

## **CONTESTO**

## **Space Situational Awareness**



Space Weather (SWE)



Near Earth Objects (NEO)

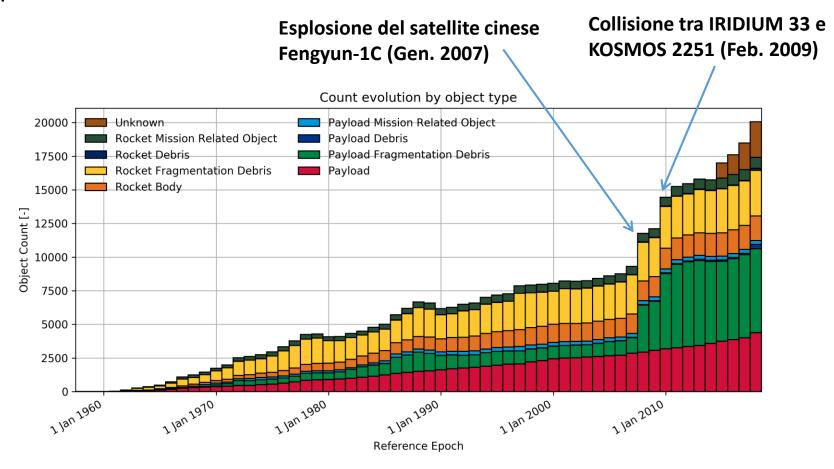


Space Surveillance and Tracking (SST)

## **EVOLUZIONE DETRITICA**

Il 56% dei detriti spaziali sono frammenti dovuti a:

- Esplosioni
- Collisioni



### **EUSST Consortium**

Il 1 giugno 2015 viene firmato un accordo per la costituzione di un **Consorzio Europeo** tra Italia, Francia, Spagna, Regno unito e Germania, esteso oggi a Polonia, Romania e Portogallo. A fine ottobre 2020, causa BREXIT, UK lascia il Consorzio.

La Commissione europea ha previsto dei finanziamenti per il periodo **2015-2023** che coprono l'adeguamento dei sensori europei esistenti e anche i loro costi operativi.

Questi finanziamenti SST derivano da due framework:

- **H2020**, dedicato principalmente agli upgrade dei sensori esistenti
- Copernicus, dedicato principalmente all'operatività dei sensori

Nome	Framework	Finanziamento
1SST2015	Copernicus	175.594 €
2SST2015	H2020	90.524 €
3SST2015	H2020	910.898 €
1SST2016-17	Copernicus	435.519 €
2-3SST2016-17	H2020	1.312.963 €
1SST2018-20	Copernicus	*550.459 €
2-3SST2018-20	H2020	*2.022.785 €
		5.498.742 €

#### Altri fonti di finanziamento:

- Accordi ASI-INAF per 372k€
- Contratti ESA per 90k€

<sup>\*</sup> Grant in corso. Previsto aumento di budget a valle della BREXIT (emendamento in fase di finalizzazione)

## Personale INAF coinvolto

Numero di partecipanti INAF al progetto: 21

FTE 2021-23: 19

Istituti coinvolti: IRA – OAC - OAS

Germano Bianchi: Responsabile scientifico dello sviluppo e osservazioni relative alla Croce del Nord, la parte ricevente del radar BIRALES,

Tonino Pisanu: Responsabile e coordinatore del radiotelescopio SRT come parte ricevente del radar BIRALET,

Marco Schiaffino: Meccanica e movimentazione Croce del Nord.

Juri Roda: Meccanica e movimentazione Croce del Nord.

**Marco Morsiani**: Movimentazione Croce del Nord. **Franco Fiocchi**: Movimentazione Croce del Nord.

Alessandro Cattani: Meccanica e movimentazione Croce del Nord.

Luca Lama: Software, data processing e osservazioni BIRALES.

**Giovanni Naldi**: Software e data processing. **Andrea Mattana**: Software e data processing.

Andrea Maccaferri: Software, data processing e osservazioni BIRALES.

Giuseppe Pupillo: Calibrazione, sviluppo software e analisi dati.

Mauro Roma: RF, sincronizzazione e osservazioni BIRALES.

**Claudio Bortolotti**: RF e osservazioni BIRALES. **Federico Perini**: Progettazione RF e optical link.

Daria Guidetti: Divulgazione.

Rebecca Minghetti: Ordini, rendicontazione e gestione amministrativa.

Paolo Maxia: Attività tecnico-amministrativa, coordinamento delle osservazioni BIRALET, analisi e riduzione dati.

