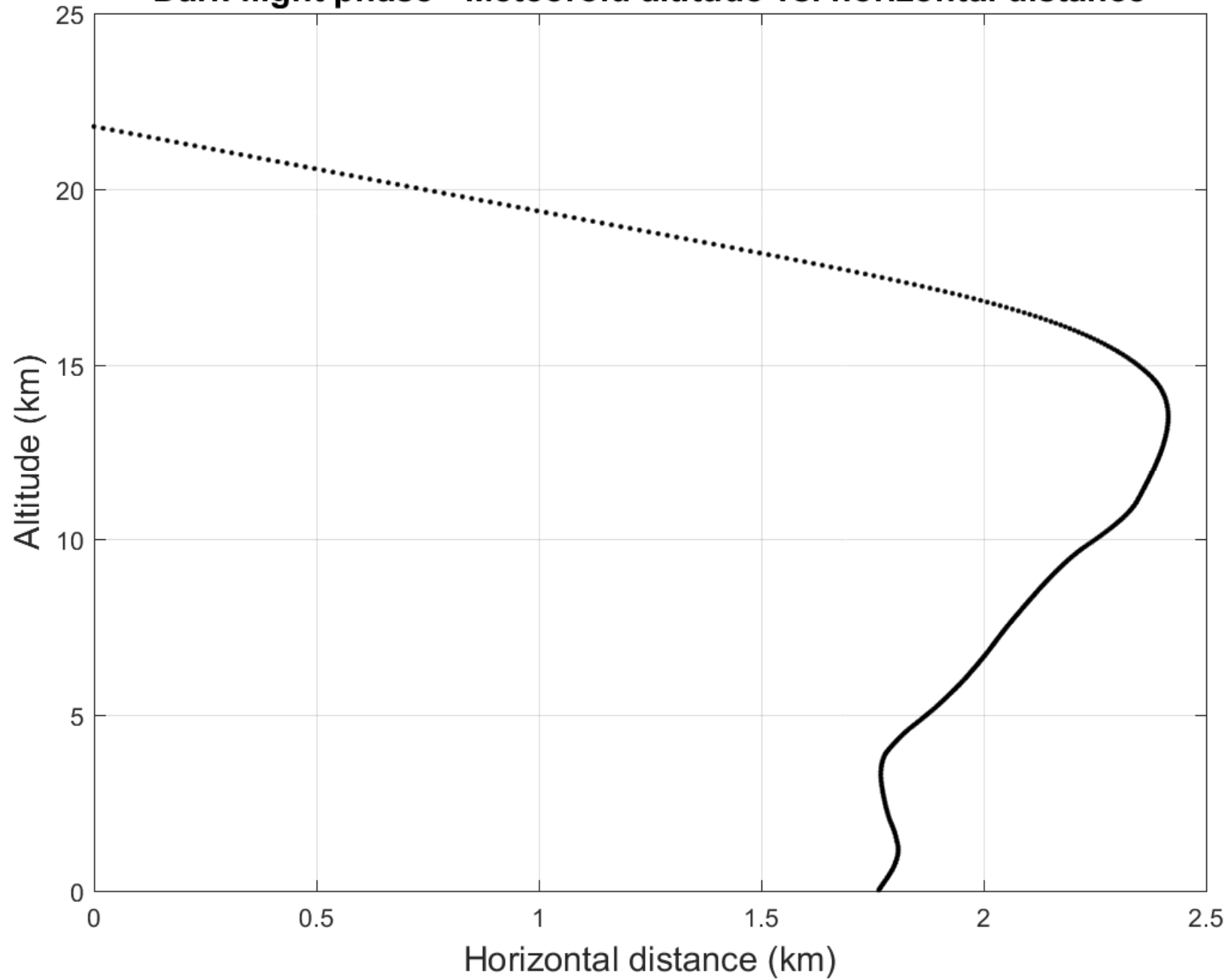


Nel caso del bolide del 1 gennaio 2020 lo stato dell'atmosfera è stato ricostruito ad hoc usando un modello fisico impiegato per le previsioni meteorologiche (Meteo Expert).

