

Spoke 3 - Astrophysics and Cosmos Observations

Highlights e Prospettive

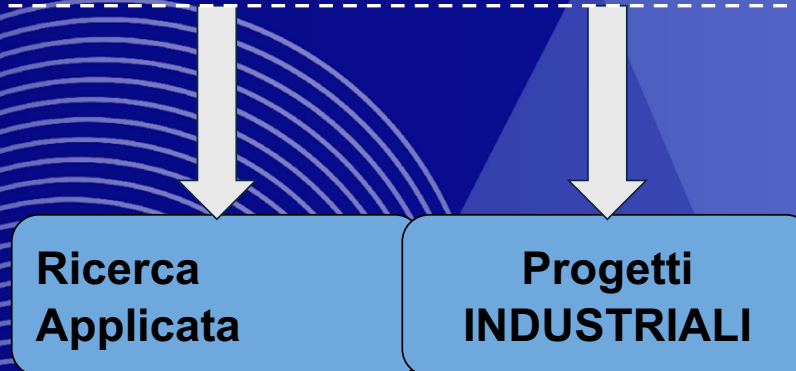
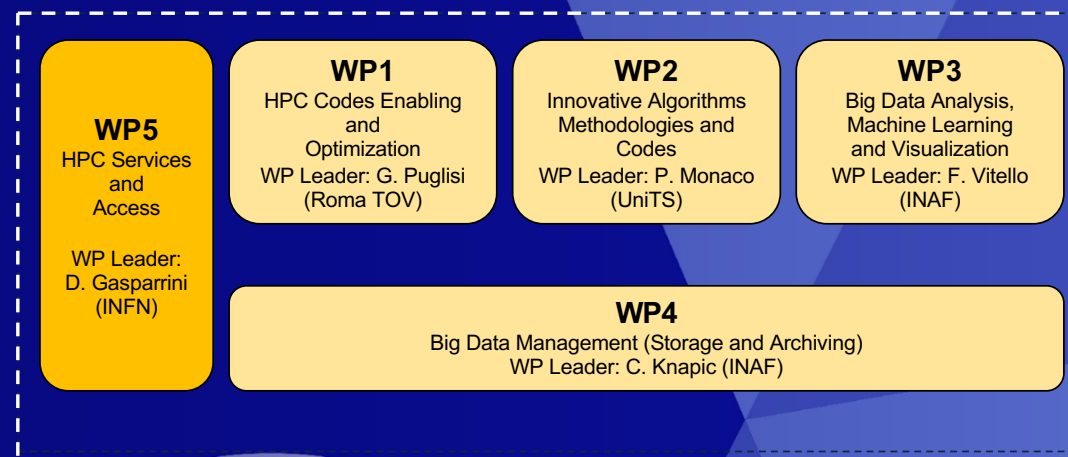
ICSC Annual Meeting meeting
Isola d'Elba
5-8 Ottobre 2025



Spoke 3



Enti Affiliati e Aziende	
Università Roma Tor Vergata	Intesa SanPaolo
Università di Trieste	UnipolSai
Università di Torino	Sogei
Università di Catania	IFAB
Scuola Normale Superiore - Pisa	Leonardo
Sissa - Trieste	Thales Alenia Space Italia S.p.A. (TASI)



Spoke 3 – Principali collaborazioni internazionali nei progetti più rilevanti

Challenging Projects	Description
Radioastronomy	Square Kilometer Array (SKA) Square Kilometre Array (SKA) e i suoi precursori e dimostratori ("pathfinder"): le più ambiziose sfide scientifiche e tecnologiche della radioastronomia..
Space Missions	Le missioni ESA Euclid e Gaia esploreranno l'origine e l'evoluzione dell'Universo e della nostra Galassia
High-Energy	La missione spaziale Fermi fornisce nuove conoscenze sui gamma-ray bursts, black holes, and dark matter. Le osservazioni di Fermi sono fondamentali nel campo dell'astronomia multi-messaggero, per lo studio delle correlazioni tra i raggi gamma le onde gravitazionali e i neutrini.
Large Scale Simulations	Condivisione di algoritmi e software nella comunità A&C attraverso il co-design che mette in collaborazione le figure di scientists, sviluppatori software ed esperti di HPC.
Big Data Analysis and ML	HPC AI per l'elaborazione e l'analisi dei dati, Management and distribution di large dataset nel Datalake, High rate analysis.

