



ASTRA

**ADVANCED SPACE
TECHNOLOGIES AND
RESEARCH ALLIANCE**

Un'alleanza tra soggetti pubblici e privati che ambisce a unire la ricerca pura e le sue molteplici applicazioni per implementare tecnologie innovative nel settore dello spazio.

SPOKE



A.D. 1988
unipg
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

PUBLIC AFFILIATES



PRIVATE AFFILIATES



INDICE

1. Il progetto
2. Vitality, un ecosistema innovativo a servizio dei territori
3. Tre work packages complementari
4. **WP1** Lo sviluppo hardware e le infrastrutture spaziali
 - 4.1. Advanced technologies for space industry
 - 4.2. Crystal Eye: novel technologies for X and gamma ray observation
 - 4.3. Cryogenic systems for the LGWA pathfinder
 - 4.4. Infrared Adaptive-Optics facility at the AZT-24 telescope of Campo Imperatore
 - 4.5. Multifunctional structures for space applications
5. **WP2** Software per la digitalizzazione dello spazio
 - 5.1. Digital platforms for space industry
 - 5.2. Automatic tuning, analysis, and optimization of systems using digital twins
 - 5.3. Trustworthiness of smart and autonomous systems
 - 5.4. Onboard SW platform for new space applications
6. **WP3** I risultati di Astra e l'impatto per il tessuto economico
 - 6.1. Technology transfer and impact management
 - 6.2. Protection and valorization of intellectual property
 - 6.3. Supply chain development and spin-off creation
 - 6.4. Ensuring the ethical use of new technologies
7. Le risorse finanziarie di Astra
8. La centralità delle persone in un progetto altamente tecnologico
9. Herman Lima, dal Brasile all'Abruzzo per sviluppare la ricerca di Astra
10. Con il Crystal Eye nuove prospettive per l'osservazione dell'universo
11. Le piattaforme digitali per la "fabbrica del futuro" nell'industria spaziale
12. Lavorare su fiducia e affidabilità dei sistemi autonomi e intelligenti
13. Le pubblicazioni



Il progetto

Astra è l'acronimo di Advanced Space Technologies and Research Alliance. Il suo obiettivo è contribuire all'innovazione tecnologica nel settore spaziale, colmando la distanza tra la ricerca pura e la sua applicazione.

Vede la partecipazione di tre centri di ricerca pubblici e di due soggetti privati. I primi tre sono Gran Sasso Science Institute (Gssi, soggetto capofila), dell'Università degli Studi di Perugia e dell'Istituto nazionale di Astrofisica (Inaf). I due istituti privati partner sono la Fondazione Bruno Kessler e Thales Alenia Space SpA.

Astra rappresenta uno "spoke" (macro-progetto) di Vitality (Ecosistema Innovazione, Digitalizzazione e Sostenibilità per l'economia diffusa nel Centro Italia), percorso avviato nel 2023 e finanziato dal piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr). Vitality è composto di 10 spoke, di cui il secondo è appunto Astra.

L'obiettivo principale di Astra è sviluppare tecnologie e dispositivi che possano contribuire a colmare il divario che separa la ricerca "pura" da quella vocata più agli ambiti industriale

e commerciale, in tema di spazio. Nello specifico le attività di ricerca riguarderanno sia gli aspetti hardware che quelli software, con particolare attenzione anche al trasferimento tecnologico e all'impatto del progetto sul territorio e nel tessuto produttivo.

Questo report racconta lo stato dell'arte di Astra nei primi 24 mesi di attività. I dati nelle pagine seguenti, infatti, sono aggiornati al dicembre 2024.



Vitality, un ecosistema innovativo a servizio dei territori

Un vero e proprio “ecosistema” per l’innovazione, la digitalizzazione e la sostenibilità, a servizio della ricerca e dell’economia nelle regioni centrali d’Italia. È Vitality, un percorso partito nel 2023 e che vedrà il suo epilogo alla fine del 2025, e che vede la partnership di ben 24 soggetti, tra cui **10 università, 4 enti pubblici e 10 privati**.

Si tratta di un progetto ambizioso, uno degli undici “ecosistemi territoriali” finanziato dal Ministero dell’Università e della ricerca (Mur), nell’ambito del piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr). Parliamo di quasi **115 milioni di euro che verranno impiegati allo scopo di rafforzare la cooperazione** di soggetti ed enti importanti di tre regioni italiane tra loro confinanti: Abruzzo, Marche e Umbria.

Non è un caso, infatti, che da tempo sono già a lavoro in tal senso gli atenei dell’Aquila (che è anche il soggetto proponente dell’intero ecosistema), Chieti-Pescara, Teramo, e Gran Sasso Science Institute per l’Abruzzo, di Perugia per l’Umbria, del Politecnico delle Marche, di Urbino, Camerino e Macerata per le Marche, oltre che dell’Università del Molise.

Insieme a loro figurano altri importanti enti pubblici, come il Consiglio nazionale delle ricerche, l’Istituto nazionale di astrofisica, quello zooprofilattico di Teramo e l’istituto nazionale di riposo e cura per anziani, oltre che diversi altri attori privati importanti per l’economia del nostro Paese.

Due fasi per territori connessi

Si tratta di organizzazioni che operano a vario titolo e in territori diversi, ma che al tempo stesso sono accomunate da **caratteristiche socio-economiche, storiche e persino morfologiche**.

Parliamo infatti di aree appenniniche ma anche della costa adriatica, in ogni caso di zone urbane non metropolitane che tuttavia vivono storicamente del rapporto simbiotico tra università, città e impresa. È così per Perugia come per L’Aquila, senza parlare di Camerino e Urbino (chiamata a lungo “la città campus d’Italia”). O di atenei decentrati sui rispettivi territori, come il Politecnico delle Marche e l’Università del Molise. In queste regioni il tessuto produttivo è sostanzialmente composto da piccole e medie imprese, anche se non in toto. Ci sono infatti anche diverse grandi corporation, di cui alcune sono proprio parte integrante di Vitality.

Gli obiettivi generali di tutta l’operazione si possono dividere in due grandi fasi. Da un lato la **ricerca orientata allo sviluppo innovativo del territorio**. In questo senso, ci si occupa di molti ambiti, dalle tecnologie digitali, fino all’ingegneria, le scienze psicosociali e quelle mediche, dalle biotecnologie alla fisica fino ovviamente agli ambiti aerospaziali in cui è immerso il progetto Astra. Ci sono poi tutti gli **aspetti legati al trasferimento dei risultati di ricerca**, a servizio delle aree produttive, sempre all’interno degli ambiti di azione, e sempre naturalmente guidati dai tre concetti-chiave dell’innovazione, la digitalizzazione e la sostenibilità.

Ma di cosa parliamo nel concreto? **Di dieci “spoke”, ossia di 10 macro-progetti di cui si compone l’ecosistema Vitality**. Quattro di questi sono coordinati da università marchigiane, due dall’Università di Perugia (unico ateneo umbro) e quattro da università abruzzesi. Tra queste il **Gran Sasso Science Institute** (Gssi), capofila di Astra, lo spoke 2 di Vitality.

Astra: un’alleanza per la ricerca

Astra è l’acronimo di *Advanced Space Technologies and Research Alliance*. Oltre al Gssi che lo guida, il progetto può contare sull’affiliazione dell’Università degli Studi di Perugia e dell’Istituto nazionale di Astrofisica (Inaf). Mentre le imprese private che ne fanno parte sono la Fondazione Bruno Kessler e Thales Alenia Space SpA.

Il Gssi è l'università più di recente costituzione e più internazionalizzata di tutto l'ecosistema: infatti, **oltre il 40% degli studenti e delle studentesse proviene dall'estero**. Parliamo di una scuola di specializzazione post-laurea, che offre corsi di dottorato in diverse discipline e rappresenta l'unico ateneo post-laurea nell'Italia meridionale presente nel sistema universitario nazionale.

