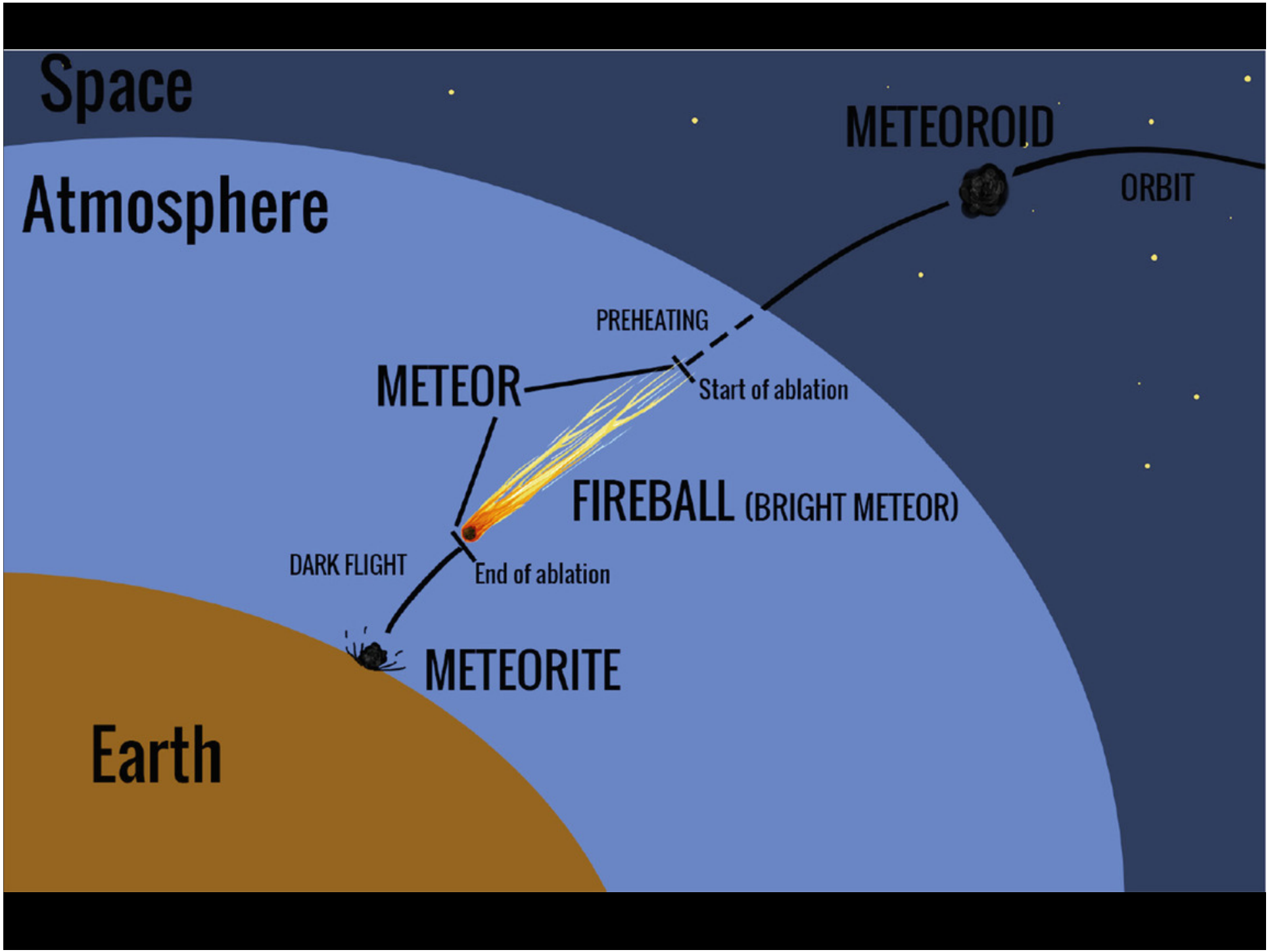
3° PRISMA Day, 10-11 dicembre 2020

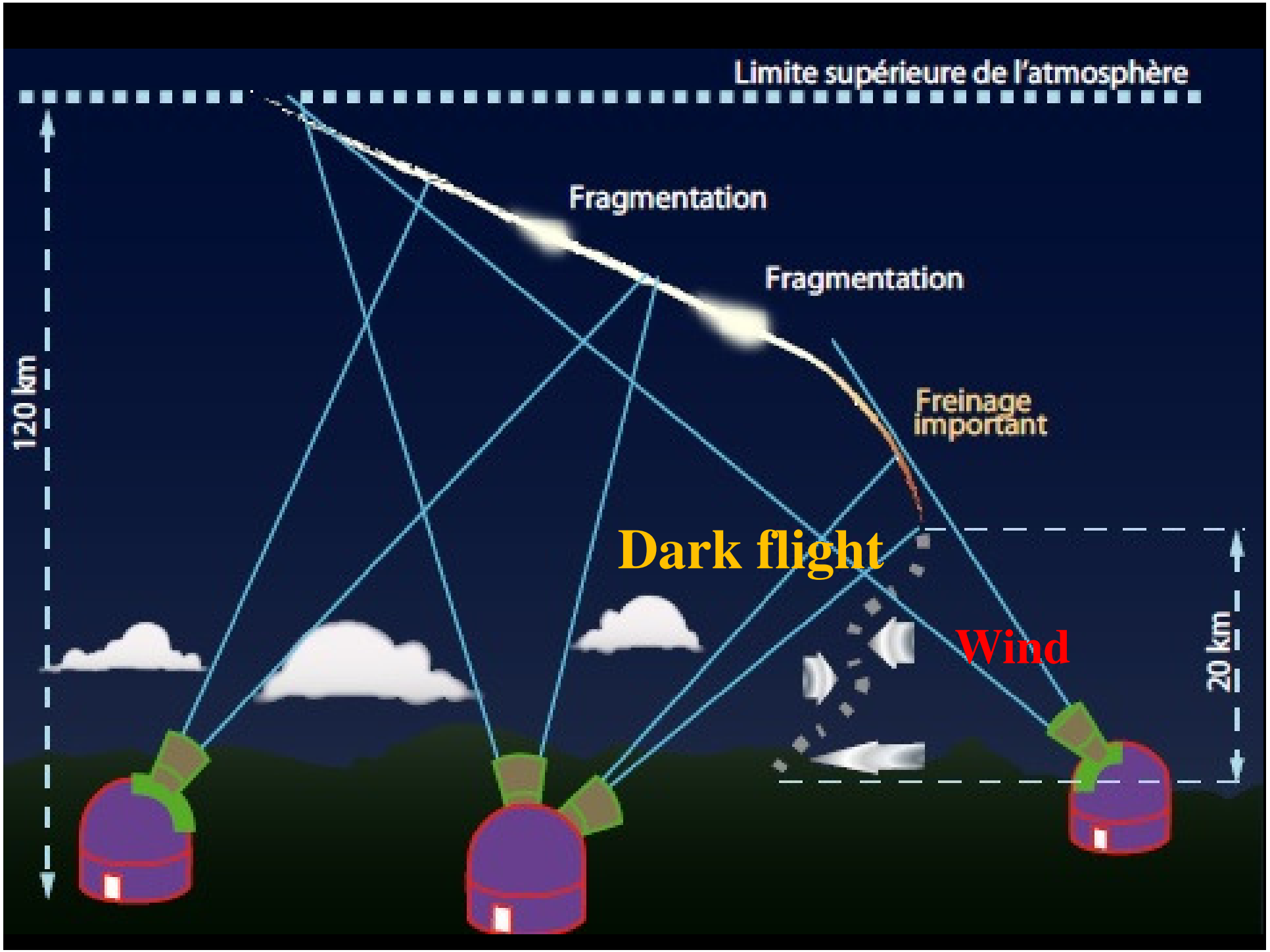
INAF