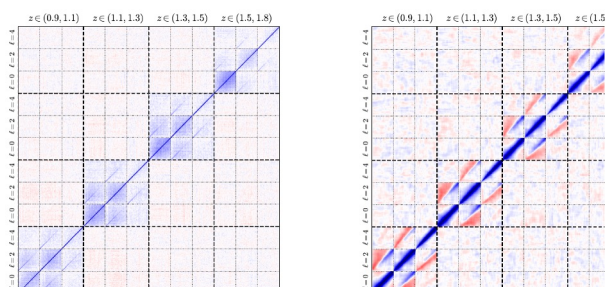
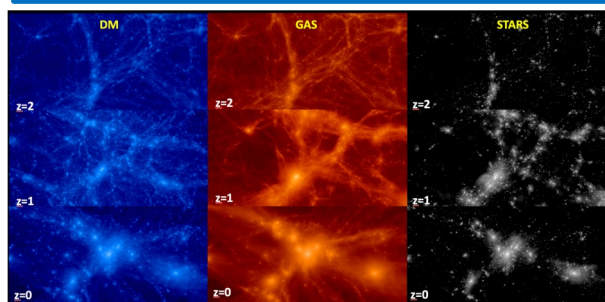
Key Science Projects (KSP)

Formation of cosmic structures at different scales and epochs

KSP1 - EAGER: Evolution of gAlaxies and Galaxy clustERs in high-Resolution cosmological simulations

KSP2 - SLOTH: Shedding Light On dark matter wiTH cosmological simulations

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: il codice OpenGADGET3 è stato usato per produrre simulazioni ad alta risoluzione per studiare l'evoluzione di una varietà di "ecosistemi" nei quali galassie, barioni cosmici e buchi neri supermassicci evolvono. Sviluppo codice con partecipazione nel CoE SPACE.



KSP3 - EuMocks: Simulating thousands of Euclid skies

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: Il codice Pinocchio, già utilizzato per *produrre migliaia di simulazioni del campione spettroscopico di Euclid*,

<https://www.media.inaf.it/2025/09/24/migliaia-di-simulazioni-un-universo-solo-non-basta/>

e` stato ulteriormente sviluppato per eseguire in modo ottimale su Leonardo, ed e` pronto per essere utilizzato per una campagna di simulazioni ancora piu` estesa.)

KSP4 - Multi-tracer inference of the first billion years

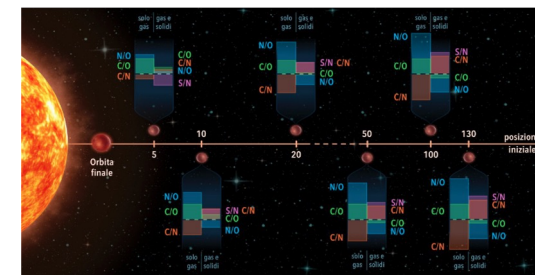
Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: Creazione del più grande e avanzato database di simulazioni del mezzo intergalattico e delle galassie ad alto redshift mai realizzato, ciò permette di studiare in modo approfondito come si sono formate e evolute le prime galassie e come la loro luce ha permeato lo spazio per ionizzare e riscaldare il nostro Universo durante i primi miliardi di anni.

⇒ Paving the way for the development of AI methodologies of Simulation-Based Inference applied to Cosmology

Key Science Projects (KSP)

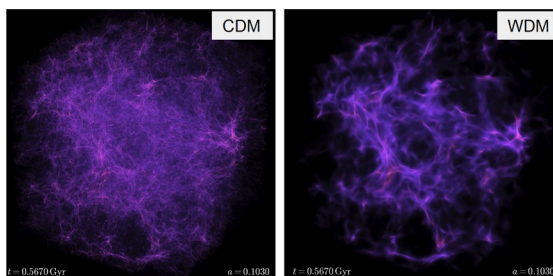
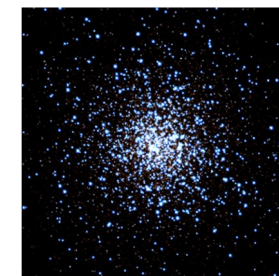
KSP5 - OPAL: simulating the Origins of Planets for Ariel

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: E' stato sviluppato un ecosistema integrato di codici di simulazione unico al mondo., OPAL ha creato la prima libreria di pianeti sintetici con completezza e livello di dettaglio paragonabili a quelli del James Webb Space Telescope. Questi pianeti sintetici vengono usati dal consorzio della missione ESA Ariel per testare e calibrare i codici e le pipeline della missione.