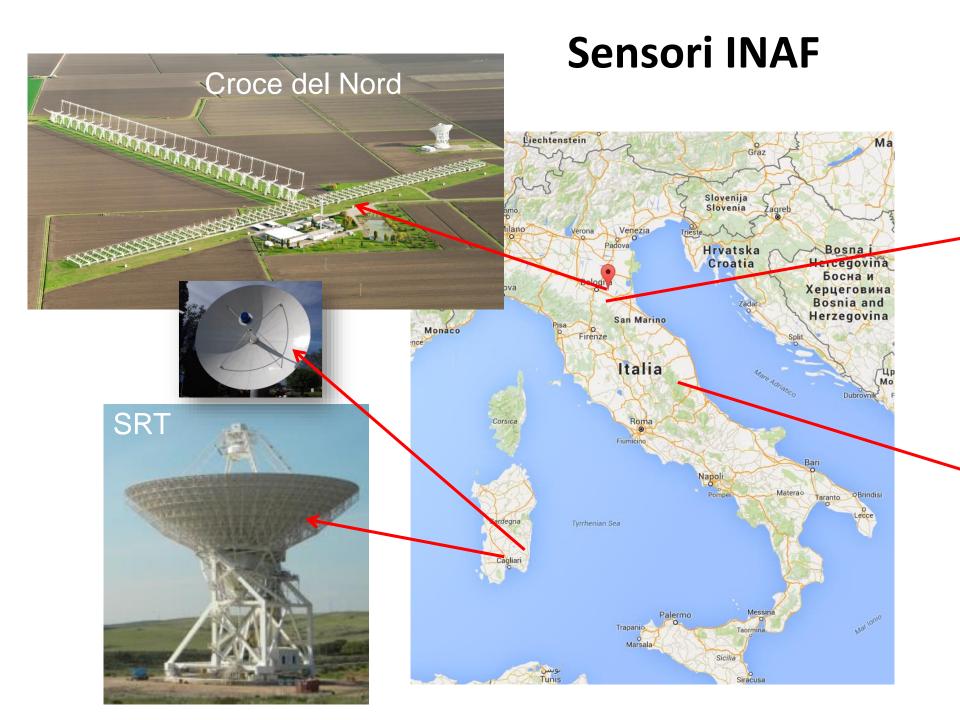
Pasqualino Marongiu: Attività di supporto alla manutenzione e gestione delle osservazioni e del funzionamento dell'SRT.

Pierluigi Ortu: Attività di supporto alla manutenzione e gestione delle osservazioni e del funzionamento dell'SRT.

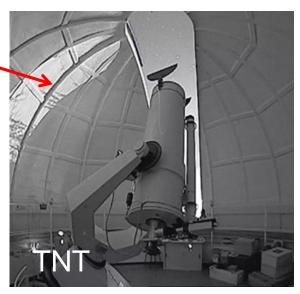
Luca Schirru: Supporto alle osservazioni e sviluppo software per la elaborazione dei dati.

## Come osservare i detriti con i radiotelescopi





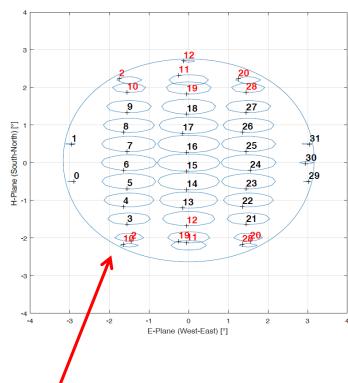




## Upgrade Croce del Nord



Al momento sono state aggiornate 32 antenne del ramo N-S della Croce del Nord. Il completamento dell'aggiornamento dell'intero ramo N-S, compresa la verniciatura, avverrà entro il 2023.



Multi-beam all'interno di uno dei 4 campi di vista attuali dell'antenna, che diventeranno 8 al completamento dell'upgrade di tutto il ramo N-S. Ogni campo di vista può essere puntato indipendentemente su diverse regioni di cielo fino ad ottenere un campo di vista potenzialmente di 90° sul piano nord-sud e 7° sul piano est-ovest.