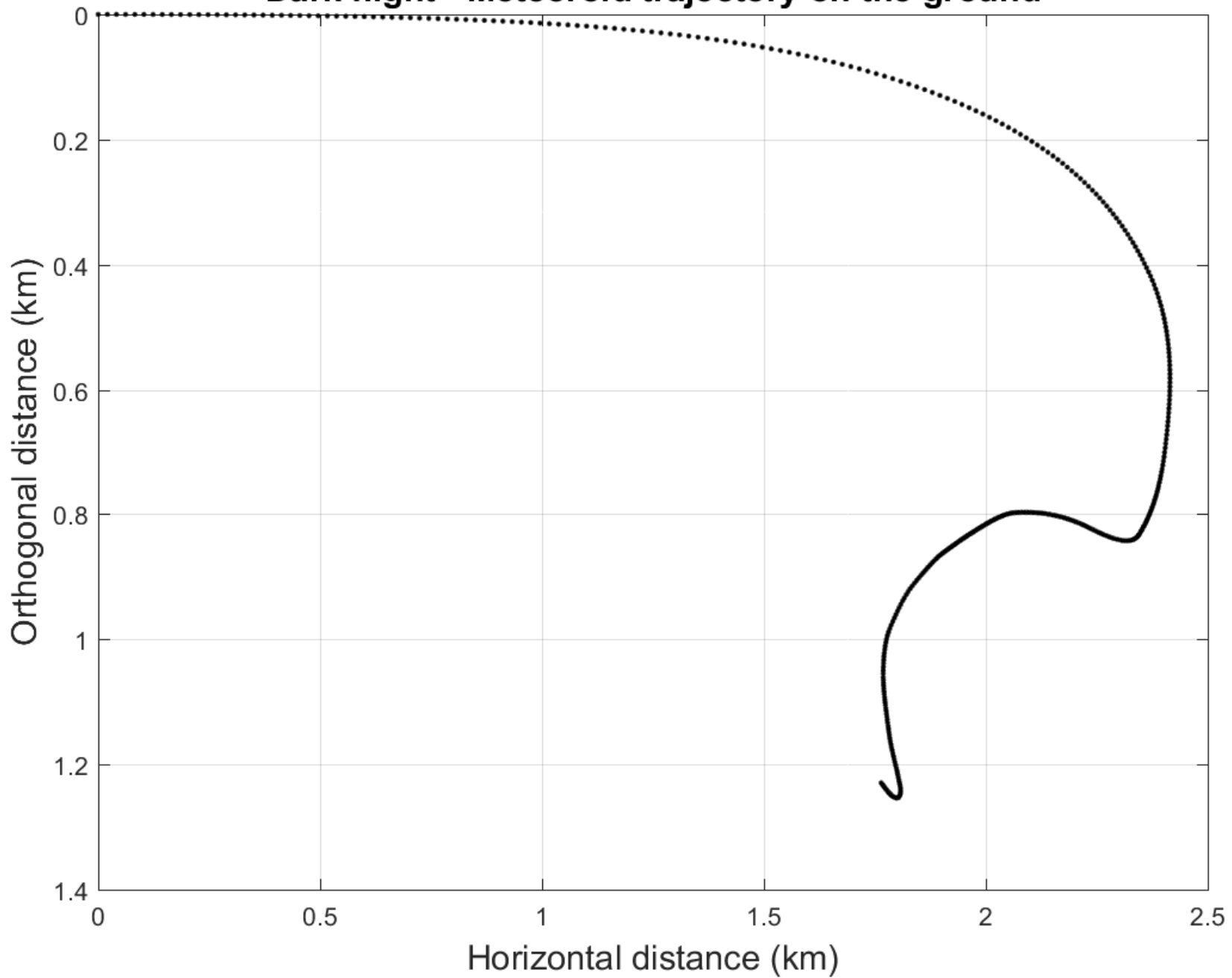
Winds velocity vs. height in the reference meteoroid system
Black: fireball motion direction, Red: orthogonal direction
Values > 0 are against meteoroid motion



Dark flight phase - Meteoroid altitude vs. horizontal distance



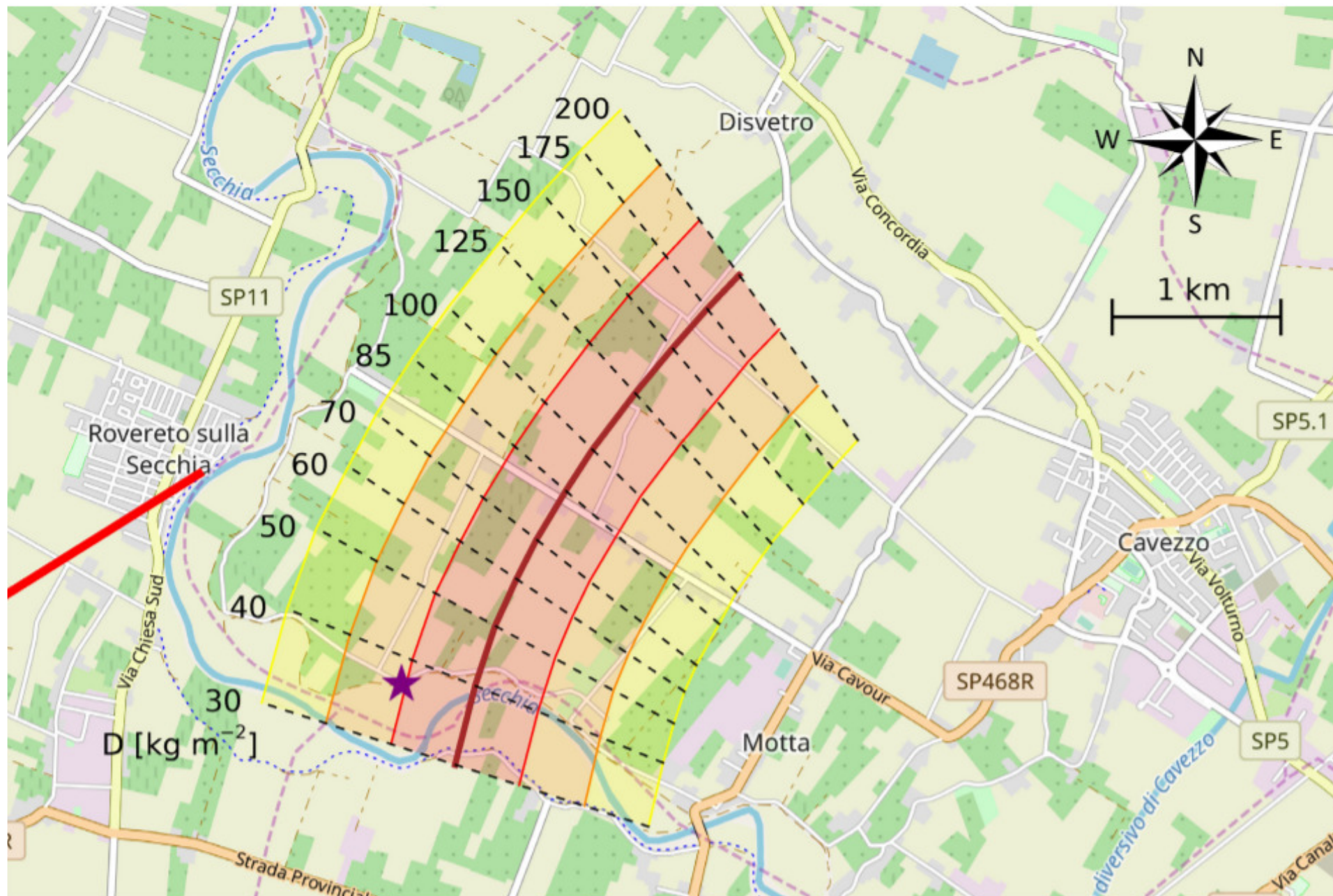
Dark flight - Meteoroid trajectory on the ground