KSP6 - ISTEDDAS: Revealing the populations of compact remnants in dense stellar systems

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: ISTEDDAS esegue simulazioni di ammassi stellari densi basate su codici accelerati sviluppati grazie alle risorse messe a disposizione del centro nazionale: questo ci permetterà di **interpretare i segnali gravitazionali osservati da LIGO–Virgo–KAGRA e, soprattutto, di anticipare quelli attesi con l'Einstein Telescope.** In parallelo confronteremo le simulazioni con osservazioni radio (es. SKA) per ricostruire la storia evolutiva di pulsar singole e binarie e sondare i resti compatti oscuri fino a buchi neri di massa intermedia.



KSP7 - VisIVO: a framework both for batch and interactive visualization services

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: Nell'ambito del progetto VisIVO, abbiamo realizzato immagini e filmati ad alta risoluzione delle simulazioni cosmologiche DEMNUni e avviato la migrazione della piattaforma verso un'architettura client-server containerizzata e distribuita. Questo progresso è fondamentale per la visualizzazione remota di big data astrofisici, essenziale per progetti di punta come SKA.

Spoke 3 – Innovation Grants: challenging the industrial ...requirements...

Challenging Projects	Tema	Argomento
Hazard Mapping and Vulnerability Monitoring	Clima energia e ambiente	Visualizzazione, HPC, AI e Analisi di grandi moli di dati ⇒ WP1-2-3 dello Spoke
Space and ground-based observations	Calcolo per la fisica e lo Spazio	Gestione e archiviazione di grandi moli di dati e Data Lake (Rucio e query complesse) ⇒ WP4 dello Spoke
Fraud detection, credit risk, and churn analysis	Società, quantum computing, AI	Analisi di serie temporali con tecniche di ML e uso di sistemi HPC ⇒ WP3 dello Spoke
Preventing cyber attacks in real time.	Società e cyber security	Porting di codici con algoritmi di machine learning per la previsione di attacchi cibernetici in ambiente High Performance Computing (HPC) ⇒ WP1-2 dello Spoke

HaMMon et al: Sviluppo di strumenti e metodologie di analisi per la prevenzione e la quantificazione degli effetti degli eventi naturali estremi sul territorio italiano **Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke:** Nell'ambito del progetto abbiamo sviluppato workflow per la creazione di digital twin e algoritmi di deep learning per l'estrazione di informazioni da dati UAV, satellitari e street view, integrandoli in una piattaforma HPC containerizzata che abilita la valutazione e la visualizzazione remota dei rischi ambientali e delle vulnerabilità strutturali sul territorio italiano.



IDL e IGUC: Data Lake service. Design and commissioning of an interoperable, distributed data archive, supporting both science and industry

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: Il finanziamento si è dimostrato di capitale importanza nella strada verso l'implementazione e la validazione di un'innovativa architettura per la gestione di big data astronomici che, integrando soluzioni tradizionali e non, abilita l'interrogazione complessa e ad alte prestazioni su miliardi di oggetti per nuovi paradigmi di analisi scientifica e di data exploitation industriale.

TSBS e FD: Applying ML techniques to solve problems in the banking sector, usually described as time series, and anomaly detection. **Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke:** Partendo dalle feature di codici e algoritmi originariamente concepite per le curve di luce in astrofisica, le stesse sono state applicate con successo alle serie storiche finanziarie per la rilevazione di anomalie comportamentali degli utenti tramite tecniche di machine learning unsupervised



SCP: Creare di un ambiente di supporto dedicato alla previsione e l'identificazione precoce delle minacce informatiche

Eccellenza e risultati raggiunti nello Spoke: Il progetto ha permesso di selezione degli algoritmi di Machine Learning più adatti all'HPC, con un approccio rigoroso all'ottimizzazione tra CPU e GPU. Il risultato principale è stato il mantenimento dell'accuratezza dei modelli con una riduzione dei tempi di training fino a un ordine di grandezza grazie all'uso delle GPU