## Modifiche linee focali Croce del Nord





## Assemblaggio ricevitori, test ed installazione su linee focali modificate







## Installazione fibre ottiche sulla Croce del Nord

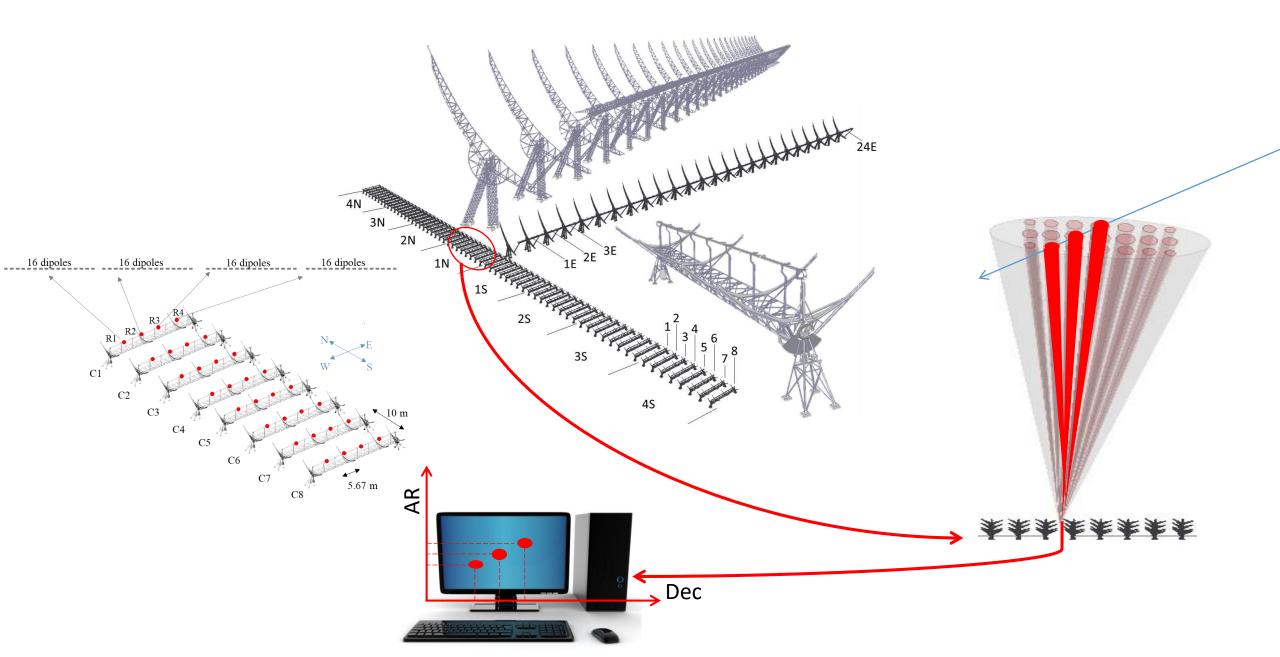






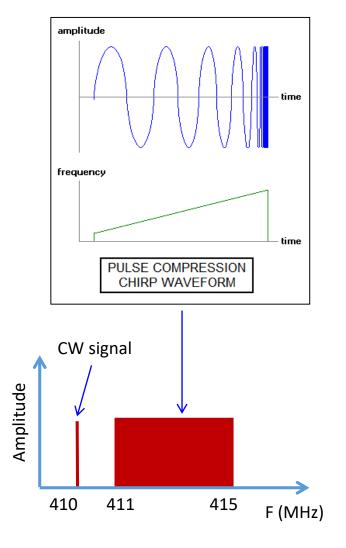


## Ricostruzione delle tracce con multibeam



### BIRALES schema a blocchi

Il sensore accoppia due sistemi radar: Multibeam CW Single beam pulse compression radar PULSED – SIGNAL **GENERATOR POWER CW-SIGNAL AMPLIFIER GENERATOR** TIME & SYNC. **PISQ NORTHERN** TRF **CROSS** MEDICINA PRE-PROCESSING UNCLASSIFIED DATA Unclassified **ORBIT** data transfer **ANALOG ECHO BACKEND CALIBRATION** MULTIBEAM **DETERMINATION RECEIVERS DETECTION** ISOC **TIME & SYNCHRONIZATION CLASSIFIED ENVIRONMENT ISOC:** Italian SST **RANGE MEASURE Operation Centre** 



## **BIRALET**

#### **RECEIVER**



**SRT** 

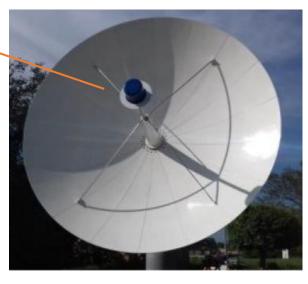
#### Sardinia Radio Telescope:

- 64-m diameter antenna
- P-band receiver
- 305-418 MHz frequency range
- 46.6 dBi antenna gain