L'**Università di Perugia**, ateneo affiliato a Astra, è uno dei più antichi e prestigiosi del Paese e inoltre è l'unico a coordinare due spoke in Vitality (9 e 10). L'**Inaf** è un ente di ricerca istituito alla fine degli anni Novanta che raggruppa gli osservatori astronomici distribuiti sul territorio italiano. Si occupa insomma dello studio dell'Universo, in stretta sinergia con gli altri enti del settore, come l'Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn).

Accanto a questi enti pubblici, come detto, trovano spazio in Astra anche due soggetti privati. Uno è la **Fondazione Bruno Kessler**, che ha il suo campo base a Trento e si occupa di ricerca scientifica e tecnologica (con particolare attenzione alla cybersecurity e all'intelligenza artificiale). La seconda è la **Thales Alenia Space SpA**, una società multinazionale italo-francese del settore spaziale, specializzata nella produzione di satelliti, sonde e osservatori, e che ha uno dei suoi stabilimenti proprio all'Aquila, uno dei territori coinvolti dall'ecosistema e anzi quello dove nasce l'Università soggetto proponente dell'intero ecosistema Vitality.

L'obiettivo principale di Astra è **sviluppare tecnologie e dispositivi che possano contribuire a colmare il divario** che separa la ricerca "pura" da quella vocata più agli ambiti industriale e commerciale, ovviamente in tema di spazio. Nello specifico le attività di ricerca riguarderanno sia gli aspetti **hardware** (dalle tecnologie per lo spazio all'osservazione di raggi X) che quelli **software** (come i gemelli digitali satellitari o le piattaforme software di bordo), con particolare attenzione anche al **trasferimento tecnologico e all'impatto del progetto sul territorio** e nel tessuto produttivo.

Queste tre angolature (hardware, software e impatto) rappresentano anche i tre work packages di cui è composto il progetto. Nei prossimi articoli lo racconteremo, con l'obiettivo di restituire pubblicamente la rilevanza, la progettualità e i risultati di Astra.

Work packages

Il progetto è organizzato in tre work package, composti da vari task. Ogni task prevede delle milestone e degli outputs.



WP1 Advanced technologies for Space industry

4 Task

| DURATA | AVVIO | TERMINE | RISORSE DISPONIBILI | PERSONALE STRUTTURATO | RICERCATORI RECLUTATI |
|---------|--------------|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35 mesi | Gennaio 2023 | Dicembre 2025 | 5.318.922,74 € | 60 | 5 |

STATO IN CORSO PROSSIMA SCADENZA PREVISTA
 New IR telescope facility commissioning (Dicembre 2024)



WP2 Digital platforms for Space industry

3 Task

| DURATA | AVVIO | TERMINE | RISORSE DISPONIBILI | PERSONALE STRUTTURATO | RICERCATORI RECLUTATI |
|---------|--------------|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35 mesi | Gennaio 2023 | Dicembre 2025 | 3.117.822,01 € | 74 | 3 |

STATO IN CORSO PROSSIMA SCADENZA PREVISTA
 Initial validation of the V&V techniques on the Crystal Eye satellite (Dicembre 2024)



WP3 Technology Transfer and Impact Management

3 Task

| DURATA | AVVIO | TERMINE | RISORSE DISPONIBILI | PERSONALE STRUTTURATO | RICERCATORI RECLUTATI |
|---------|--------------|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35 mesi | Gennaio 2023 | Dicembre 2025 | 864.837,50 € | 31 | 3 |

STATO IN CORSO PROSSIMA SCADENZA PREVISTA
 IP protection (Dicembre 2024)



Lo sviluppo hardware e le infrastrutture spaziali

Come abbiamo raccontato nelle pagine precedenti, **Astra è un progetto diviso in tre macro-ambiti, chiamati work packages**, a loro volta divisi in numerosi **tasks**, ossia parti del percorso progettuale. Il primo work package affronta un elemento imprescindibile quando si parla di sviluppo di nuove tecnologie per lo spazio: la componente hardware.

Nello specifico, è previsto lo sviluppo di una serie di impianti tecnologici avanzati e innovativi destinati all'industria spaziale. **Alle radici del progetto c'è l'idea di costruire un ponte tra la ricerca puramente teorica e le applicazioni commerciali pronte per l'uso**, oltre che di creare un ecosistema variegato e internazionale per favorire gli scambi tra le persone e le organizzazioni coinvolte.

Sono quattro le attività principali di cui si compone il progetto. La prima si articola intorno al **Crystal Eye**, uno strumento pionieristico in ambito astronomico. Si tratta di un sensore in grado di volare lungo orbite terrestri basse (tra i 300 e i mille chilometri intorno alla Terra) e progettato per essere installato su satelliti o stazioni spaziali. Il sensore ha una struttura molto compatta: una piccola emisfera di 20 centimetri, dal peso di circa 50 chili. All'interno di questo task, l'obiettivo è specificamente quello di sviluppare nuove tecnologie che potenzino il Crystal Eye e lo rendano capace di intercettare raggi X e gamma. Un progetto destinato ad avere un forte impatto sulle future missioni spaziali.

Il secondo task si concentra sull'**avanzamento tecnologico dell'antenna lunare** (Lgwa, acronimo di *Lunar gravitational-wave antenna*). Tale strumento, sviluppato alcuni anni fa dal Gran Sasso Science Institute, **permette attualmente di rilevare le onde gravitazionali direttamente dalla Luna**, di fatto trasformando quest'ultima in un rilevatore. In questo

caso, l'attività prevede di ricreare un ambiente lunare, di modo che l'antenna possa funzionare anche sulla Terra. In particolare, questo avviene tramite un processo di raffreddamento che porterà le temperature ai livelli di quelle lunari nelle zone prevalentemente in ombra (quindi al di sotto dei -200 gradi centigradi).

Un'altra attività del primo work package prevede lo sviluppo del **telescopio di Campo Imperatore** (L'Aquila), specificamente grazie alla creazione di un impianto ottico a infrarossi, capace cioè di intercettare le onde di frequenza inferiore a quanto visibile dall'occhio umano. Infatti, la sensibilità agli infrarossi è una caratteristica potenzialmente molto innovativa in astronomia, perché permette ai telescopi di osservare meglio il cosmo, individuando anche oggetti che sono nascosti ai normali sensori ottici. Il telescopio di Campo Imperatore è un centro di osservazione astronomica fondato negli anni Sessanta del secolo scorso, a oltre duemila metri di altitudine, in cima al Gran Sasso d'Italia, che rappresenta la vetta più alta degli appennini.

Infine, quando si parla di hardware in Astra si intende anche quello che sarà lo **sviluppo di strutture multifunzionali per applicazioni spaziali**. Due in particolare: le piattaforme satellitari Cubesat, ovvero piccoli satelliti, leggeri, di forma cubica e peso ridotto, disponibili in commercio, e le piattaforme per i piccoli carichi utili, al di sotto dei 20 chili (le cosiddette tecnologie di payload). Con un'attenzione non soltanto alla progettazione e alla produzione, ma anche alla struttura meccanica. Un esempio di struttura multifunzionale è il Penetrating Particle Analyser (Pan), uno strumento costituito da uno spettrometro magnetico e capace di intercettare le particelle nello spazio.

Insomma, **una serie di infrastrutture da sviluppare all'interno di un progetto ambizioso**, che vede la partecipazione di persone provenienti sia dall'industria che da istituti di ricerca, con background e competenze diverse. E inoltre in un contesto internazionale e interculturale, aperto alle contaminazioni reciproche, le quali costituiscono uno stimolo fondamentale per la ricerca e per l'innovazione tecnologica.