Spoke 3 e il bando a Casacata

N.	Aree Tematiche e relazione con i WP dello Spoke	Numero di Progetti
1	Scientific Visualization with Artificial Intelligence Support. WP 3	10
2	Accelerated Algorithms WP 2	2
3	Parallelization and acceleration of scientific codes WP 2	4
4	Intelligenza Artificiale applicata alla features detection e classificazione WP 1 and 3	3
5	Intelligenza Artificiale applicata a missioni spaziali WP 1 3 and 4	7
6	Metodologie avanzate di analisi dati WP 1 2 and 3	10

22 + 14 Progetti Finanziati dallo Spoke 3. Tutti strettamente inerenti alle attività dei WP dello Spoke

22 Progetti sono stati sottomessi da soggetti privati SME

Per ciascun progetto è stato assegnato un referente dello Spoke

⇒ **SME: 2.85 MEuro** (57% dei fondi assegnati)

⇒ **Investimento al Sud: 2.01 MEuro** (40% dei fondi assegnati)

- Fondi assegnati 5,164,611 Euro

Contributo all'infrastruttura del Centro Nazionale

“Marco Polo” Tier - 1 System @ technopole

The New HPC Tier 1@ CN will be a system with Data Centric nodes and GPU nodes. Globally 5+15 PF. **The total investment will be aprox 15 Million of Euros (4 Meuros from INAF).** INAF participate to this project **with dedicated resources (aprox 6 PF and 3 PBytes)**

INAF TIER-3 System @ technopole

System for LT storage and associated hardware for use in SKA-precursors, Path-finders, and related development environments. **STORAGE: 1) Long term cold 18 PB expandible up to 400 PB; 2) online storage 5 PB. 24 Fat nodes (1TRam) and 5 GPU nodes. (aprox 1.5 PF)**

ICSC ha stimolato l'impegno di alcuni alcuni partecipanti chiave al centro nazionale a promuovere un investimento strategico nelle tecnologie abilitanti del calcolo di nuova generazione

Spoke 3: Cosa ha funzionato bene e cosa poteva funzionare meglio

- ⇒ La **ricerca di tipo tecnologico** fatta nello Spoke ha permesso alla ricerca scientifica di **rimanere nei livelli di eccellenza** che aveva o progredire in aspetti fondamentali
- ⇒ Pervasiione tra Scienza e Industria: attraverso i **progetti IG**, abbiamo contribuito alla ricerca industriale utilizzando **conoscenze sviluppate nei WP** e che servivano per i nostri scientifici
- ⇒ BaC. Grandi sfide scientifiche che necessitano di competenze e soluzioni tecnologiche sviluppabili solo grazie alle **competenze presenti in alcune aziende ad alta specializzazione (come dare un seguito?)**
- ⇒ **DD 307** una grande opportunità ben organizzata (ECHO-TWIN)
- ⇒ **Formazione** di una nuova generazione di ricercatori con competenze di alto livello in HPC & Data Science: necessario che siano **immesse stabilmente nell'ecosistema pubblico-privato**
- ⇒ Aspetti che potevano funzionare meglio. **1- Trasversalità** tra gli Spoke, **2- non sempre facile relazione con la parte industriale; 3- accesso iniziale all'infrastruttura ; 4- utilizzo del finanziamento (no PRIN): un'occasione di cambio di approccio alle finalità richieste (dalla Ricerca all'Impresa)**

Aspettative e contributo della comunità per il CN-2 nella Value Proposition

- ⇒ **Continuità di finanziamento** per consolidare quanto fatto dagli **enti di ricerca** con ricaduta nell'**eccellenza scientifica** raggiunta in specifici settori (ad es SKA, Euclid, CTA, LISA, Einstein Telescope)
- ⇒ **Connessione Industria-Ricerca**: specifici finanziamenti con **pari impegni** da parte dei soggetti proponenti e con la formazione di personale che possa trovare sbocchi occupazionali nei 2 ambiti
- ⇒ **Progetti Industria-Ricerca** sia ad alto TRL che ad altissima innovazione (anche a basso TRL)
- ⇒ **Formazione: dottorati su progetti di ricerca applicativa** congiunti che ruotino attorno ai progetti del CN
- ⇒ **Cofinanziamento** sull'infrastruttura e sul personale nei progetti del CN

CN-2.0 a proposal Vision - Thematic Spoke/Area