OAS BOLOGNA

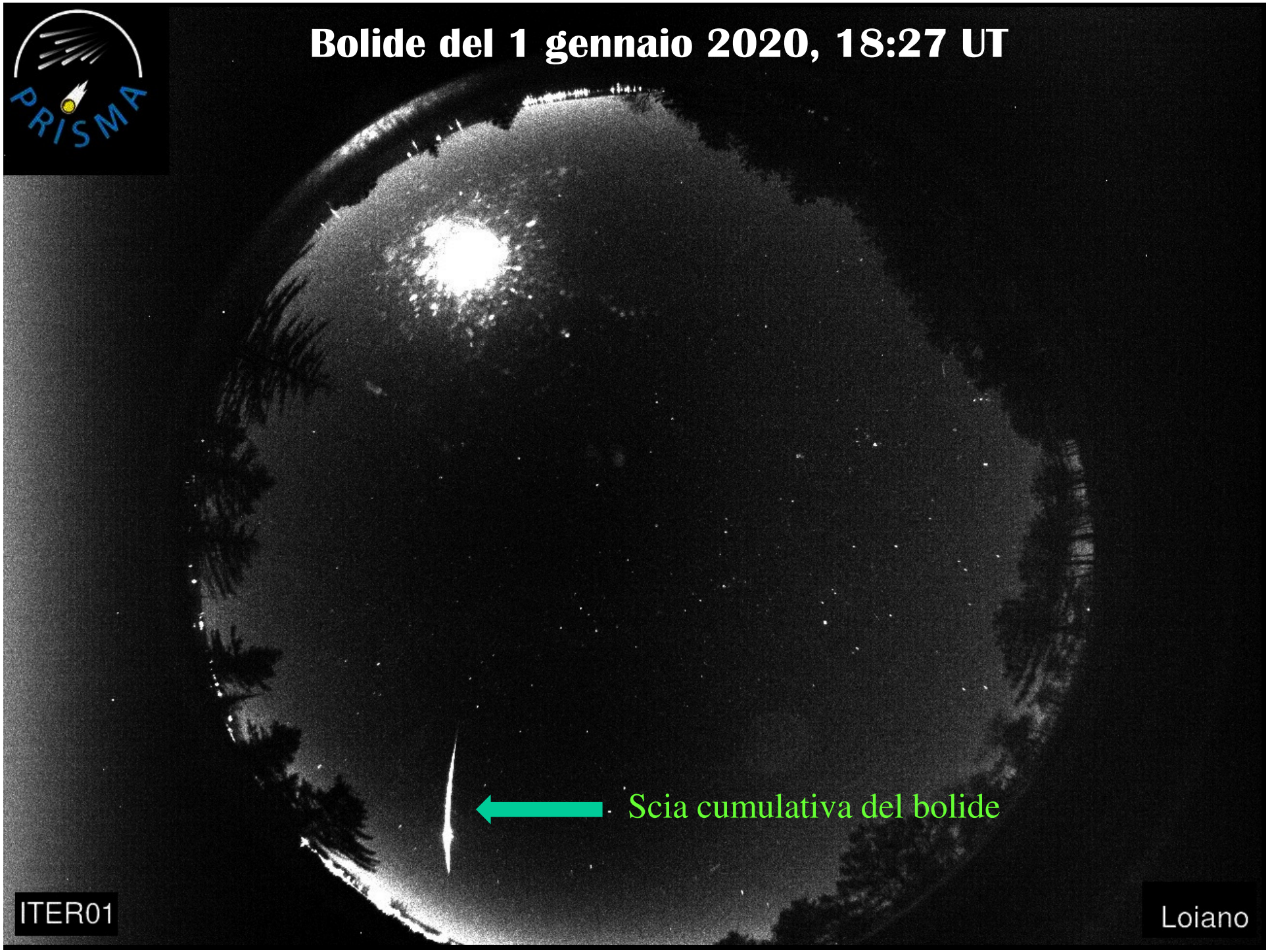
Analisi della traiettoria del bolide di Cavezzo

Dr. Albino Carbognani, Ph.D.

INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio di Bologna

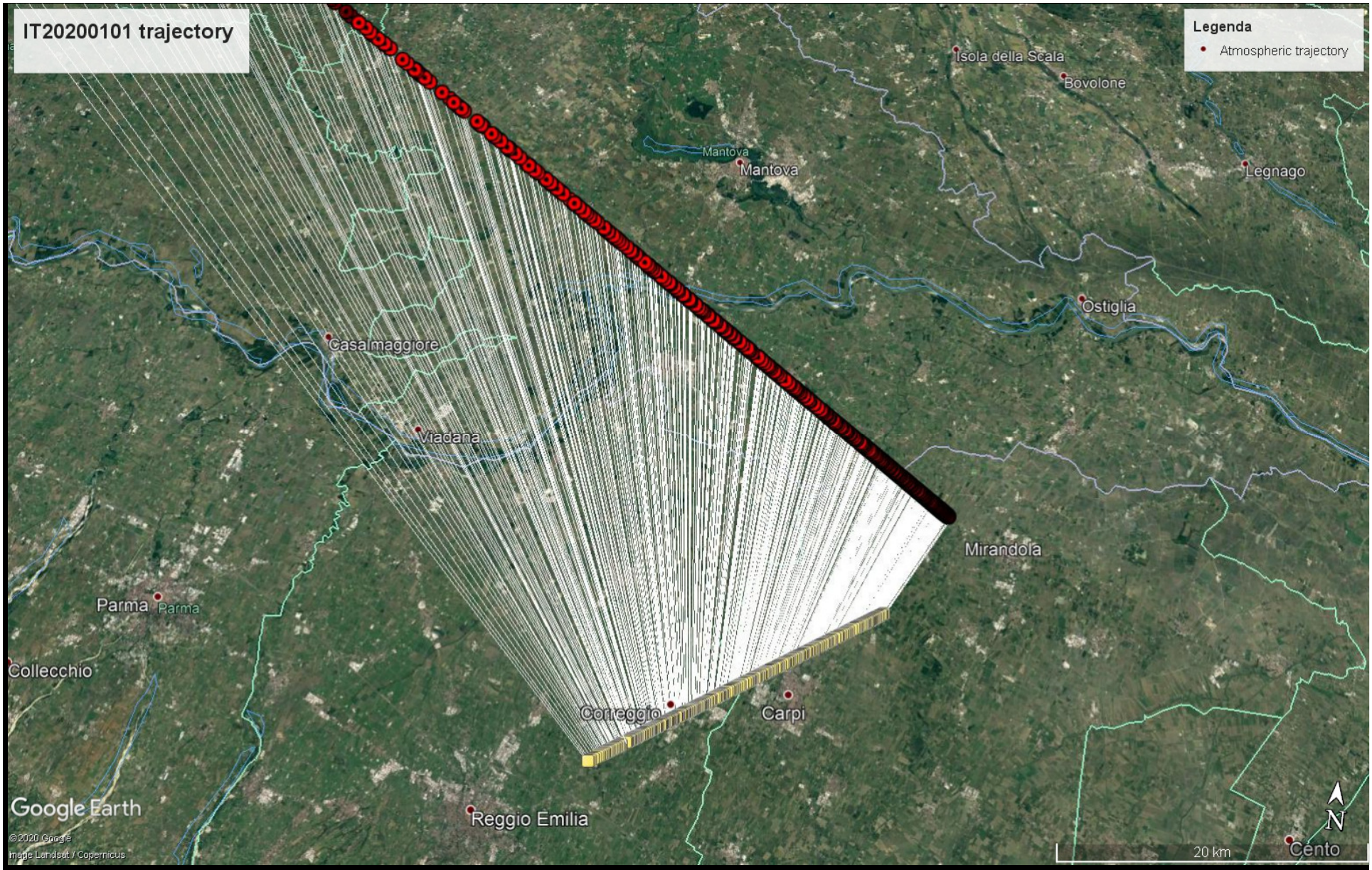

Space
Atmosphere
METEOROID
ORBIT
PREHEATING
METEOR
Start of ablation
FIREBALL (BRIGHT METEOR)
DARK FLIGHT
End of ablation
METEORITE
Earth


Limite supérieure de l'atmosphère
Fragmentation
Fragmentation
Freinage important
120 km
Dark flight
Wind
20 km

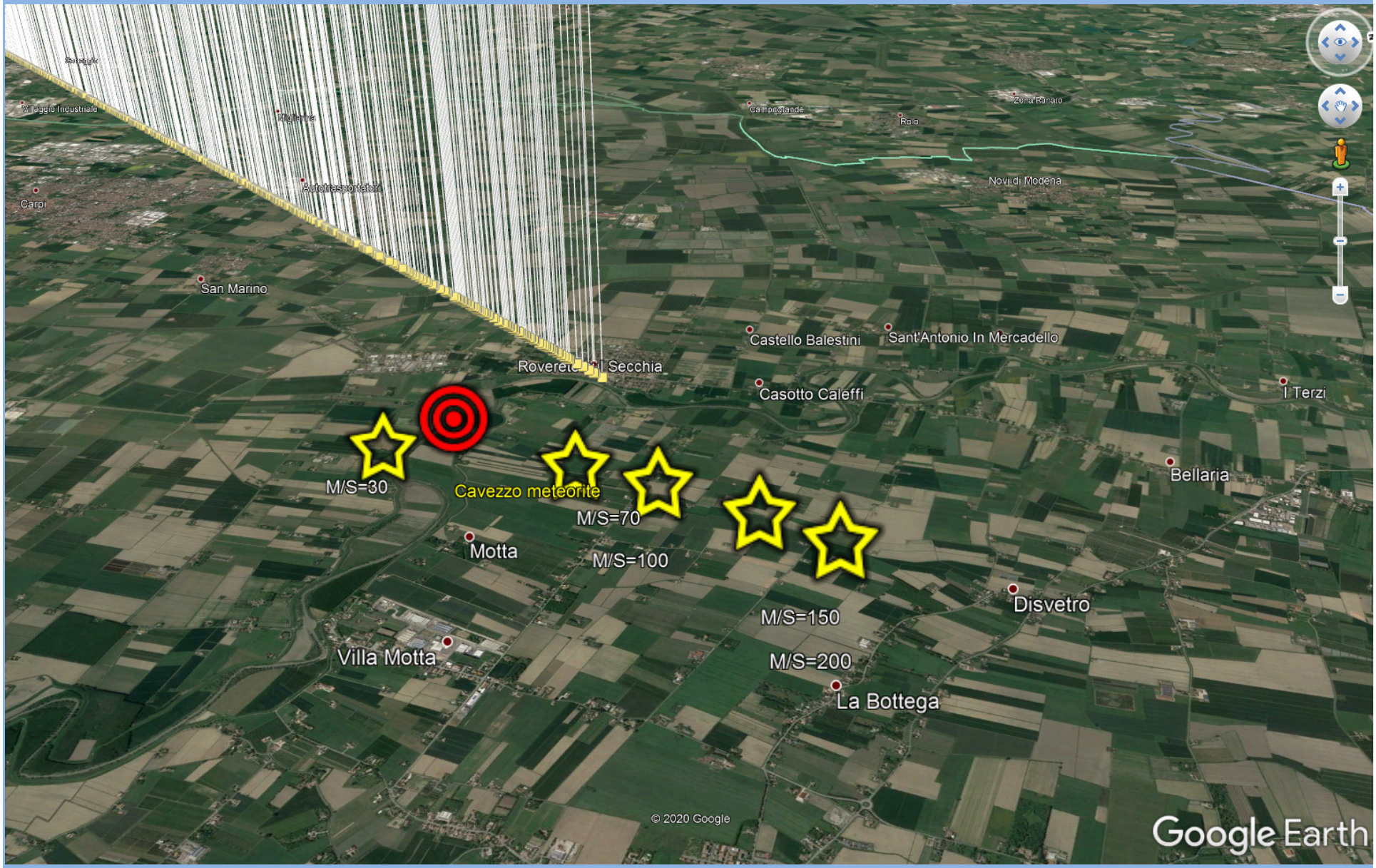

Bolide del 1 gennaio 2020, 18:27 UT
PRISMA
Scia cumulativa del bolide
ITER01
Loiano

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 meteoroide:** a partire dalle **quote** e dalle **velocità osservate** rispetto al suolo si ottengono i parametri fisici che descrivono il meteoroide: 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 meteoroide si ottiene la **velocità all'infinito fuori atmosfera**. Da questa si può ricavare la **velocità eliocentrica** del meteoroide e, conoscendo la posizione della Terra nello spazio al momento della caduta, si ottiene **l'orbita eliocentrica del meteoroide**. Dall'orbita si possono avere indizi sull'origine del meteoroide – 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.