Baseline: 20 km

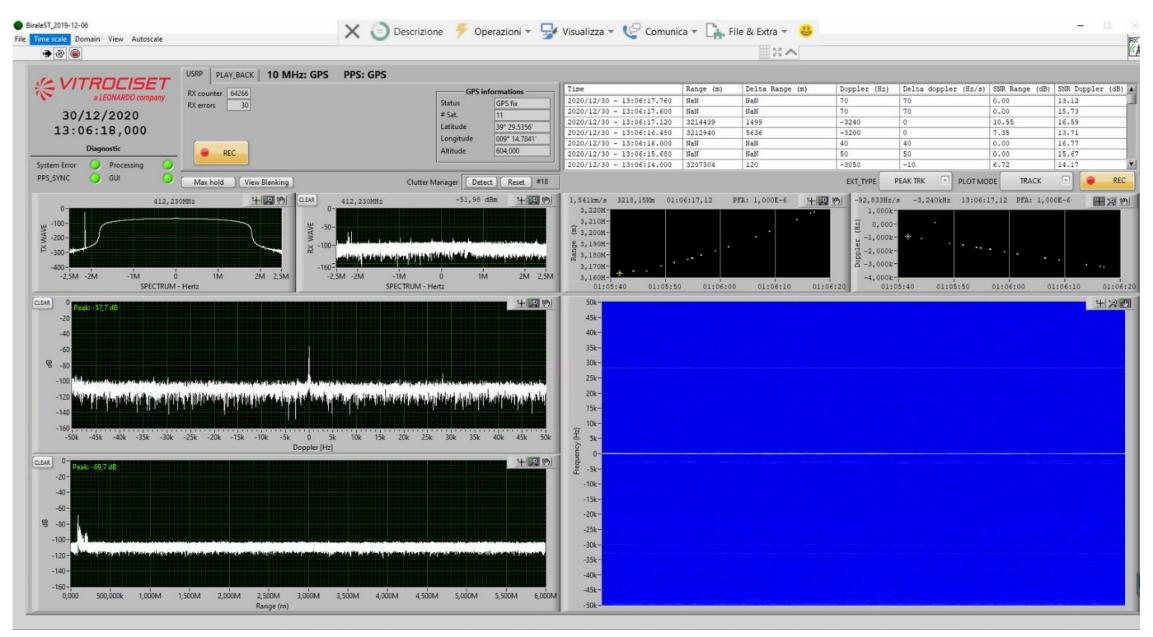
#### **TRANSMITTER**



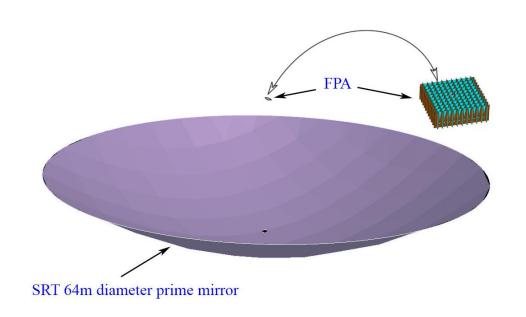
TRF (Radio Frequency Transmitter)

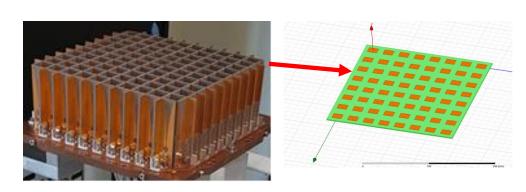
- 7-m diameter antenna
- Circularly polarized signal
- 410-415 MHz frequency range
- 26 dBi antenna gain
- transmission power 10 kW in CW and pulsed mode