Possibili punti di impatto al suolo



Strewn field della Cavezzo



Ritrovamento meteorite Cavezzo, 4 gennaio 2020

Frammento 2: 52,19 grammi, condrite ordinaria di tipo L (L=low per il basso contenuto di ferro fra il 7% e l'11%).

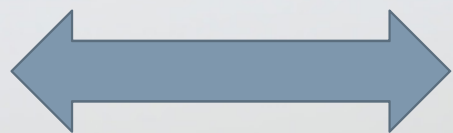


Frammento 1: 3,12 grammi, via di mezzo fra condrite e acondrite e con rapporti isotopici diversi dal frammento 2. Classificata come condrite di tipo L5 anomala.





Fiume
Secchia



Cavezzo



Incontro pubblico sul ritrovamento della meteorite CAVEZZO

1 febbraio 2020



1-2-2020, Incontro pubblico sul ritrovamento della meteorite "CAVEZZO".

ACCEPTED MANUSCRIPT

Cavezzo, the first Italian meteorite recovered by the PRISMA fireball network. Orbit, trajectory, and strewn-field

D Gardiol ✉, D Barghini, A Buzzoni, A Carbognani, M Di Carlo, M Di Martino, C Knapic, E Londero, G Pratesi, S Rasetti ... [Show more](#)

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, staa3646,
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa3646>

Published: 21 November 2020

“ Cite ✎ Permissions 🔄 Share ▼

Abstract

Two meteorite pieces have been recovered in Italy, near the town of Cavezzo (Modena), on 4th January 2020. The associated fireball was observed on the evening of New Year's Day 2020 by eight all-sky cameras of the PRISMA fireball network, a partner of FRIPON. The computed trajectory had an inclination angle of approximately 68° and a velocity at infinity of 12.8 km s⁻¹. Together with the relatively low terminal height, estimated as 21.5 km, those values were indicating the significant possibility of a meteorite dropping event, as additionally confirmed by the non zero residual total mass. The strewn-field was computed taking into account the presence of two bright light flashes, revealing that the meteoroid had been very likely subject to fragmentation. Three days after the event, two samples, weighing 3.1 g and 52.2 g, were collected as a result of a dedicated field search and thanks to the involvement of the local people. The two pieces were immediately recognised as freshly fallen



View Metrics

Email alerts

- [Article activity alert](#)
- [Advance article alerts](#)
- [New issue alert](#)
- [In progress issue alert](#)

[Receive exclusive offers and updates
from Oxford Academic](#)

Related articles in

[Google Scholar](#)