WP1

Advanced technologies for space industry

Nell'ambito di questo WP1, si svilupperanno tecnologie innovative di grande interesse per l'industria spaziale, coprendo sia innovazioni nelle tecnologie di payload sia nelle piattaforme satellitari, colmando il divario che separa la ricerca pura ("guidata dalla curiosità") dall'applicazione industriale e commerciale delle nuove tecnologie.

Saranno realizzati sensori innovativi per osservazioni spaziali in diverse bande di frequenza, che spaziano dai raggi X e gamma fino all'ultravioletto e al visibile, portando la loro qualificazione spaziale al massimo livello.

Saranno sviluppate soluzioni innovative per le piattaforme Cubesat con l'obiettivo di integrare le funzionalità di payload e piattaforma, considerando la struttura meccanica come parte integrante del payload/piattaforma che serve scopi aggiuntivi oltre all'integrità strutturale. Le attività del WP1 permetteranno di formare e attrarre risorse umane dall'industria e dagli istituti di ricerca, che acquisiranno competenze di progettazione, innovazione, gestione e leadership, in un contesto inter-

nazionale, flessibile e aperto alla contaminazione tra diversi background, culture, tecnologie e competenze.

La sostenibilità a lungo termine sarà garantita dal fatto che il settore spaziale sta ripensando la catena di approvvigionamento, soprattutto quando è coinvolto un basso TRL, il che richiede di aprire e rendere accessibile la catena di approvvigionamento a nuovi partner, in particolare nel settore della ricerca avanzata, dove vengono tipicamente sviluppate soluzioni tecnologiche innovative.

Per permettere l'accesso al settore spaziale ai centri di ricerca e alle industrie, TAS-I, un affiliato di questo polo, ha deciso che la loro nuova fabbrica AIT per satelliti in sviluppo includerà un'area aperta a quei soggetti (compresi le PMI) che non dispongono ancora di strutture come camere pulite, ambienti e macchine di test. Si dovrebbe sottolineare che queste strutture dispongono al loro interno di risorse umane competenti non solo per farle funzionare, ma anche per assistere e guidare eventuali ospiti.

| DURATA | AVVIO | TERMINE | PERSONALE STRUTTURATO | RICERCATORI RECLUTATI | STATO |
|---------|--------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35 mesi | Gennaio 2023 | Dicembre 2025 | 60 | 5 | IN CORSO |

PROSSIMA SCADENZA PREVISTA

New IR telescope facility commissioning (Dicembre 2024)

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

5,3 mln di euro

| | |
|--|----------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 1.821.690,66 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 500.000,00 € |
| Attrezzature | 2.723.978,49 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 273.253,59 € |

Task 4

Il work package si compone dei task in elenco.

| Task | Scadenza prevista |
|--|-------------------|
| WP1.A Crystal Eye: novel technologies for X and gamma ray observation IN CORSO | 12/2025 |
| WP1.B Cryogenic systems for the LGWA pathfinder IN CORSO | 12/2025 |
| WP1.C Infrared Adaptive-Optics facility at the AZT-24 telescope of Campo Imperatore IN CORSO | 12/2024 |
| WP1.D Multifunctional structures for space applications IN CORSO | 12/2025 |

Impatti previsti

- Sviluppo di nuove tecnologie e prototipi
- Risorse umane provenienti da industrie e istituti di ricerca formate sul campo attraverso progetti congiunti
- Attrazione di risorse umane altamente qualificate e studenti di dottorato, specialmente da altri paesi dell'UE e non UE
- Coinvolgimento di industrie delle catene di approvvigionamento e PMI nelle attività del WP

Crystal Eye: novel technologies for X and gamma ray observation

Crystal Eye (CE) è un innovativo rilevatore spaziale emisferico per raggi X e gamma basato sull'uso di cristalli LYSO letti da Moltiplicatori di Fotoni al Silicio (SiPM). Il progetto CE avrà un forte impatto sulla progettazione delle future missioni spaziali.

Il design pionieristico del CE è infatti possibile grazie all'uso di nuovi materiali (LYSO, windform), sensori (Moltiplicatore di Foto Silicio, SiPM) e tecnologie di piattaforma (manifattura additiva, moderni SoC).

Sono attesi importanti risultati tecnologici da entrambi i lati dello sviluppo di nuovi sensori, in termini di maggiore resistenza alle radiazioni e innovazioni della piattaforma. Nel contesto di questo compito, verranno realizzati nuovi laboratori per lo sviluppo e l'assemblaggio di payload scientifici nei complessi GSSI e GSSI-LNGS.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2025

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

4,1 mln di euro

| | |
|--|----------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 1.056.853,70 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 500.000,00 € |
| Attrezzature | 2.355.340,50 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 158.528,05 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--|--|------------------|------------------------------------|-------------------|
| Electronics and mechanical optimization | Definizione dei requisiti, progettazione e ottimizzazione degli allestimenti meccanici ed elettronici dello strumento Crystal Eye. Preparazione del progetto esecutivo del payload Crystal Eye. | GSSI, FBK, TAS-I | Agosto 2023 | IN CORSO |
| Testing and assembly laboratory completion | La prima fase delle attività è iniziata con la definizione e la progettazione dei laboratori per lo sviluppo e l'assemblaggio del payload scientifico. La localizzazione prevista è nel complesso dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN (Assergi, L'Aquila). | GSSI | Dicembre 2023 | IN CORSO |
| CE payload qualification model realization and test | Attraverso diversi bandi e attività interne, verranno realizzati tre modelli del payload Crystal Eye (modello strutturale, modello di qualificazione e modello di volo). Test ingegneristici dei modelli e qualificazione spaziale del payload. | GSSI, FBK, TAS-I | Giugno 2025 | DA AVVIARE |
| In-lab payload delivery | Test finali sul modello di volo del payload Crystal Eye, consegna in laboratorio dell'assemblaggio completo. | GSSI, FBK, TAS-I | Dicembre 2025 | DA AVVIARE |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|-------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|-------|
| Satellite Payload | | GSSI, FBK, TAS-I | | |
| Task final report | | GSSI | | |

WP1.B Cryogenic systems for the LGWA pathfinder

L'Antenna Gravitazionale Lunare (LGWA) è stata recentemente proposta per misurare le vibrazioni superficiali indotte dal passaggio di onde gravitazionali provenienti da fonti astrofisiche e cosmologiche

Sono in sviluppo sensori inerziali con precisione da sub-picometro a femtometro nella banda dei decihertz. È necessario un emulatore dell'ambiente sismico e termico per testare e operare questi sensori sulla Terra come parte di un requisito TRL6.