## Schermata software di acquisizione BIRALET



# BIRALET - PAF studi in collaborazione con SKA-AIP - PHAROS 2



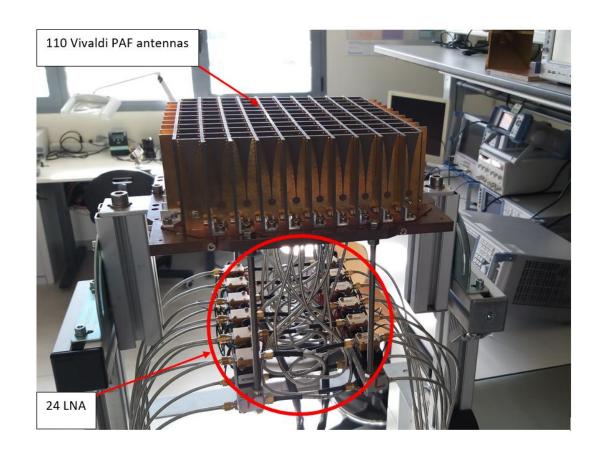




## BIRALET - PAF studi in collaborazione con SKA-AIP - PHAROS 2

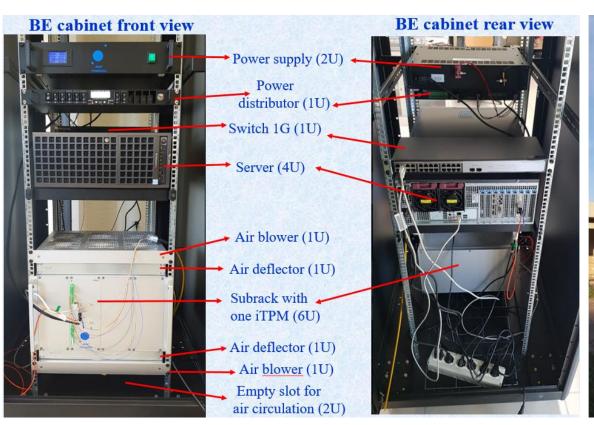
Laboratory measurements and tests





## BIRALET - PAF studi in collaborazione con SKA-AIP - PHAROS 2

Laboratory measurements and tests





## Risultati campagna rientro Long March CZ-5B R/B / 2021-035B

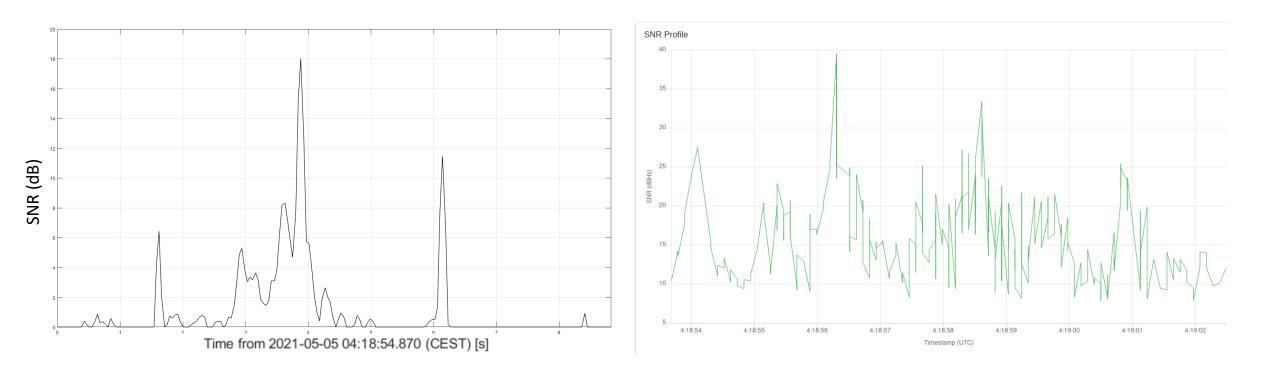
I radar bistatici BIRALES e BIRALET (Bistatic radar for LEO Survey e Tracking), che usano come antenne riceventi la Croce del Nord e SRT rispettivamente, hanno preso parte alla campagna di rientro del razzo cinese "lunga marcia" a partire da lunedì 3 maggio fino a domenica 9 maggio, quando è rientrato.



Sono state fatte misure ad ogni passaggio del razzo sull'Italia e fornito contributi fondamentali e di importanza strategica per la sicurezza nazionale ed europea.

### Rotazione Long March CZ-5B R/B / 2021-035B

Si è inizialmente capito che il razzo ruotava molto velocemente, con un periodo di rotazione stimato attorno ai 5 secondi. Per fare questo calcolo, si è misurata la variazione del segnale acquisito dalla Croce del Nord (SNR) nel tempo.



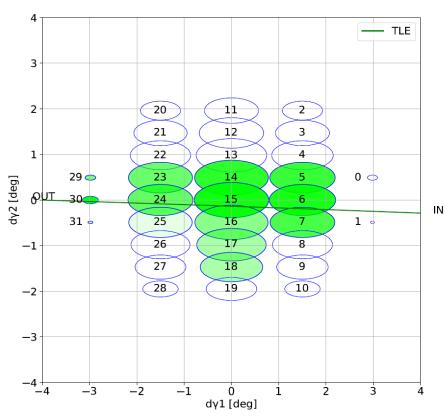
Avere indicazioni sulla rotazione dell'oggetto è un importante parametro che permette di capire il tipo di impatto con l'atmosfera e migliorare quindi la previsione di rientro.

### Ricostruzione della traccia e propagazione dell'orbita

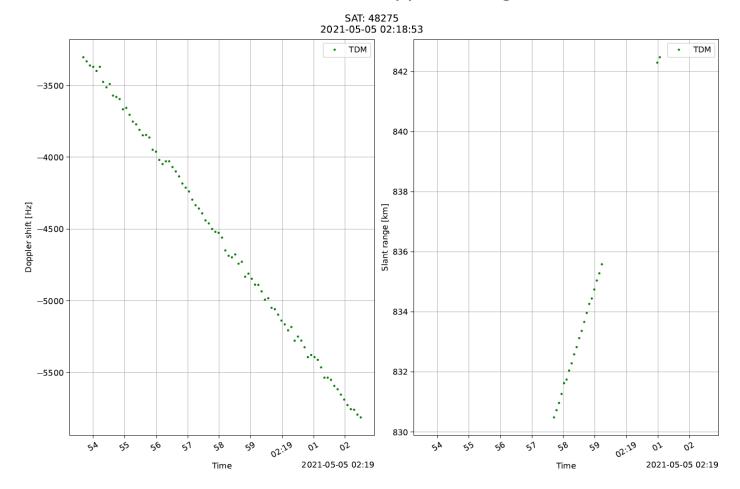
(passaggio del 5 maggio 2021)

Ad ogni passaggio si è ricostruita la traccia e si è misurato il doppler e la distanza (slant range), che ci ha permesso di aggiornare l'orbita dell'oggetto e la previsione di rientro.