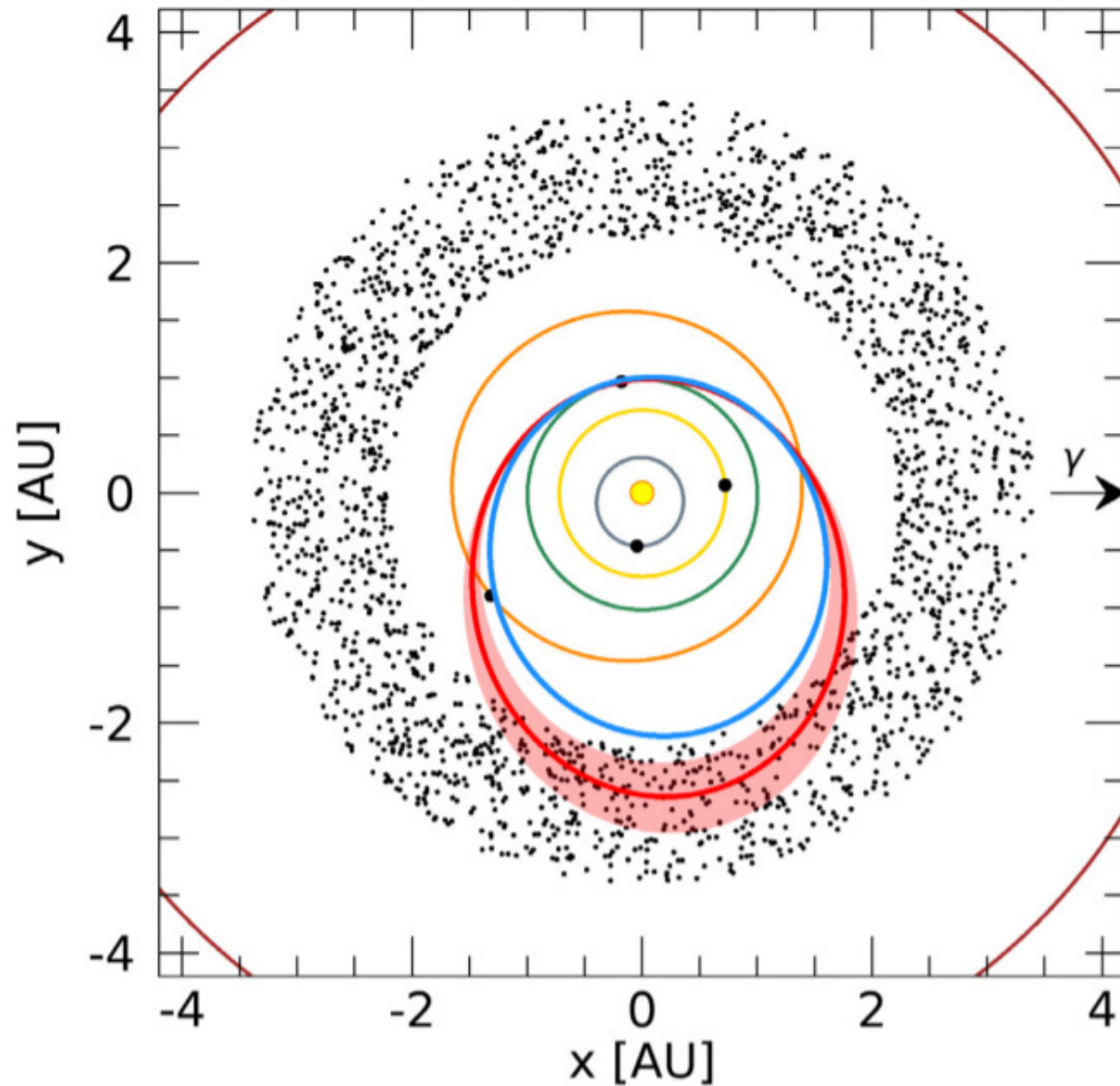
Astrophysics Data System

[ADS Abstract](#)

Citing articles via

Meteoriti con il «pedigree»