Villaggio Industriale
Autotrasportatori
Carpi
San Marino
Novi di Modena
Castello Balestini
Sant'Antonio In Mercadello
Secchia
Casotto Caleffi
I Terzi
Bellaria
M/S=30
Cavezzo meteorite
M/S=70
Motta
M/S=100
M/S=150
Disvetro
Villa Motta
M/S=200
La Bottega
© 2020 Google
Google Earth

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

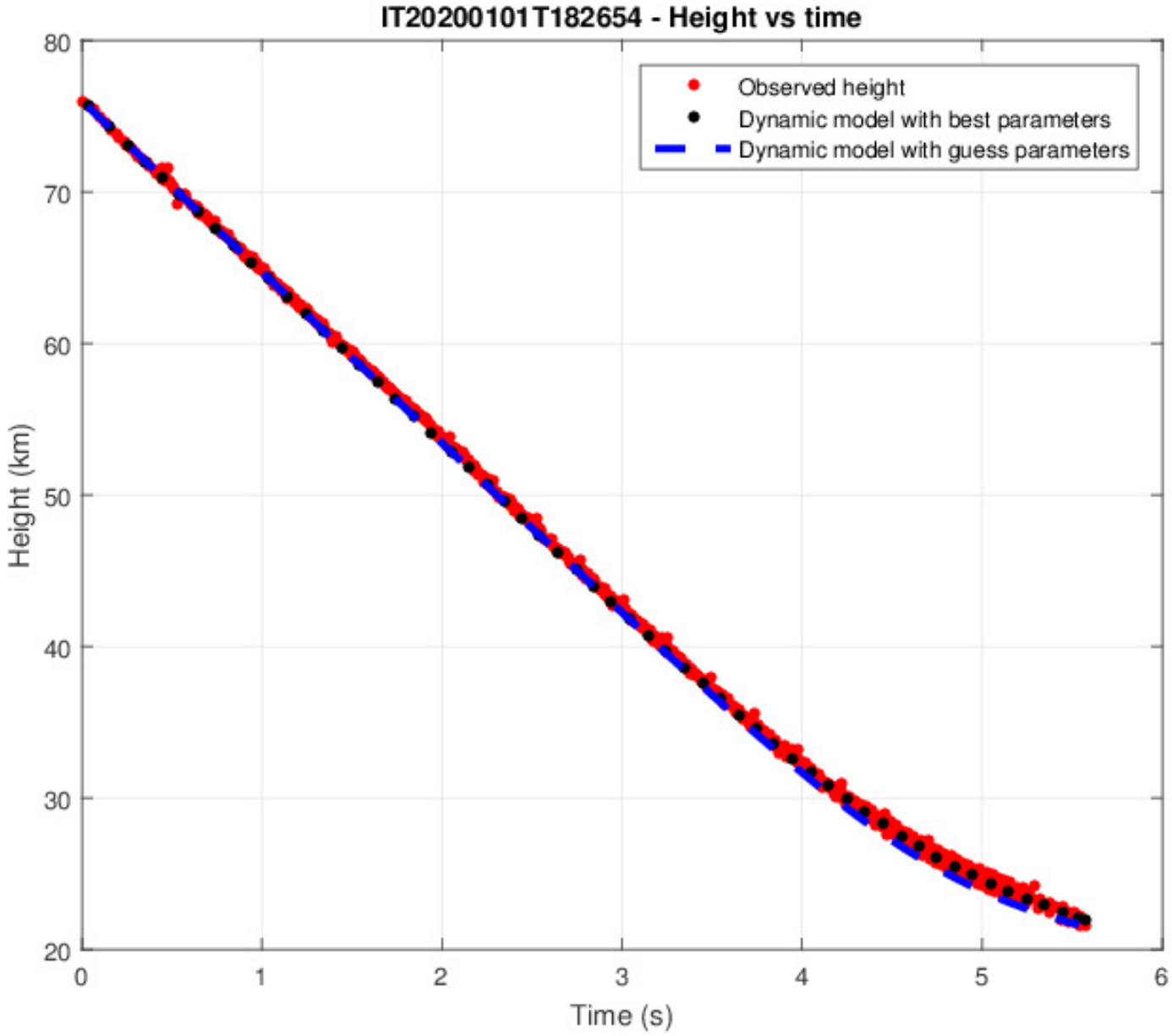
Conservazione dell'**energia** (descrive l'ablazione del meteoroide):