#### Esempio di ricostruzione della traccia



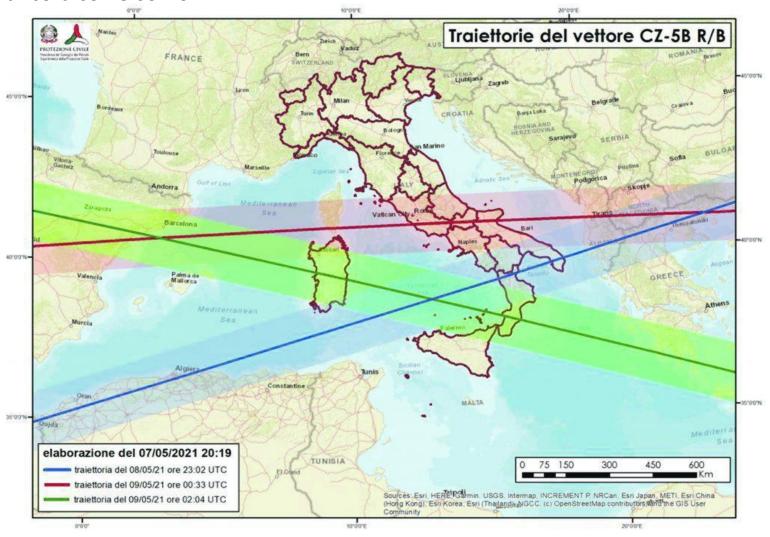
#### misure di doppler e range



#### Ultime ore del «razzo» cinese

(9 maggio 2021)

Importantissimo il contributo dei nostri sensori INAF durante gli ultimi passaggi nella notte di domenica 9 maggio, in cui l'Italia era coinvolta ancora con 3 sorvoli.

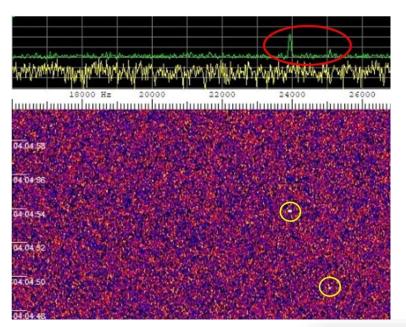


#### Ultime ore del «razzo» cinese

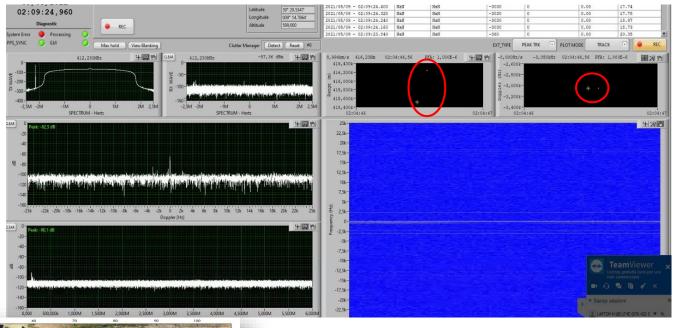
(9 maggio 2021)

Alle 4:04:49 (ora locale) appare un debole, ma pur significativo, eco sui monitor della Croce del Nord e di SRT, a indicare che l'oggetto era ancora in orbita e che quindi l'Italia non sarebbe stata coinvolta da caduta di frammenti.