Name	Date UT	v_{∞} (km s ⁻¹)	m_{∞} (kg)	m_{fin} (kg)	TKW (kg)	M^a	E (T) ^b	Fireball Network ^c	References
Příbram	07/04/1959	20.9	1300	80	5.6	-19	70	CFN	1, 2
Lost City	04/01/1970	14.1	165	25	17	-12	4	PFN	3, 4, 5
Innisfree	06/02/1977	14.7	42	4.9	4.58	-12.1	1	MORP	5, 6
Benešov	07/05/1991	21.3	4100	300 ^d	0.0116	-19.5	200	EFN	5, 7, 8, 9
Peekskill	09/10/1992	14.7	5000	-	12.4	-16	130	-	2, 10
Tagish Lake	18/01/2000	15.8	56000	1300	10	-22	1700	-	11, 12, 13
Morávka	06/05/2000	22.5	1500	100	1.4	-20	90	-	14, 15, 2
Neuschwanstein	06/04/2002	20.9	300	20	6.22	-17.2	16	EFN	16, 17, 18
Park Forest	27/03/2003	19.5	11000	-	30	-21.7	500	-	19, 20
Villalbeto de la Peña	04/01/2004	16.9	600	13	5.2	-18	20	-	21, 22, 23
Bunburra Rockhole	20/07/2007	13.4	22	1.1	0.339	-9.6	0.5	DFN	24, 25
Almahata Sitta	07/10/2008	12.4	40000	39	10.7	-19.7	730	-	26, 27, 28, 29
Buzzard Coulee	21/11/2008	18.0	10000	-	>200	-20	390	-	30, 31, 32
Maribo	17/01/2009	28.3	2000	<20	0.0258	-20	190	-	33, 34
Jesenice	09/04/2009	13.8	170	20	3.611	-15	4	SFN	35, 36
Grimsby	26/09/2009	20.9	30	5	0.215	-14.8	2	SOMN	37
Košice	28/02/2010	15.0	3500	500	11.3	-18	100	-	38, 39
Mason Gully	13/04/2010	14.5	40	-	0.0245	-9.4	1	DFN	40, 41
Križevci	04/02/2011	18.2	50	<5 ^e	0.291	-13.7	2	CMN	42
Sutter's Mill	22/04/2012	28.6	40000	-	0.943	-19	4000	-	43
Novato	18/10/2012	13.7	80	-	0.363	-13.8	3	CAMS	44
Chelyabinsk	15/02/2013	19.0	1.2 · 10 ⁷	10000	730	-27.3	5 · 10 ⁵	-	45, 46, 47
Annama	18/04/2014	24.2	470	12.5	0.1679	-18.3	30	FFN	48, 49, 50
Žďár nad Sázavou	09/12/2014	21.9	150	>1.3 ^f	0.087	-15.3	9	EFN	51
Porangaba	09/01/2015	-	-	-	0.970	-	-	-	52
Sariççek	02/09/2015	17.3	1700	-	24.78	-16.8	60	-	53
Creston	23/10/2015	16.0	50	-	0.8523	-12	2	CAMS, SACN	54
Murrili	27/11/2015	13.7	38	2	1.68	-	0.9	DFN	55, 56
Ejby	06/02/2016	14.5	120	-	8.982	-14.0	3	-	57, 58
Stubenberg	06/03/2016	14	600	-	1.473	-15.5	14	EFN	59, 60
Hradec Králové	17/05/2016	-	-	-	0.134	-11.5	-	EFN	61, 62
Dishchii'bikoh	02/06/2016	16.6	1000 ^g	-	0.07957	-16	30	CAMS, SACN	63, 64
Dingle Dell	31/10/2016	15.4	40	1.4	1.150	-	1	DFN	65
Hamburg	17/01/2018	15.8	140	>1	~1	-16.3	5.5	-	66, 67
Renchen	10/07/2018	20	50 ^h	-	1.227	-13.4	2	EFN	61, 68
Cavezzo	01/01/2020	12.8	3.5	1.5	0.0553	-9.5	0.07	PRISMA	This work



Un colpo di scena: l'orbita del meteoroido progenitore è molto simile a quella del NEA **2013 VC10** di circa 50 m di diametro: un asteroide di classe Tunguska. La posizione dell'asteroide lungo l'orbita è incerta perché è stato osservato solo per 54 giorni nel 2013, quando fu scoperto dalla CSS.

METEORITICS & PLANETARY SCIENCE

EDITOR: A. J. Timothy Jull

ASSOCIATE EDITORS

Natalia Artemieva
Adrian Brearley
Donald Brownlee
Marc Caffee
Edward Cloutis

Daniel Glavin
Cyrena Goodrich
Katherine Joy
Christian Koerber
Yves Marrocchi

Ingo Leya
Gordon Osinski
Carlé Pieters
Jeffrey Plescia

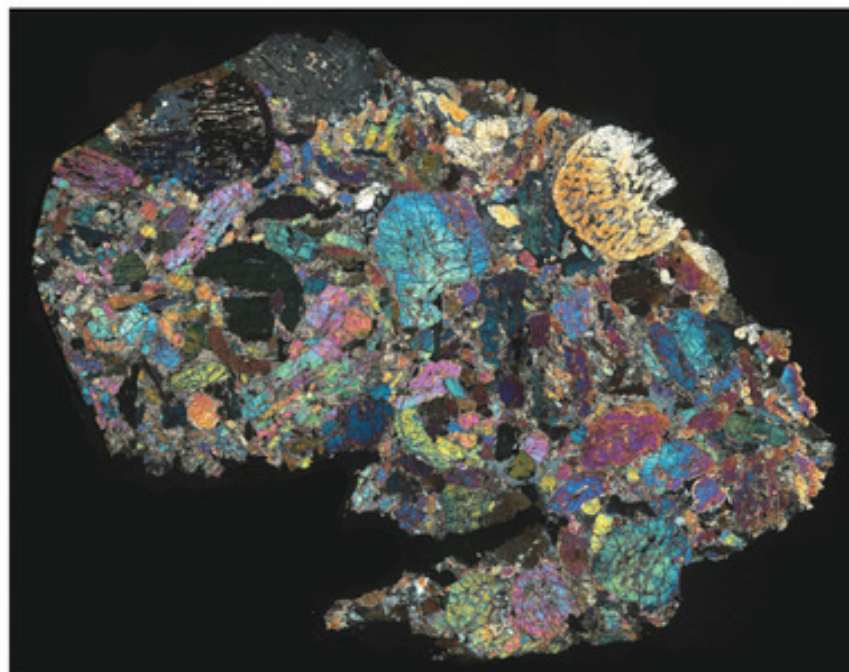
Michael Poelchau
Dina Prialnik
Uwe Reimold
Kevin Righter
Alexander Ruzicka

Scott Sandford
Gopalan Srinivasan
Josep M. Trigo-Rodríguez
Akira Yamaguchi
Michael Zolensky

Volume 56

Number 6

2021 June



Cavezzo—a very unusual chondrite.