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

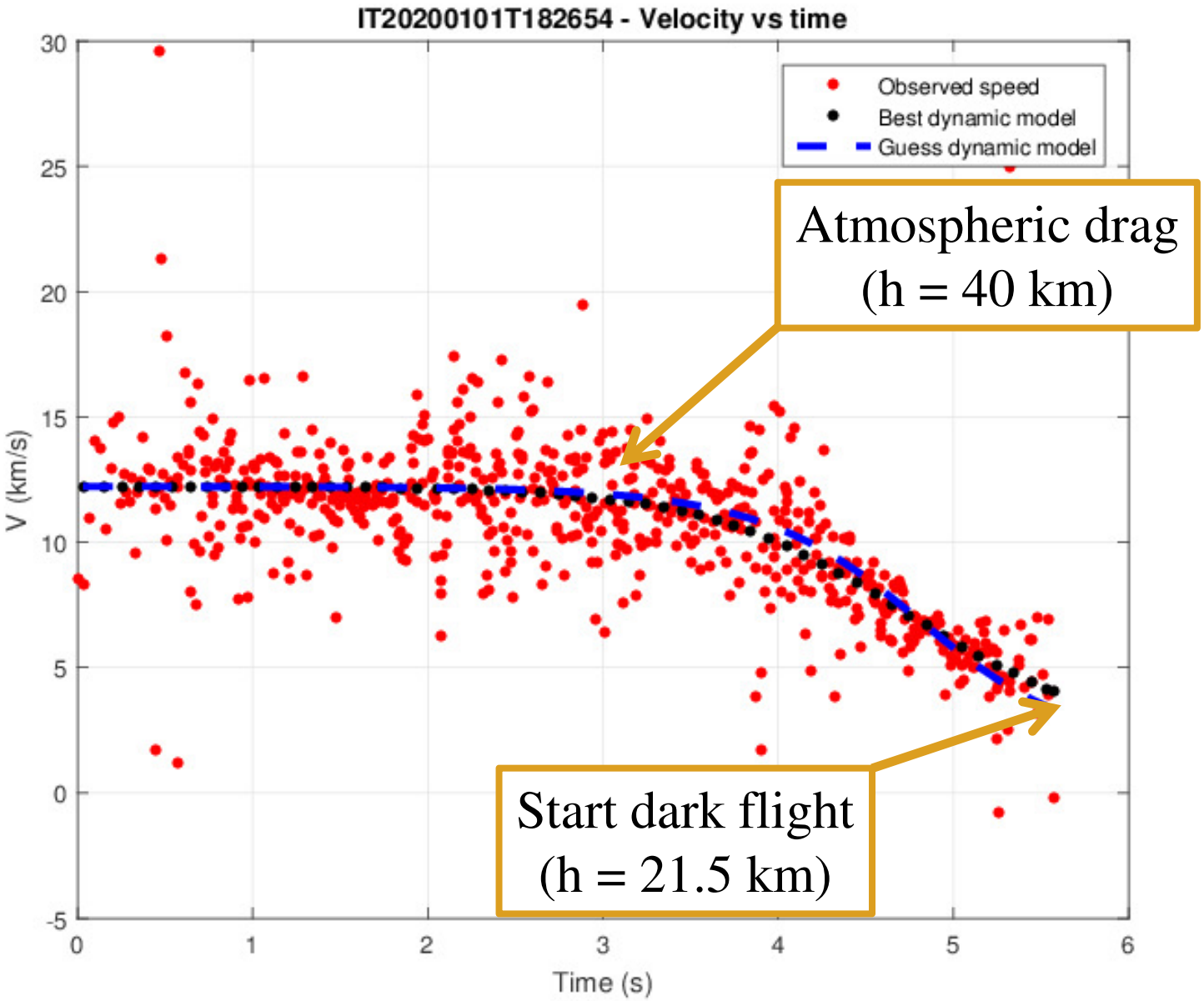
Λ = coefficiente adimensionale di trasferimento del calore (compreso fra 0 e 1).
Q = energia necessaria per l'ablazione dell'unità di massa (J/kg)
$\sigma = \Lambda/2Q\Gamma$ è il coefficiente di ablazione (s^2/km^2)

Carbognani et al., A case study of the May 30, 2017, Italian fireball, Eur. Phys. J. Plus (2020) 135

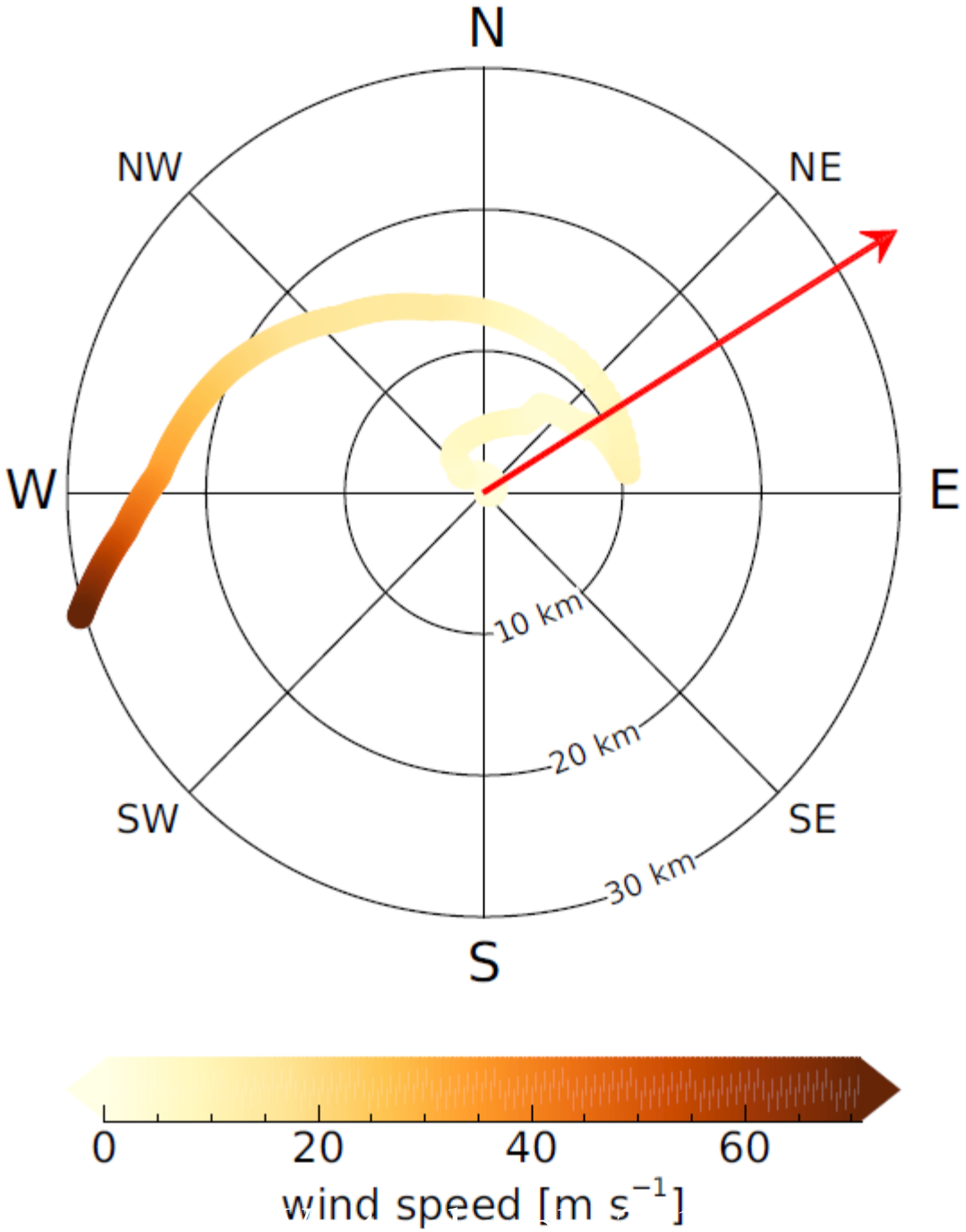
La quota del bolide in funzione del tempo