Basandoci su un impianto di ricerca presso l'INFN-LNGS per lo sviluppo di un sistema di isolamento sismico, proponiamo di potenziare l'impianto con un sistema criogenico per emulare la temperatura ambiente <40K di una regione lunare permanentemente in ombra. Inoltre, proponiamo di realizzare uno studio ingegneristico preliminare della LGWA e della sua missione precursor "LGWA Soundcheck".

| TERMINE PREVISTO | STATO |
|------------------|-------------------------|
| Dicembre 2025 | ● IN CORSO |

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

4,1 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 234.000,00 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 148.637,99 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 35.100,00 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|-----------------------------|---|----------|------------------------------------|--|
| Cryogenic system production | La prima fase delle attività è iniziata con la definizione dei requisiti, la progettazione e l'ottimizzazione del sistema criogenico. La fase successiva sarà dedicata al progetto esecutivo del criostato. Nella fase finale, il criostato sarà prodotto attraverso gare esterne e attività interne. | GSSI | Dicembre 2023 | ● IN STATO DI COMPLETAMENTO |

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|---|---|----------|------------------------------------|----------------------------------|
| Cryogenic facility commissioning | Messa in servizio dell'infrastruttura completa del sistema criogenico. | GSSI | Dicembre 2024 | IN STATO DI COMPLETAMENTO |
| Preliminary engineering study of LGWA Soundcheck | Test ingegneristici dell'impianto criogenico e studio delle capacità del sistema. | GSSI | Dicembre 2025 | DA AVVIARE |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|-------|
| Engineering study | | GSSI | | |
| Task final report | | GSSI | | |

WP1.C Infrared Adaptive-Optics facility at the AZT-24 telescope of Campo Imperatore

Il work package mira a sfruttare le straordinarie capacità osservative dell'Osservatorio di Campo Imperatore (AQ) acquisendo un nuovo impianto di ottica adattiva infrarossa da montare sul telescopio AZT-24 e capace di affrontare le sfide astrofisiche

previste nei prossimi decenni nei campi dell'Astronomia Multi-messaggero, Supernove e Cosmologia, Evoluzione Stellare e Sistemi Planetari Abitabili.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2024

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,6 mln di euro

| | |
|---|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 287.250,00 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 220.000,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 43.087,50 € |
| Costi indiretti | 43.087,50 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--|--|----------|------------------------------------|----------------------------------|
| Realization of the executive project for the IR optics system | Definizione dei requisiti, progettazione e progetto esecutivo del sistema di ottica IR. | INAF | Agosto 2023 | IN STATO DI COMPLETAMENTO |
| Adaptive optics acquisition | Attraverso diversi bandi e attività interne verrà acquisito il sistema di ottica adattiva. | INAF | Giugno 2024 | IN STATO DI COMPLETAMENTO |
| New IR telescope facility commissioning | Messa in servizio e test ingegneristici del nuovo impianto del telescopio IR. | INAF | Dicembre 2024 | IN CORSO |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------------------------------|-------|
| IR telescope facility | | INAF | | |
| Task final report | | GSSI, INAF | | |

WP1.D Multifunctional structures for space applications

Il task sarà dedicato allo studio di soluzioni innovative per strutture multifunzionali per piattaforme cubesat e piccoli payload (< 20 Kg), come l'analizzatore di particelle penetranti (PAN), attualmente sviluppato con soluzioni standard.

Il design meccanico per applicazioni spaziali fornisce tradizionalmente supporto strutturale al payload/piattaforma con

particolare attenzione alla scelta dei materiali e della geometria per soddisfare i rigorosi requisiti su masse/volumi.

L'obiettivo di questa attività è andare oltre nella progettazione e produzione di strutture di supporto, considerando la struttura meccanica come parte integrante del payload/piattaforma che serve scopi aggiuntivi oltre all'integrità strutturale.

| TERMINE PREVISTO | STATO |
|------------------|-----------------|
| Dicembre 2025 | IN CORSO |

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,3 mln di euro

| | |
|---|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 243.586,96 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |

| | |
|------------------------|-------------|
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 36.538,04 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|------------------|---|----------|------------------------------------|-----------------|
| Design | Definizione dei requisiti di progettazione e traduzione dei modelli matematici in simulazioni numeriche. Analisi e ottimizzazione dei parametri di progettazione, scelta e caratterizzazione di materiali e processi, selezione dei componenti. | UNIPG | Dicembre 2024 | IN CORSO |
| Prototype | Test a livello di componente, ottimizzazione del design attraverso un'analisi funzionale del breadboard in un ambiente di laboratorio. Produzione di un prototipo completo, caratterizzazione e test del prototipo in un ambiente rilevante sotto possibili condizioni operative (carichi meccanici e termici associati al lancio e in orbita). | UNIPG | Dicembre 2025 | IN CORSO |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--------------------------|-----------------------|-------------|------------------------------------|-------|
| Prototype | | UNIPG | | |
| Task final report | | GSSI, UNIPG | | |



Software per la digitalizzazione dello spazio

Parallelamente al lavoro sull'hardware, che abbiamo approfondito nelle pagine precedenti, Astra si occupa anche della realizzazione di **software** particolarmente innovativi e rilevanti per il settore spaziale. A questo è dedicato il secondo work package.

Anche in questo caso un punto di forza del progetto è il coinvolgimento di un personale dalle caratteristiche trasversali, proveniente sia dal mondo della ricerca che dall'industria, internazionale e dalle competenze diversificate. L'idea che informa tutta questa parte dello spoke è che **il settore dello spazio, come altri ambiti, deve essere digitalizzato in modo capillare**. Il work package è strutturato in tre attività, focalizzate su altrettanti aspetti chiave dell'innovazione digitale del software.

La prima si occupa di realizzare una infrastruttura che renda digitale e virtuale l'intero ciclo di vita di alcuni dispositivi utilizzati nell'industria spaziale. Si focalizza in particolare sulla tecnologia dei cosiddetti **gemelli digitali** ("digital twins"), di cui saranno realizzate due versioni nel corso di questo progetto. I gemelli digitali sono delle repliche virtuali di risorse fisiche (che possono essere sistemi, dispositivi, processi come anche persone, a seconda del caso specifico) e grazie alla loro presenza si possono effettuare una serie di interventi utili. Per esempio il gemello digitale è in grado di fare previsioni sui possibili futuri guasti della componente fisica e quindi fare della **manutenzione predittiva**, ovvero basata su questa anticipazione.

Altre funzioni che possono svolgere i gemelli digitali sono le valutazioni virtuali del rischio o anche i processi di formazione

del team. In questo modo si potranno sostituire alcune strutture attualmente molto costose ma necessarie per approvvigionamento, manutenzione e acquisizione delle competenze. Altro potenziale interessante di questa tecnologia è quello di **poter "disaccoppiare" gli elementi software da quelli hardware**. Questa operazione distintiva comporta dei vantaggi perché, potendo trattare i due elementi separatamente, è possibile anticipare già in una fase precoce eventuali problemi di integrazione.

La seconda attività si articola intorno a un problema assolutamente cruciale per quanto riguarda i sistemi intelligenti e autonomi. Si tratta dell'**affidabilità**, che comprende anche la resilienza e la sicurezza del software. Questi elementi, trasversalmente importanti, sono fondamentali nei veicoli spaziali, per via dei loro requisiti di certificazione particolarmente stringenti. In particolare, l'azione prevede l'introduzione di sistemi di machine learning e di intelligenza artificiale, oltre che di vari servizi aggiuntivi a bordo, resi possibili anche dalla potenza computazionale dei processori spaziali del Gran Sasso Science Institute. Allo scopo di incrementare l'affidabilità dei software, saranno testati vari metodi e approcci possibili. Lo scopo ultimo è **integrare l'aspetto, di per sé imprescindibile, dell'autonomia e dell'intelligenza delle macchine: è necessario, infatti, che al contempo sia garantito il controllo di terra**. La macchina, in altre parole, non può essere intelligente e autonoma e allo stesso tempo non essere affidabile, sicura e controllabile dal punto di vista umano. La convalida sarà effettuata con il Crystal Eye, il sensore spaziale di cui abbiamo già parlato raccontando le attività previste nel primo work package.

L'ultima delle tre attività, infine, è improntata all'**innovazione dei rapporti tra piattaforma e carico utile, in termini di software**. Con carico utile si intende la capacità di carico del veicolo spaziale, ovvero la massa che esso può trasportare, in merci, passeggeri o attrezzature. L'obiettivo centrale è quindi quello di unire questi due aspetti e lavorare a un'unica piattaforma software che li comprenda entrambi simultaneamente.