Asteroids • Comets • Craters • Interplanetary Dust • Interstellar Medium • Lunar
Samples • Meteors • Meteorites • Natural Satellites • Planets • Tektites
Origin and History of the Solar System

Wiley Online Library

Cavezzo—The double face of a meteorite: Mineralogy, petrography, and geochemistry of a very unusual chondrite

Giovanni PRATESI^{1,2*}, Vanni MOGGI CECCHI³, Richard C. GREENWOOD⁴, Ian A. FRANCHI⁴,
Samantha J. HAMMOND⁴, Mario DI MARTINO⁵, Dario BARGHINI^{5,6}, Carla TARICCO⁶,
Albino CARBOGNANI⁷, and Daniele GARDIOL⁵

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Via G. La Pira 4, Florence 50121, Italy

²INAF—Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Via Fosso del Cavaliere 100, Rome 00133, Italy

³Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Via G. La Pira 4, Florence 50121, Italy

⁴Planetary and Space Sciences, The Open University, Milton Keynes MK7 6AA, UK

⁵INAF—Osservatorio Astrofisico di Torino, Via Osservatorio 20, Turin 10025, Italy

⁶Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Torino, Via P. Giuria 1, Pino Torinese 10125, Italy

⁷INAF—Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio, Via Piero Gobetti 93/3, Bologna 40129, Italy

*Corresponding author. E-mail: giovanni.pratesi@unifi.it

(Received 19 July 2020; revision accepted 07 May 2021)

Abstract—The Cavezzo meteorite, which fell on January 1, 2020, is the first meteorite detected and recovered by the Italian PRISMA Fireball Network. Two specimens, weighing 3.12 g (specimen 1) and 52.19 g (specimen 2), were collected 3 days after the bolide was observed, thanks to an effective media campaign that encouraged the involvement of local people. The two specimens of this meteorite have not only completely different lithological characteristics but also a different geochemistry and oxygen isotopic composition as well. Specimen 1 is anomalous both for the textural–structural features, varying seamlessly from chondritic to “achondritic,” and a very unusual modal mineralogy—such as the relatively high amount of olivine (63.1 vol%), plagioclase (18.2 vol%), high-Ca pyroxene (10.3 vol%), and chlorapatite (2.1 vol%); and the unusually low content of low-Ca pyroxene (5.8 vol%), metal (0.1 vol%), and troilite (much lesser than 0.1 vol%)—although the compositional values for olivine (Fa 24.24 mol%) and low-Ca pyroxene (Fs 20.41 mol%) appear to be similar to those of the L chondrite group. Conversely, in specimen 2, not only the texture and the crystal chemistry but also the modal mineralogy (low-Ca pyroxene much more abundant than high-Ca pyroxene and occurrence of metal and sulfides) look like those of an ordinary L chondrite. The differences between the two specimens are also confirmed by geochemistry. The oxygen isotope composition of specimen 1 plots at the boundary between the H and L groups ($\delta^{17}\text{O}_{\infty}$ 3.250; $\delta^{18}\text{O}_{\infty}$ 4.736; $\Delta^{17}\text{O}_{\infty}$ 0.788) whereas specimen 2 plots at the boundary of the L and LL fields ($\delta^{17}\text{O}_{\infty}$ 3.737; $\delta^{18}\text{O}_{\infty}$ 4.957; $\Delta^{17}\text{O}_{\infty}$ 1.159). The bulk chemistry shows a different content of many minor and trace elements (including rare earth elements), such as a strong depletion of siderophile and chalcophile elements in specimen 1. The two specimens then do not contain fragments of each other, thus preventing us from classifying this “double face” meteorite as an ordinary chondrite breccia. In detail, specimen 1 can be considered a “xenolith” in which chondritic structure and igneous texture coexist without discontinuity, and therefore, it represents a previously unsampled portion of the L parent body. In summary, these findings support the classification of Cavezzo as an L5 anomalous chondrite.