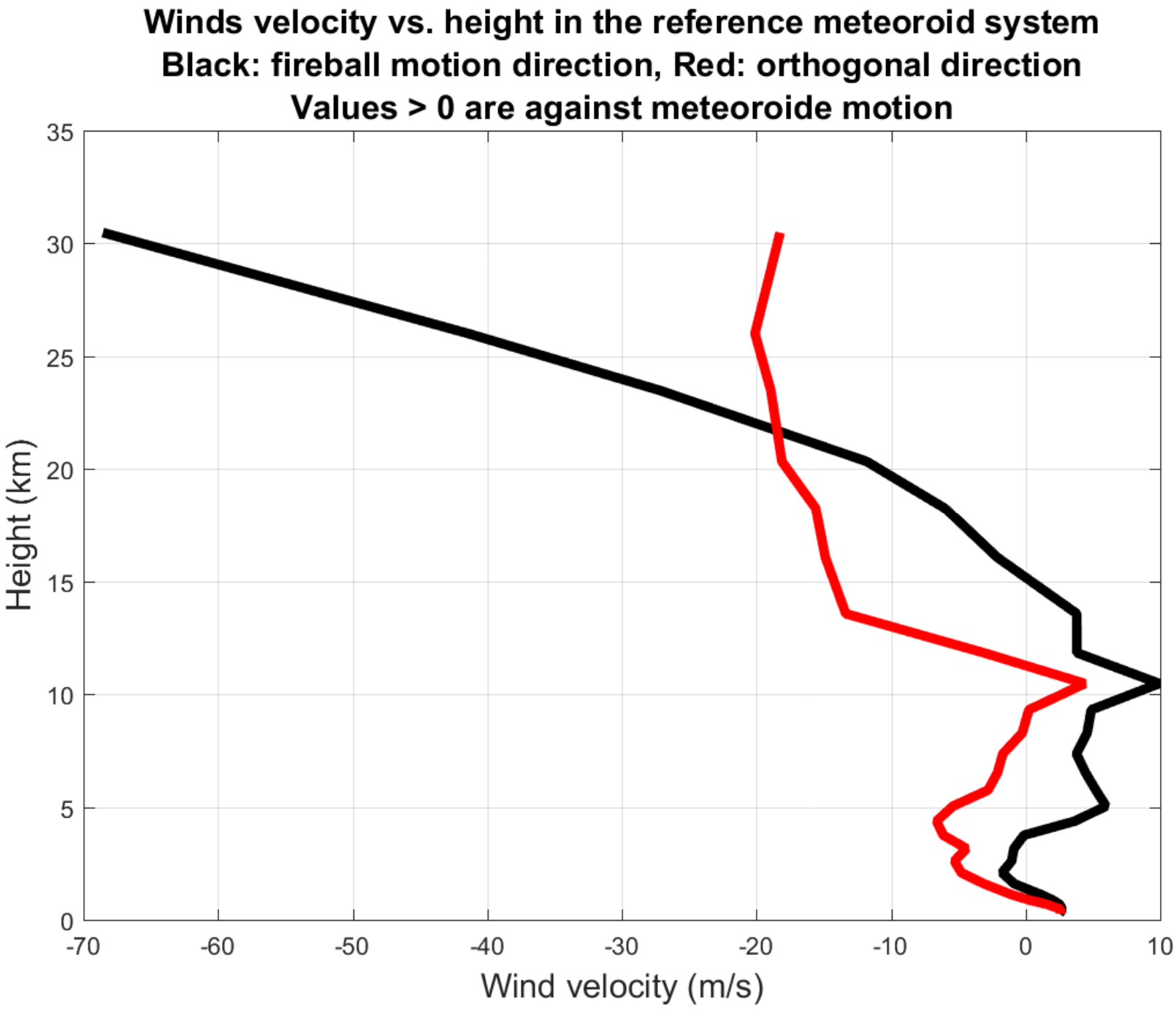
La velocità del bolide in funzione del tempo