Eco sui monitor della Croce del Nord

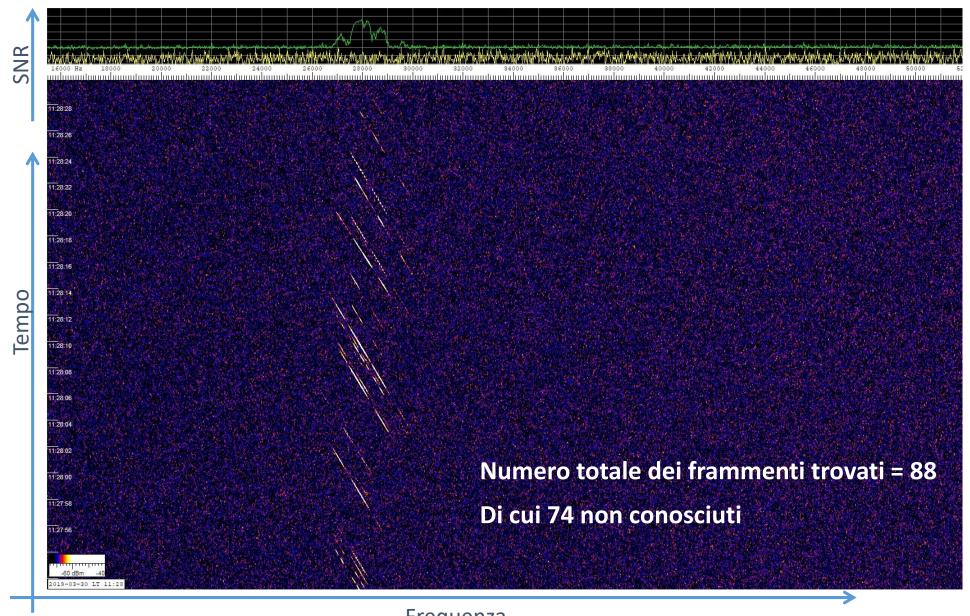


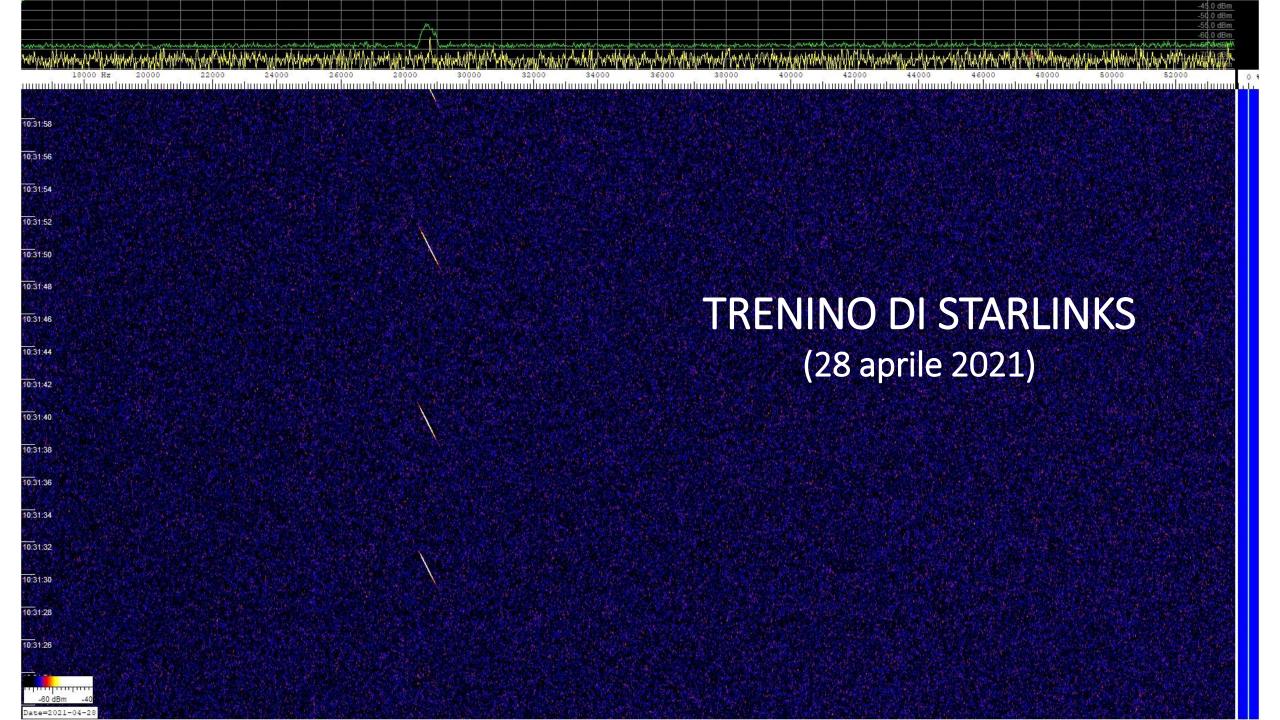
#### Eco sui monitor di SRT

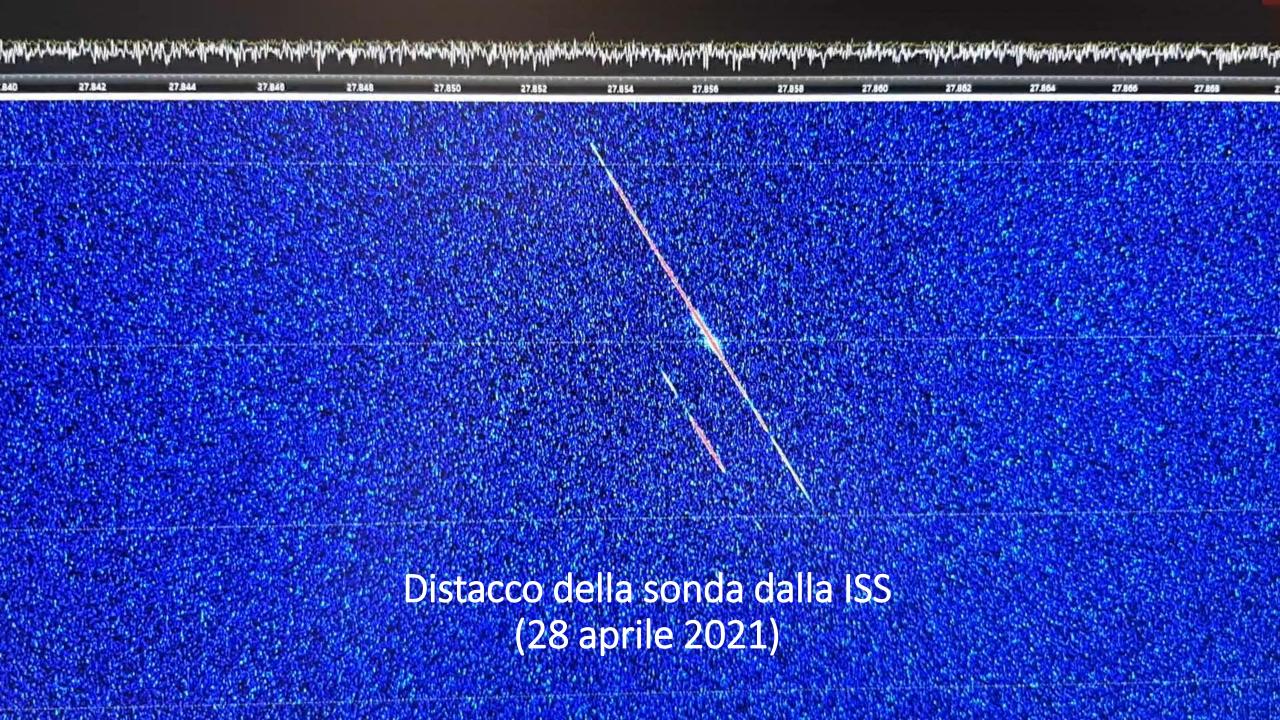




## Campagna frammentazione satellite indiano MICROSAT-R (esploso il 27 marzo 2019, 5:40 UTC)







## SVILUPPI FUTURI Strategia Nazionale di Sicurezza per lo spazio

Titoli del Programma	2020	2021	2022	2023	2024	Total 2020-24	oltre 2024	Total	descrizione del programma
Realizzazione della Sensoristica Radar on ground per la sorveglianza spaziale (SST) e caratterizzazione degli oggetti nello spazio (Space Intel) fino all'alto LEO	300	300	300	3000	2000	5900		5900	Aggiornamento dell'attuale sistema radar BIRALES (900k€) Upgrade estensivo della Croce del Nord integrando il braccio di antenne Est-Ovest (5M€)
Realizzazione della Sensoristica Ottica on ground per la sorveglianza spaziale (SST) dall'alto LEO fino al GEO	300	300	200			800	200	1000	Valorizzazione del sensore ottico Cassini (INAF-OAS) a Loiano entro il 2024, attraverso:  1) La realizzazione della camera di fuoco "SuperFOSC" a largo campo di vista (1x1 gradi) sensibile alla magnitudine 22 (800 kEuro).  2) Oltre 2024: upgrade dei detettori CCD/CMOS del telescopio (200k€).
Realizzazione di un Software per la simulazione di architettura di sensori (ottici e radar) per SST e SWx	150	150	150	150	150	750		750	Studio, sviluppo, scrittura del codice e validazione del software per la simulazione di architettura di sensori per SST e l'ottimizzazione dello scheduling di osservazioni al fine di valutare le capacità di generazione e manteninemnto di un catalogo di oggetti.