Meteoriti rocciose o Aeroliti

Condriti

Acondriti



Condrite

Meteoriti ferrose o Sideriti

Atassiti

Ottaedriti

Esaedriti

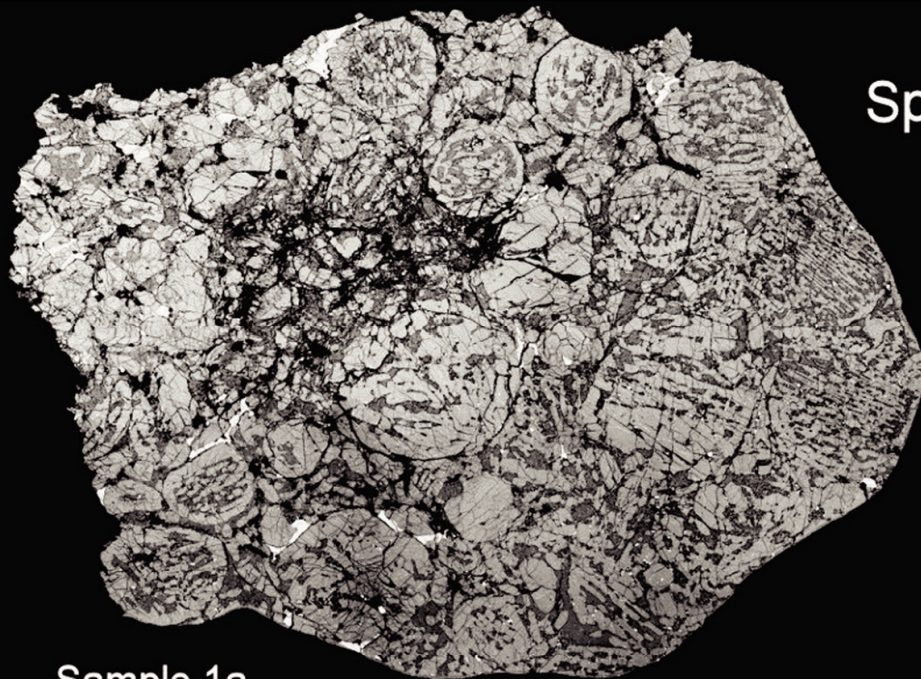
Meteoriti ferro-rocciose o Sideroliti

Pallasiti

Mesosideriti

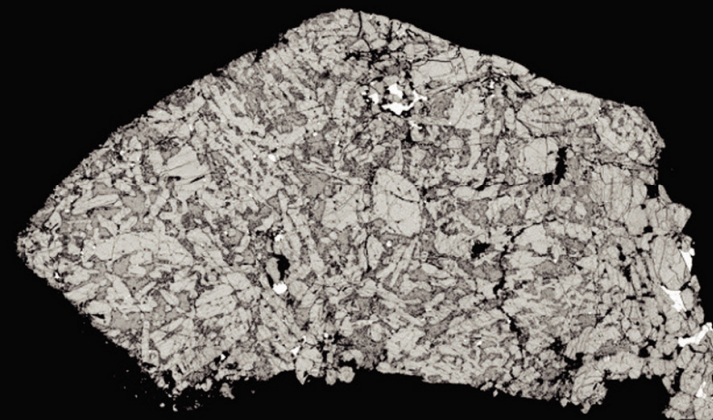


Acondrite



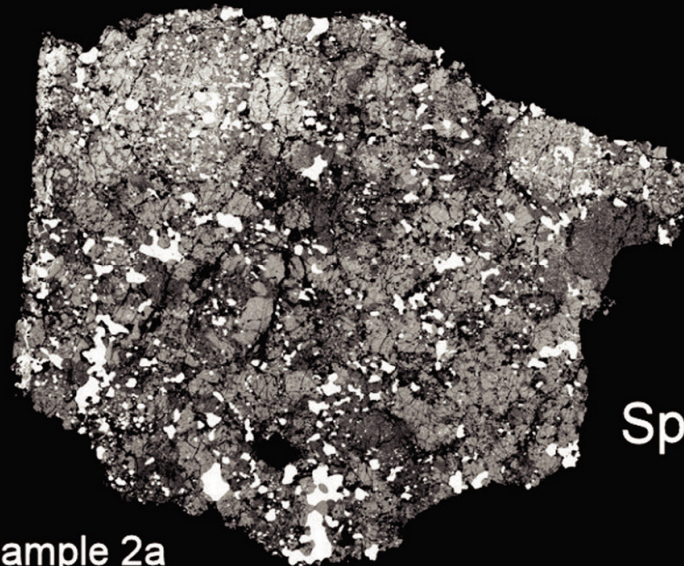
Sample 1a

Specimen 1



Sample 1c

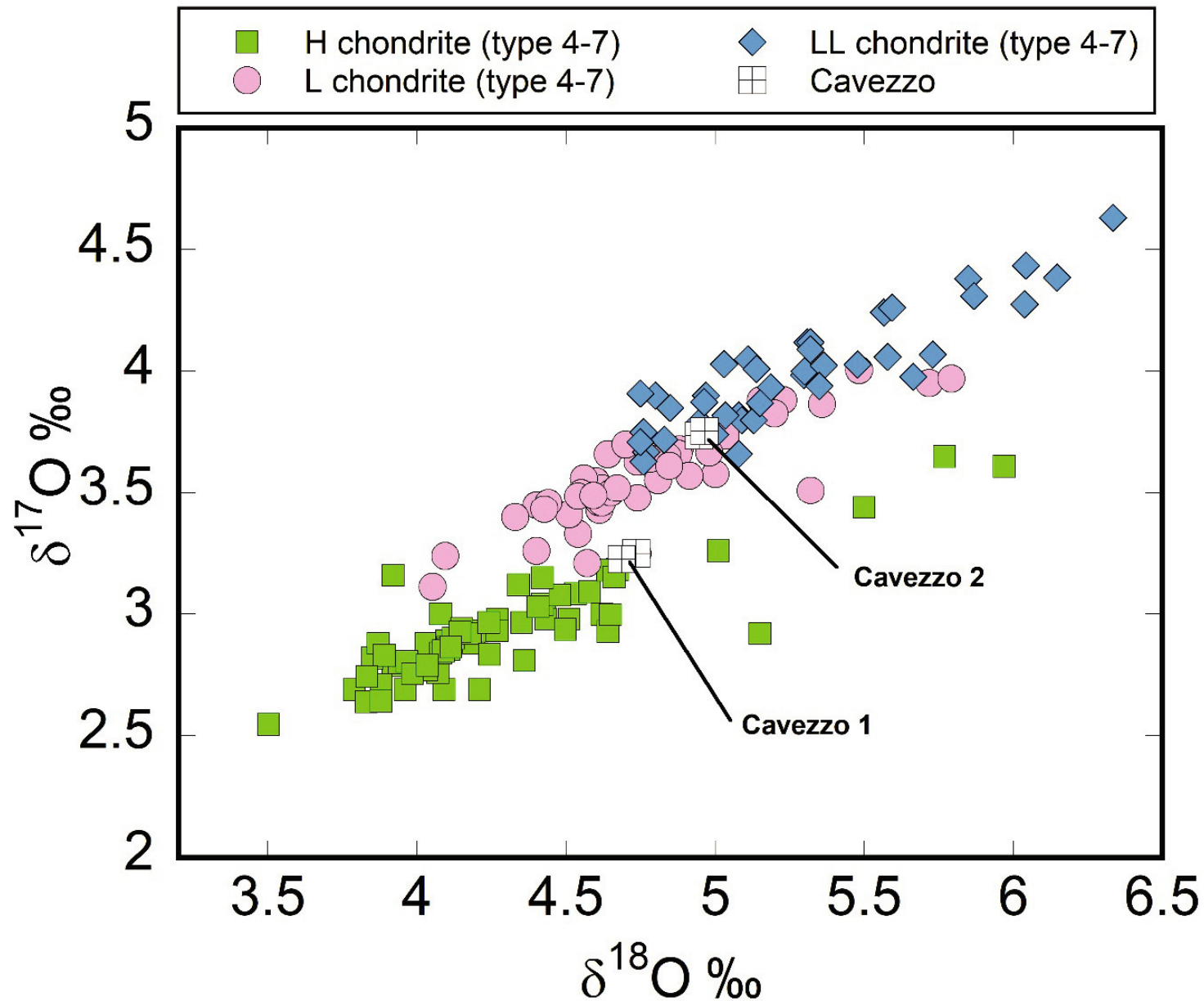
Mosaico di tre campioni della meteorite *Cavezzo*. Nel campione 1 è chiaramente visibile una transizione dalla tessitura condritica (campione 1a) a quella “acondritica” (campione 1c). Al contrario, il campione 2 presenta una tessitura omogenea che è caratterizzata dalla mineralogia tipica delle condriti ordinarie come mostrato nel campione 2a.



Sample 2a

Specimen 2

1 mm
—



Composizione degli isotopi di ossigeno di Cavezzo: l'esemplare 1 si trova all'incrocio tra i campi H e L mentre l'esemplare 2 si trova al confine tra i campi L e LL.



Search the [Meteoritical Bulletin Database](#)

Last update: 21 Jan 2022

Search for: Names Text Places Classes Years
Search type: Contains Starts with Exact Sounds like

Search limits: Italy NonAntarctic Falls Non-NWAs [Has strewnfield](#) [Has photo](#)

Display: Link to Google Earth Sort by name 50 lines/page Normal table Limit to approved meteorite names

Publication: All bulls

What's new in the last: (no time limit)