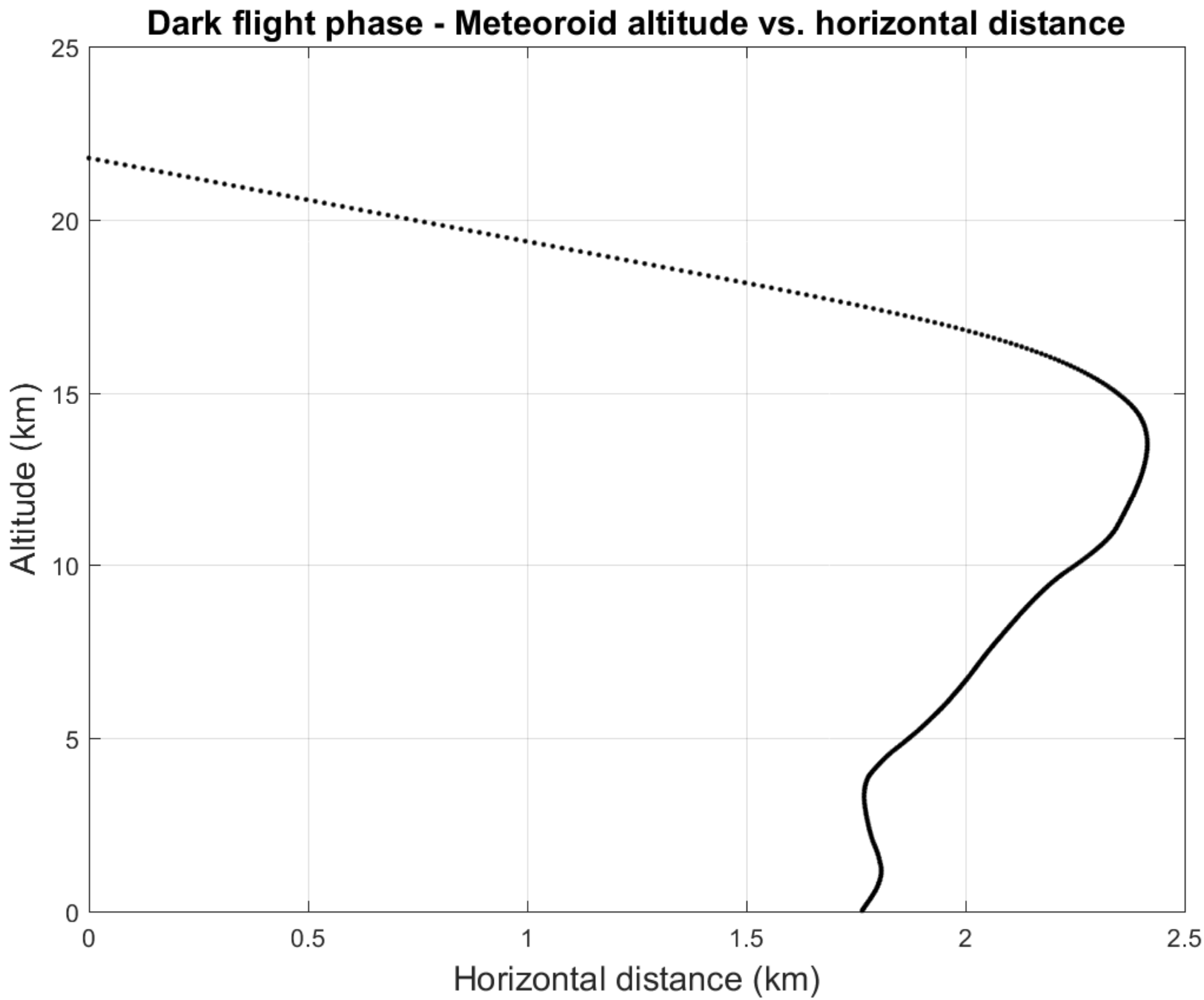


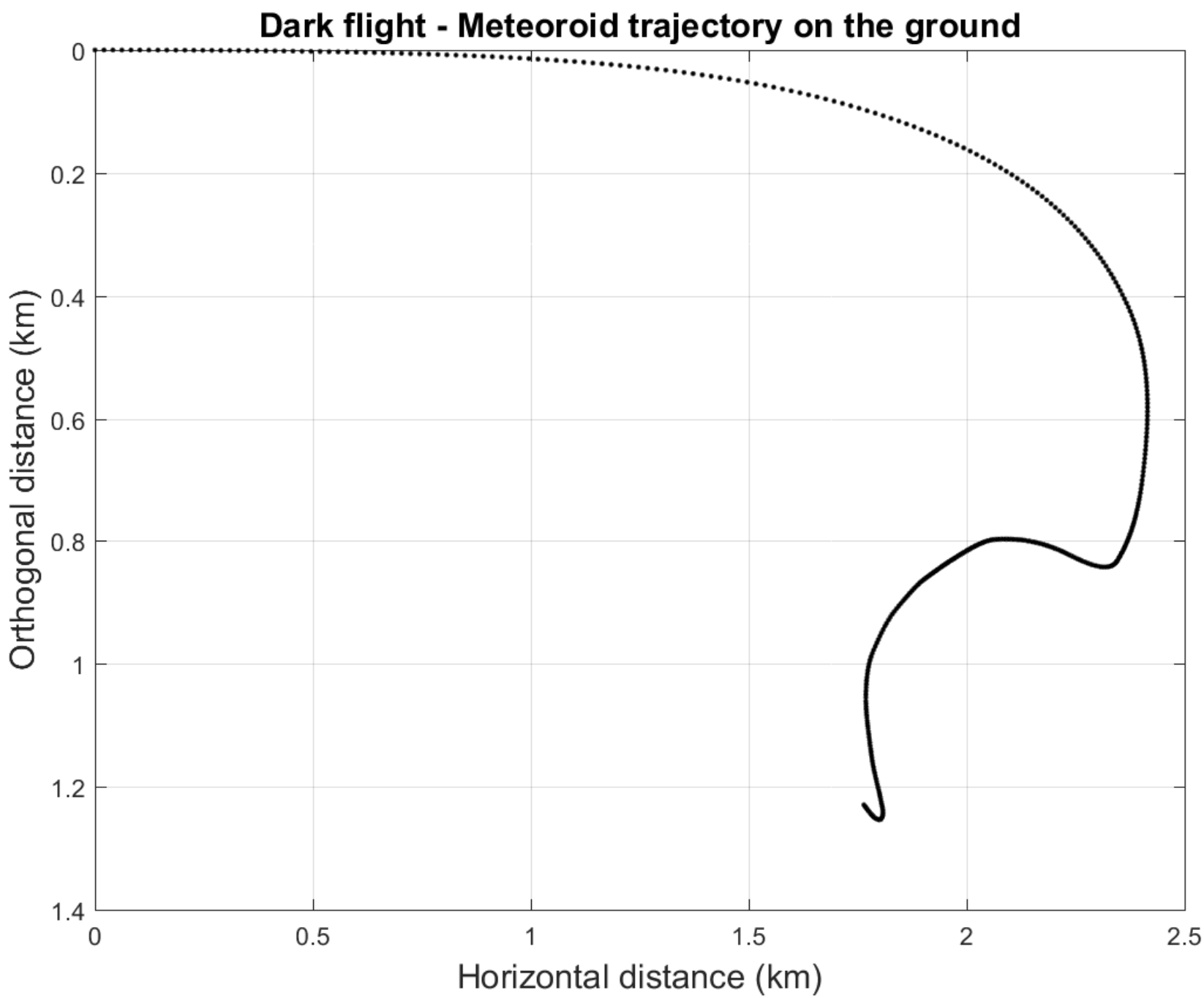
Wind vertical profile



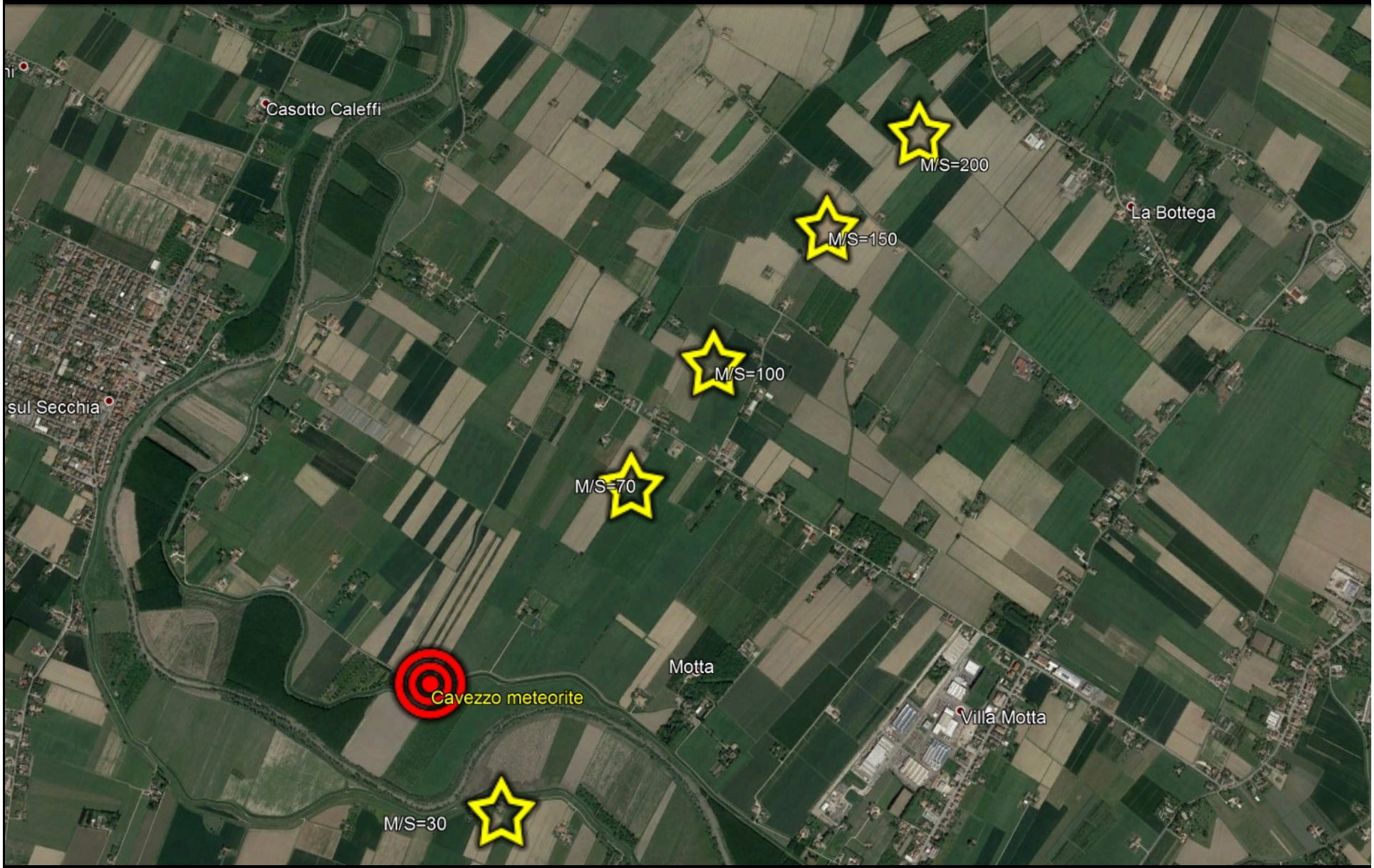
Nel caso del bolide del 1 gennaio 2020 lo stato dell'atmosfera è stato ricostruito ad hoc usando un modello fisico impiegato per le previsioni meteorologiche (Meteo Expert).