La piattaforma risultante avrà carattere ibrido e sarà capace di funzionare anche in orbita. Per effettuare queste operazioni saranno impiegate numerose metodologie e tecnologie differenti, in particolare quelle relative alla già citata intelligenza artificiale.



WP2

Digital platforms for space industry

WP2 mira alla realizzazione di piattaforme digitali condivise per supportare l'innovazione negli istituti di ricerca e nelle catene di approvvigionamento industriali operanti nel settore spaziale.

Come già anticipato nel settore automobilistico, la fabbrica del futuro sarà abilitata digitalmente, dalle prime fasi dell'ingegneria alla produzione, e beneficerà di una continuità digitale tra i vari elementi della catena di approvvigionamento. Tutte le attrezzature di produzione saranno connesse a un sistema centralizzato per l'archiviazione e la gestione dei dati. L'elaborazione in tempo reale di questi dati permetterà il monitoraggio del processo produttivo secondo la logica del Digital Twin.

La virtualizzazione e la modellizzazione dei processi produttivi consentiranno un'ottimizzazione della pianificazione, riducendo i tempi di attesa e le scorte necessarie nelle varie fasi. WP2 implementerà questo nuovo paradigma e includerà uno studio di caso collegato allo sviluppo del satellite Crystal Eye trattato in WP1, consentendo allo sviluppo scientifico del satellite di essere pienamente compatibile con i nuovi approcci dell'industria dei satelliti definiti dal software. Nel satellite Crystal Eye, puntiamo all'utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale nel software di bordo.

Pertanto, WP2 indagherà anche nuove tecniche per garantire l'affidabilità di sistemi intelligenti e autonomi per assicurare che il comportamento di questi sistemi non violi i requisiti di sicurezza e raggiunga la qualità prevista. Il problema dell'affidabilità è aggravato dall'adozione di tecniche di intelligenza artificiale.

L'uso di tecniche di intelligenza artificiale nel software di bordo richiede anche di indagare un'architettura software innovativa e una piattaforma software che abiliti l'uso dell'IA a bordo e, in generale, risponda alle esigenze delle nuove applicazioni spaziali. WP2 è strutturato in tre compiti che coprono la digitalizzazione del processo produttivo, la piattaforma SW di bordo, e l'affidabilità e l'esplicabilità delle applicazioni di IA, e la piattaforma SW di bordo.

Per garantire una sostenibilità a lungo termine, TAS-Italia collegherà i propri laboratori R&D con quelli utilizzati dalle attività del polo, integrando strumenti e processi, e potenzialmente portando alla creazione effettiva di un Open Concurrent Engineering Facility disponibile anche per le PMI.

| DURATA | AVVIO | TERMINE | PERSONALE STRUTTURATO | RICERCATORI RECLUTATI | STATO |
|---------|--------------|---------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 35 mesi | Gennaio 2023 | Dicembre 2025 | 74 | 3 | IN CORSO |

PROSSIMA SCADENZA PREVISTA

Initial validation of the V&V techniques on the Crystal Eye satellite (Dicembre 2024)

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

3,1 mln di euro

| | |
|--|----------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 1.679.826,52 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 500.000,00 € |
| Attrezzature | 686.021,51 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 251.973,98 € |

Task 3

Il work package si compone dei task in elenco.

| Task | Scadenza prevista |
|---|-------------------|
| WP2.A Automatic tuning, analysis, and optimization of systems using digital twins IN CORSO | 12/2025 |
| WP2.B Trustworthiness of smart and autonomous system IN CORSO | 12/2025 |
| WP2.C Onboard SW platform for New Space Applications IN CORSO | 12/2025 |

Impatti previsti

- Sviluppo di nuovi strumenti, tecniche, software e piattaforme
- Risorse umane provenienti da industrie e istituti di ricerca formate sul lavoro attraverso progetti congiunti
- Attrazione di risorse umane altamente qualificate e studenti di dottorato, specialmente da altri paesi dell'UE e non UE

WP2.A Automatic tuning, analysis, and optimization of systems using digital twins

Il task mira a realizzare un'infrastruttura integrata, end-to-end, per la digitalizzazione e virtualizzazione del ciclo di vita operativo di uno o più dispositivi utilizzati nell'industria spaziale, inclusi metodologie e strumenti allocati al processo di produzione della piattaforma software di bordo.

Attraverso la realizzazione di gemelli digitali, si possono raggiungere diversi obiettivi come la manutenzione predittiva, la valutazione del rischio virtuale e i processi di formazione sia per i team di produzione che operativi. Inoltre, questa infrastruttura digitale può semplificare l'accesso alla produzione spaziale per nuovi attori rimuovendo le barriere attuali legate

a strutture costose (acquisizione, manutenzione e know-how) e alla complessità del processo di assicurazione della qualità.

Il gemello digitale potrebbe essere condiviso o concesso in licenza per l'uso a nuovi partner che in questo modo sono facilmente introdotti ai processi dell'industria del software spaziale. Inoltre, un'infrastruttura di virtualizzazione digitale che comprende un simulatore di piattaforma, permette di separare il processo di produzione del software dalla produzione hardware, anticipando, all'interno della pianificazione complessiva della piattaforma, possibili problemi di integrazione hardware-software.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2025

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

1,9 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 580.239,78 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 500.000,00 € |
| Attrezzature | 686.021,51 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 87.035,97 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--|---|-------------|------------------------------------|-------------------|
| Digital process Preliminary design review | Identificazione dello sviluppo, hardware e software necessari per realizzare il gemello digitale per l'architettura/componente specifico della navicella spaziale. | GSSI, TAS-I | Marzo 2023 | COMPLETATO |
| Digital Twins first prototype | Prototipo della catena di processi e strumenti per il Digital Twin con impianto preliminare di Validazione e Test. | GSSI, TAS-I | Settembre 2023 | COMPLETATO |
| Digital Twin V1 | Processo Digital Twin e catena di strumenti versione 1, inclusa l'applicazione di tecniche di intelligenza artificiale e machine learning per la regolazione automatica dei sistemi. | GSSI, TAS-I | Giugno 2024 | IN CORSO |
| Digital Twin V2 | Processo Digital Twin e catena di strumenti versione 2, inclusa l'applicazione di tecniche di intelligenza artificiale e machine learning per la regolazione automatica e l'ottimizzazione di sistemi personalizzabili. | GSSI, TAS-I | Giugno 2025 | IN CORSO |
| Digital Twin end of Validation | Il digital twin è validato con il caso reale di studio. | GSSI, TAS-I | Dicembre 2025 | DA AVVIARE |

Trustworthiness of smart and autonomous systems

Per essere utilizzati nella vita quotidiana, i sistemi intelligenti e autonomi devono essere affidabili. Oltre a garantire la qualità, in molti ambiti applicativi i sistemi intelligenti e autonomi devono aderire alla certificazione delle proprietà del software. I sistemi spaziali hanno requisiti di affidabilità e resilienza estremamente esigenti.

L'introduzione delle tecnologie di Machine Learning e Intelligenza Artificiale tra le applicazioni software di bordo conferirà ancora maggiore importanza ai requisiti di affidabilità e resilienza. La potenza computazionale aggiuntiva fornita dai nuovi processori spaziali, eventualmente combinata con coprocessori dedicati, permetterà di offrire servizi aggiuntivi

a bordo per migliorare l'autonomia della navicella spaziale e l'affidabilità e la resilienza del sistema seguendo un approccio di manutenzione predittiva e sfruttando le tecniche di V&V (Verifica e Validazione).