Search text:

1 record found for meteorites from Italy with names that contain "Cavezzo"

(click on a name for more information; click in header to sort)

Name <input type="checkbox"/>	Status <input type="checkbox"/>	Fall <input type="checkbox"/>	Year <input type="checkbox"/>	Place <input type="checkbox"/>	Type <input type="checkbox"/>	Mass <input type="checkbox"/>	MetBull <input type="checkbox"/>	GoogleEarth <input type="checkbox"/> •• Map all ↓	Notes
Cavezzo **	Official	Y ^c	2020	Emilia-Romagna, Italy	L5-an	55.3 g	109		

Y^c [Confirmed fall](#).

** Click on the meteorite's name to see the full initial description.

No synonyms containing "Cavezzo" were found

[Direct link to this page](#)

Dov'è finita la meteorite Cavezzo?



Al museo di scienze planetarie di Prato

Come comportarsi con una possibile meteorite

Fotografate la meteorite prima di raccoglierla e mappate il punto !!!

Non toccate la meteorite con le mani

Non avvicinate calamite alla meteorite

Non avvolgete la meteorite con plastica/alluminio

Evitate di alitare troppo vicino alla meteorite



Raccogliete la meteorite usando un foglio di carta

Avvolgetela in un panno di cotone

Riponetela in un vaso PULITO di vetro

Inseritelo in altro vaso a chiusura ermetica e con "assorbi umidità"



Grazie per l'attenzione!

<https://asteroidiedintorni.blog/>

<http://www.prisma.inaf.it/>