Interoperabilità e valorizzazione della sensoristica SST e SWx attuale con quella futura (i.e.: Funzionamento Bi-Statico tra il Sardinia Radio Telescope con il futuro Radar di Surveillance e/o Tracking)	200	200	200	150		750		750	Upgrade di SRT alla banda C tramite ricevitore PAF
Realizzazione del Software Operativo per la SST (surveillance & tracking)	50	50	100			200		200	Sviluppo del sistema operativo per la strumentazione di upgrade del telescopio Cassini (TANDEM e SuperFOSC) (100k€) Upgrade del software di processamento dei dati osservativi di BIRALES per l'implementazione di un approccio di beamforming adattativo per il tracking automatico di oggetti durante il passaggio all'interno del campo di vista del radar (100k€)
Contratto per il Mantenimento in Condizioni Operative della capacità SST-SSA STM nazionale	50	50	250	250	250	850		850	Costi annuali per la manutenzione ordinaria della Croce del Nord e del telescopio Cassini (50kEuro/anno) fino al 2024. Upgrade della cupola del telescopio Cassini per massimizzare il Field of Regard dello strumento (600 kEuro).
Supporto tecnico alle operazioni dei sensori ottici e radar	500	500	500	500	500	2500		2500	10 unità di personale full time per operazione dei sensori Cassini, Croce del Nord e SRT fino al 2024
Totale Parziale	1550	1550	1700	4050	2900	11750	200	11950	