Un obiettivo specifico di questo compito è l'integrazione senza soluzione di continuità delle pratiche correnti di sviluppo del software dei sistemi autonomi con flussi di verifica precisi per raggiungere l'affidabilità. Esempi di tecniche che prevediamo di investigare includono tecniche di analisi statica, approcci basati su modelli e (semi)automatici alla verifica del software, test del software sia in produzione che sul campo.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2025

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,7 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 579.418,04 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 86.912,71 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|---|---|------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Requirements of V&V techniques and of AI techniques for space | Identificazione dei requisiti sia delle tecniche di V&V (Verifica e Validazione) per sistemi intelligenti e autonomi, sia delle tecniche di intelligenza artificiale per lo spazio (considerando anche l'architettura hardware specifica del caso d'uso). | GSSI, FBK, TAS-I | Giugno 2023 | COMPLETATO |
| AI for space design review | Principali decisioni di progettazione per il software AI per lo spazio. Faremo riferimento specificamente al satellite Crystal Eye. | GSSI, FBK, TAS-I | Dicembre 2023 | COMPLETATO |
| First version of V&V techniques for smart systems and prototype of AI software for space | Prima versione delle tecniche di V&V per sistemi intelligenti e autonomi e loro specializzazione per le tecniche di intelligenza artificiale per lo spazio. Consegna del primo prototipo funzionante di software AI per lo spazio. | GSSI, FBK, TAS-I | Giugno 2024 | IN STATO DI COMPLETAMENTO |

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|---|--|------------------|------------------------------------|-----------------|
| Initial validation of the V&V techniques on the Crystal Eye satellite | Validazione iniziale delle tecniche di V&V per sistemi intelligenti e autonomi con l'esempio rappresentativo del satellite Crystal Eye. | GSSI, FBK, TAS-I | Dicembre 2024 | IN CORSO |
| Final version of V&V techniques for smart systems, final version of AI software for space, and final validation with the Crystal Eye satellite | Versione finale delle tecniche di V&V per sistemi intelligenti e autonomi e la loro validazione iniziale con esempi industriali. Versione finale del software AI per lo spazio. Validazione finale con il caso d'uso del satellite Crystal Eye. | GSSI, FBK, TAS-I | Dicembre 2025 | IN CORSO |

WP2.C Onboard SW platform for new space applications

Questa attività mira a sviluppare innovative architetture software, con tecnologie software rilevanti, che vanno oltre il concetto attuale di elaborazione disgiunta piattaforma e payload, convergendo in una singola piattaforma software per le Applicazioni Spaziali Nuove.

La piattaforma software ricercata si basa su un concetto di calcolo ibrido e parallelo, incorporando paradigmi di concentratori di file system software e memorie come quelli utilizzati nei centri dati terrestri. Per l'elaborazione ci saranno IP scalari, vettoriali e acceleratori derivati da logiche programmabili.

Questa griglia di calcolo basata su HW COTS sarà orchestrata con sistemi basati su standard open source (come Open MP - Open CL) per massimizzare l'efficienza nell'allocazione di calcolo per risorse IP e memorie. L'idea è quella di sviluppare un

framework in orbita con tecnologie DevSecOps che consenta lo sviluppo, il test e il rilascio di SOFTWARE DI VOLO anche quando la piattaforma software è in orbita.

I motori del framework saranno progettati per ospitare acceleratori per l'intelligenza artificiale, in grado di raggiungere un livello molto elevato di autonomia a bordo, integrando le più moderne librerie di intelligenza artificiale sviluppate sul mercato dello spazio (come TensorFlow, Klepsydra, ecc.).

Questa tecnologia consentirà manovre di intelligenza artificiale, riconfigurazioni di intelligenza artificiale e diagnostica basata su intelligenza artificiale a bordo, con un operatore virtuale di intelligenza artificiale che limiterà i costi di gestione del software complesso dalle stazioni terrestri.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2025

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



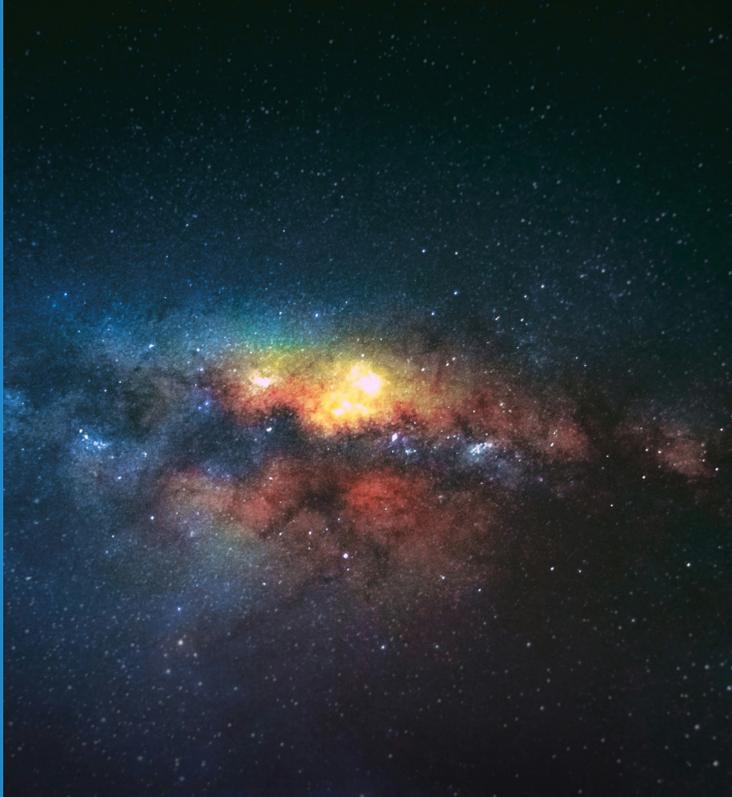
Risorse finanziarie

0,6 mln di euro

| | |
|---|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 520.168,70 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 78.025,30 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--|--|-------------|------------------------------------|---------------------------|
| Critical design review | Revisione critica del design del nuovo approccio software OnBoard. | GSSI, TAS-I | Giugno 2023 | ● COMPLETATO |
| Procurement of commercial HW and SW | Tutto l'equipaggiamento commerciale richiesto sarà disponibile entro questa milestone. | GSSI, TAS-I | Ottobre 2023 | ● IN CORSO |
| Integration and Test Readiness review | Il focus di questa revisione è validare l'approccio di integrazione e test. | GSSI, TAS-I | Giugno 2025 | ● DA AVVIARE |
| Final testing and qualification | Revisione finale di validazione. | GSSI, TAS-I | Dicembre 2025 | ● DA AVVIARE |



I risultati di Astra e l'impatto per il tessuto economico

Negli approfondimenti precedenti abbiamo iniziato a sviscerare due assi fondamentali di cui si compone Astra: gli sviluppi da un lato in termini di infrastrutture e hardware, e dall'altro in tema di digitalizzazione e software per lo spazio. **Il terzo work package non è meno importante, perché è dedicato a un tema cruciale: l'impatto del progetto sulla ricerca, sugli attori economici e in generale sulle comunità.**

In questo senso, c'è un duplice obiettivo dichiarato: **da una parte proteggere e valorizzare i risultati delle ricerche svolte nel corso del progetto e dall'altra valutarne la sostenibilità economica, sociale e ambientale.** Passaggio chiave di questa fase di lavoro infatti è la creazione di un Centro per il Trasferimento Etico di Tecnologia e la Gestione dell'Impatto (**Center for Ethical Technology Transfer and Impact Management**).

La **prima azione** di questo progetto si articola intorno a due concetti fondamentali: quello di **proprietà intellettuale** e quello di **valorizzazione**. Sono due facce della stessa medaglia. Riconoscere l'importanza del lavoro svolto vuol dire infatti, da una parte, tutelare il patrimonio di idee e il frutto delle ricerche, originali e innovative, e dall'altra significa anche estrapolare gli elementi di interesse che ne derivano, per mettere poi questo lavoro al servizio della comunità.