Winds velocity vs. height in the reference meteoroid system
Black: fireball motion direction, Red: orthogonal direction
Values > 0 are against meteoroide motion
Height (km)
35
30
25
20
15
10
5
0
-70
-60
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
Wind velocity (m/s)

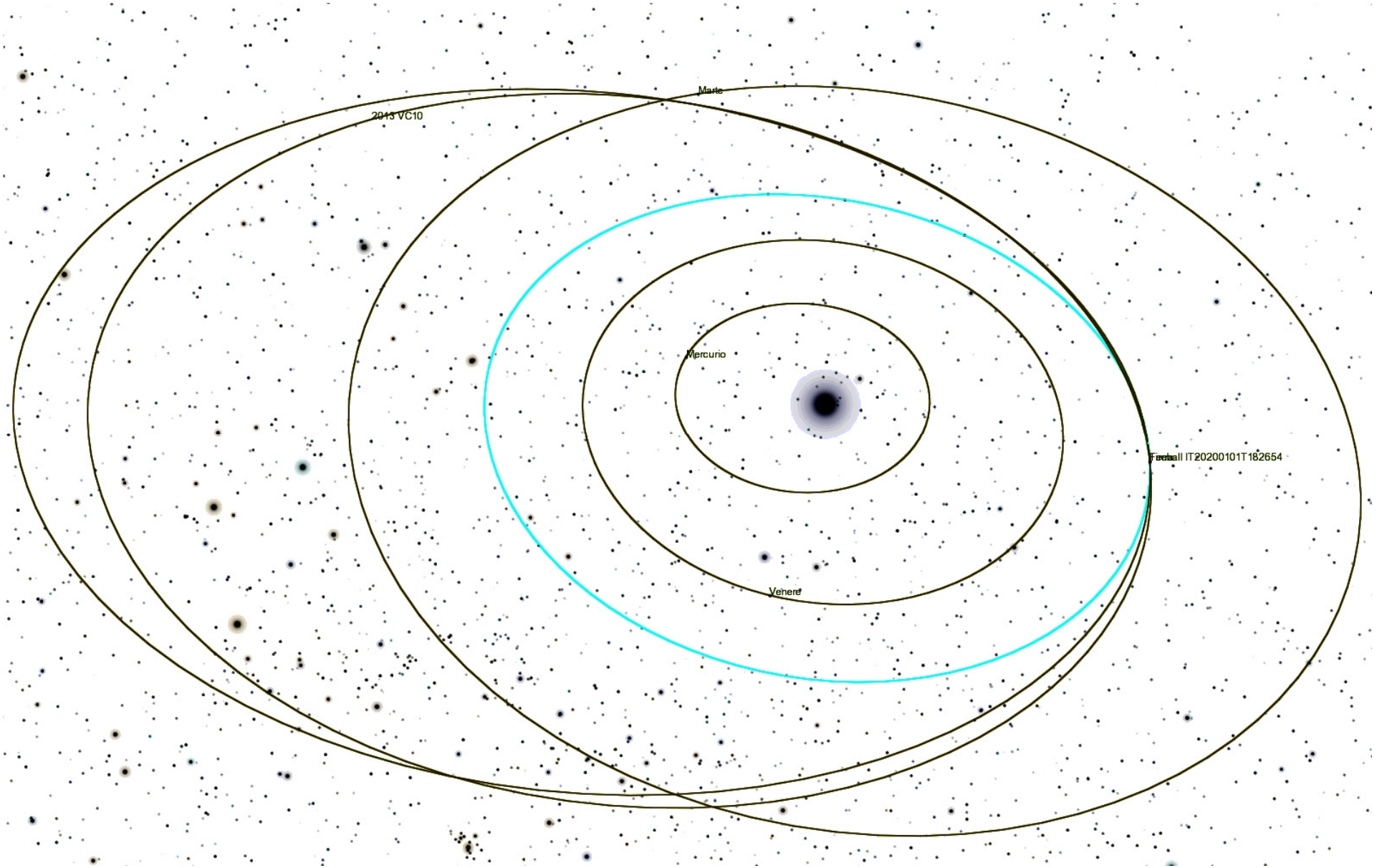

Dark flight phase - Meteoroid altitude vs. horizontal distance
Altitude (km)
Horizontal distance (km)
0
5
10
15
20
25
0
0.5
1
1.5
2
2.5


Dark flight - Meteoroid trajectory on the ground
Orthogonal distance (km)
Horizontal distance (km)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
0
0.5
1
1.5
2
2.5

Punti di impatto al suolo (strewn-field)



Ritrovamento meteorite Cavezzo, 4 gennaio 2020



Un colpo di scena: l'orbita del meteoroide 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.

PRISMA
Grazie per l'attenzione!
https://asteroidiedintorni.blog/
http://www.prisma.inaf.it/
ITER01
Loiano