A livello di output, queste due direttrici si tradurranno in **brevetti, registrazioni, licenze, accordi di sfruttamento e collaborazione** con diverse organizzazioni, entità e istituti.

La naturale conseguenza della valorizzazione è il trasferimento delle conoscenze: a questo aspetto è dedicata la

seconda azione di questo terzo work package di Astra. Tale trasferimento avverrà grazie alla collaborazione con diversi istituti di ricerca ma anche con le industrie (con una particolare attenzione alle imprese di piccole e medie dimensioni) che potranno sfruttare al massimo le conoscenze acquisite dai ricercatori di Astra. Saranno formalizzati in questo contesto numerosi rapporti, **collaborazioni su progetti di ricerca e percorsi di formazione.**

Inoltre saranno istituiti degli **spin-off** da parte degli affiliati di Astra, ovvero l'università di Perugia, l'Istituto nazionale di astrofisica (Inaf), la Fondazione Bruno Kessler e Thales Alenia Space SpA, per accelerare e rendere più diretto il trasferimento delle conoscenze. Non è un caso che a questo specifico scopo sarà assunto personale qualificato.

Infine, **un'azione di questo spoke è dedicata alla valutazione e al monitoraggio dell'impatto sociale, economico e ambientale** delle tecnologie sviluppate nel corso del progetto. Questo sarà fatto attraverso pubblicazioni, seminari e report di valutazione sul tema, nonché tramite la generazione di apposite licenze di utilizzo etico. La valutazione si svolge sia ricostruendo ex ante l'impatto dei singoli progetti che con reportistica ex post.

Quest'ultimo filone di Astra rappresenta quindi anche una **restituzione pubblica da parte degli attori protagonisti dello spoke** - in primis del Gssi che ne è responsabile - e, in generale, della restituzione alla collettività dei risultati raggiunti attraverso i finanziamenti del Pnrr all'ecosistema Vitality.

WP3

Technology transfer and impact management

Questo work package implementerà un approccio innovativo al trasferimento tecnologico per le attività del polo. Grazie alla creazione di un Centro per il Trasferimento Tecnologico Etico e la Gestione dell'Impatto, che sfrutterà l'esperienza degli affiliati del polo, la protezione e la valorizzazione dei risultati saranno gestite fin dalle prime fasi della R&D insieme a una valutazione della sostenibilità economica, sociale e ambientale a valle.

La collaborazione tra istituti di ricerca e industrie sarà rafforzata attraverso una rete di innovazione che collega i portatori di interesse dell'ecosistema innovativo. Al fine di massimizzare l'impatto, verranno allocate risorse specifiche per rafforzare la capacità delle catene di approvvigionamento (specialmente le PMI) di incorporare e commercializzare innovazioni, grazie a compiti di accelerazione e creazione di spin-off.

| DURATA | AVVIO | TERMINE | PERSONALE STRUTTURATO | RICERCATORI RECLUTATI | STATO |
|---------|--------------|---------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 35 mesi | Gennaio 2023 | Dicembre 2025 | 31 | 3 | IN CORSO |

PROSSIMA SCADENZA PREVISTA

IP protection (Dicembre 2024)

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,9 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 317.250,00 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 500.000,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 47.587,50 € |

Task 3

Il work package si compone dei task in elenco.

| Task | Scadenza prevista |
|---|-------------------|
| WP3.A Protection and Valorization of Intellectual Property IN CORSO | 12/2024 |
| WP3.B Supply chain development and spin-off creation IN CORSO | 12/2025 |
| WP3.C Ensuring the ethical use of new technologies IN CORSO | 12/2025 |

Impatti previsti

- Rafforzamento della collaborazione tra istituti di ricerca e industrie
- Sfruttamento dei risultati della R&D
- Rafforzamento della catena di approvvigionamento
- Garantire la sostenibilità economica, sociale e ambientale delle nuove tecnologie, anche grazie all'inclusione di clausole specifiche negli accordi di sfruttamento

WP3.A Protection and valorization of intellectual property

This task will provide scouting, evaluation and protection of all the intellectual property developed as part of R&D projects of the Spoke. Additionally, it will provide consulting and legal services aimed at the valorization of IP through licensing and collaborative agreements. To this end, the spoke will hire highly qualified staff, which will be supported by academic and professional resources of Spoke affiliates (GSSI, FBK, TASI) and the know-how from their respective networks. The GSSI,

for instance, is part of JoTTo (the Joint Technology Transfer Office of Scuola Normale of Pisa, Scuola Sant'Anna of Pisa, IMT of Lucca, IUSS of Pavia, SISSA of Trieste, GSSI) whose skills in the transfer and exploitation of research results could be leveraged. In order to ensure long term sustainability of these activities, the above services can potentially be extended to companies and SMEs within the extended industrial supply chains.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2024

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,5 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 36.000,00 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 500.000,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 5.400,00 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|---------------------------|---|------------------|------------------------------------|--------------|
| Initial Agreements | Predisposizione di accordi di non divulgazione e accordi collaborativi all'interno dello Spoke. | GSSI | Marzo 2023 | ● COMPLETATO |
| Preliminary survey | Indagine preliminare sulla potenziale proprietà intellettuale. | GSSI, FBK, TAS-I | Dicembre 2023 | ● COMPLETATO |
| IP protection | Completamento della presentazione di tutti i brevetti e delle registrazioni per i risultati delle attività dello Spoke. | GSSI | Dicembre 2024 | ● IN CORSO |
| Exploitation | Firma di accordi di sfruttamento e licenza. | GSSI, FBK | | ● IN CORSO |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--|---|----------|------------------------------------|-------|
| Patents and registrations | Patents and registrations filed. | | | |
| Exploitation agreements and licensing | Exploitation agreements and licensing signed. | | | |

WP3.B Supply chain development and spin-off creation

Questa attività supporterà e completerà le collaborazioni tra istituti di ricerca e industrie che avranno luogo all'interno dei WP di R&D al fine di massimizzare lo sfruttamento del trasferimento tecnologico e lo sviluppo delle catene di approvvigionamento industriali.

L'attività inizia con la definizione del panorama delle catene di approvvigionamento legate alle attività dello Spoke al fine di organizzare collaborazioni nei progetti di R&S e formazione sul lavoro all'interno dell'ecosistema. Inoltre, le PMI interessate alle attività dello Spoke saranno selezionate apertamente per ricevere servizi di accelerazione su misura, inclusa la ricerca di finanziamenti e investitori.

Infine, lo Spoke faciliterà l'incorporazione e l'istituzione di spin-off dai membri dello Spoke, al fine di sfruttare direttamente la proprietà intellettuale e know-how. Lo Spoke fornirà questi servizi attraverso personale altamente qualificato assunto a questo scopo, supportato dalle risorse accademiche e professionali dei membri dello Spoke (GSSI, FBK, TASI) e dal know-how delle rispettive reti.

Parte dei servizi di accelerazione (ad esempio, internazionalizzazione, imprenditorialità, ecc.) sarà esternalizzata attraverso appalti esterni a acceleratori esterni altamente qualificati, selezionati sulla base dell'eccellenza internazionale e delle capacità locali.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2025

● IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,1 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 117.000,00 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 17.550,00 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|-------------------------------|---|------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Staffing | Completamento dell'assunzione di un esperto di finanziamenti e di un promotore dell'innovazione per supportare l'attività 4.b. | GSSI | Marzo 2025 | IN STATO DI COMPLETAMENTO |
| Landscape Analysis | Completamento dell'analisi del panorama delle catene di approvvigionamento e identificazione delle fonti di finanziamento. | GSSI, FBK, TAS-I | Dicembre 2025 | IN CORSO |
| Innovation Network | Formalizzazione della rete di innovazione (inclusi PMI, fornitori di servizi di accelerazione di terze parti, Fondi di Venture Capital, ecc.) e inizio delle attività di accelerazione. | GSSI | Dicembre 2025 | IN CORSO |
| Spin-off incorporation | Incorporazione dello spin-off. | GSSI, FBK | Dicembre 2025 | DA AVVIARE |
| SMEs graduation | Completamento dei programmi di accelerazione. | GSSI, FBK | Dicembre 2025 | DA AVVIARE |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|---------------------------|--------------------------------------|----------|------------------------------------|-------|
| Innovation network | Establishment of Innovation Network. | | | |
| Spin-off creation | Spin-off incorporation. | | | |

WP3.C Ensuring the ethical use of new technologies

Lo Spoke, anche grazie alle competenze specifiche dell'area di Studi Sociali del GSSI e alle sue collaborazioni esistenti, come quella con la Fondazione Openpolis, valuterà e monitorerà l'impatto sociale e ambientale delle nuove tecnologie sviluppate

I diritti di proprietà intellettuale derivanti dalle attività di sviluppo tecnologico dello Spoke verranno quindi sfruttati mentre si massimizza la sostenibilità sociale e ambientale,

attraverso licenze che richiedono applicazioni etiche.

Questa attività includerà la valutazione ex-ante dell'impatto dei singoli progetti di sviluppo tecnologico, la raccolta e l'analisi dei KPI, l'identificazione di azioni migliorative e strategie per le attività progettuali e la valorizzazione dei risultati, la diffusione delle migliori pratiche attraverso pubblicazioni e seminari.

TERMINE PREVISTO

STATO

Dicembre 2025

IN CORSO

Soggetti che partecipano alle attività



Risorse finanziarie

0,2 mln di euro

| | |
|--|--------------|
| Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | 164.250,00 € |
| Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | 0,00 € |
| Attrezzature | 0,00 € |
| Fabbricati terreni | 0,00 € |
| Bandi aziende | 0,00 € |
| Consulenze | 0,00 € |
| Costi indiretti | 24.637,50 € |

Milestones

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|--------------------------------|---|-----------|------------------------------------|-------------------------|
| Intended Impact | Definizione dell'Impatto economico, sociale e ambientale previsto e individuazione dei KPI per ciascun progetto di sviluppo tecnologico. | GSSI, FBK | Dicembre 2025 | IN CORSO |
| Dissemination Workshops | Organizzazione di workshop rivolti sia al settore pubblico che a quello privato per diffondere le migliori pratiche e le tecniche per la valutazione e gestione dell'impatto. | GSSI, FBK | Dicembre 2025 | IN CORSO |
| Interim report | Condivisione con ciascun responsabile del progetto di un rapporto provvisorio sulla traiettoria e la previsione dell'impatto, identificando possibili azioni migliorative da implementare nei successivi 12 mesi. | GSSI | Dicembre 2025 | IN CORSO |
| Final report | Pubblicazione di uno studio di caso sull'impatto economico, sociale e ambientale di ciascun progetto di sviluppo tecnologico. | GSSI | Dicembre 2025 | DA AVVIARE |

Outputs

| Titolo | Descrizione/obiettivi | Soggetti | Mese previsto per il completamento | Stato |
|----------------------------|---|----------|------------------------------------|-------|
| SMEs accelerated | Completion of acceleration program by SMEs. | | | |
| Impact case studies | Publication of a case studies. | | | |

Le risorse finanziarie

Qui puoi trovare tutte le informazioni sul finanziamento del progetto, seguendo il progressivo trasferimento dei fondi e l'allocazione delle risorse in base al loro utilizzo e ai soggetti partner di Astra.

10,4 mln di euro » **3,8 mln di euro**
Costo totale del progetto Finora trasferiti al progetto

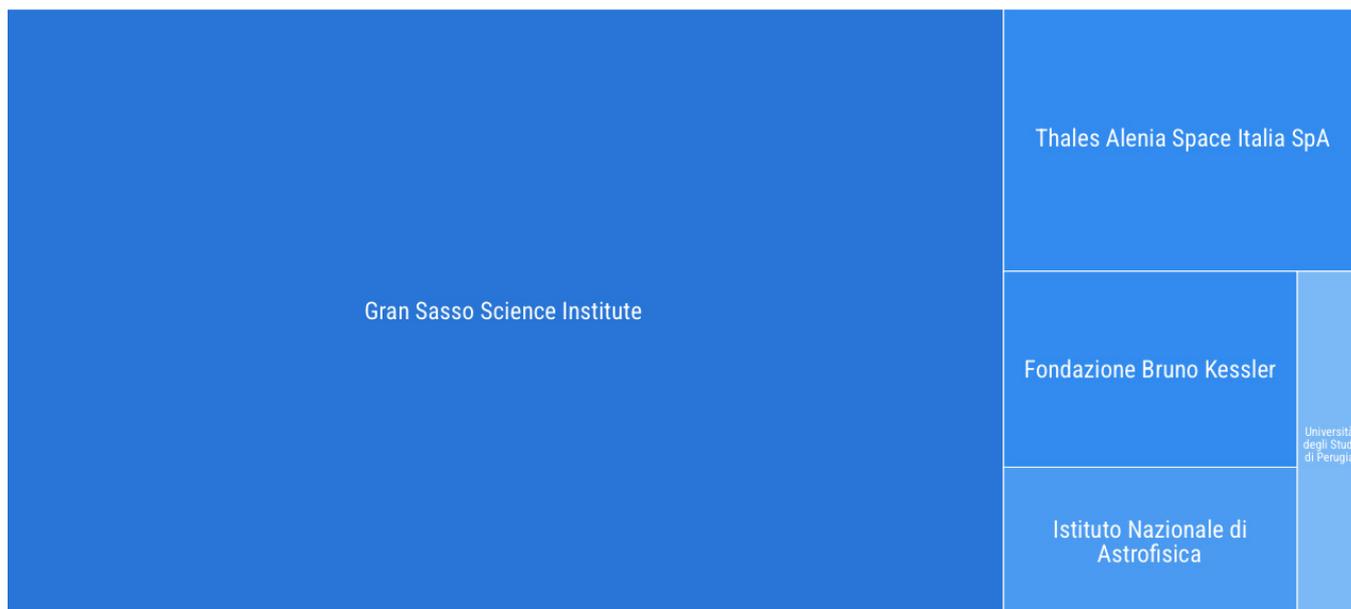
Risorse suddivise per voci di utilizzo

Qui puoi trovare tutte le informazioni sul finanziamento del progetto, seguendo il progressivo trasferimento dei fondi e l'allocazione delle risorse in base al loro utilizzo e ai soggetti partner di Astra.



Ripartizione per soggetti

Astra vede la partecipazione di cinque istituzioni di natura pubblica e privata, provenienti dal mondo della ricerca e dall'industria. Qui puoi vedere come le risorse finanziarie sono state suddivise tra i soggetti dell'alleanza.



La ripartizione delle risorse gestite da ogni partner

La tabella mostra come sono state distribuite nel dettaglio le risorse da ogni singolo soggetto dell'alleanza.

| | Docenti e ricercatori coinvolti nelle attività di progetto (massa critica) | Bandi per ricercatori, post doc e tecnologi | Attrezzature | Fabbricati terreni | Bandi aziende | Consulenze | Gestionali e amministrativi | Altri costi | Costi indiretti |
|--|--|---|-----------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| Gran Sasso Science Institute | 1.630.125,00 € | 1.500.000,00 € | 3.190.000,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 163.012,50 € | 903.248,55 € | 244.518,75 € |
| Università degli Studi di Perugia | 243.586,96 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0 € | 0 € | 36.538,04 € |
| Istituto Nazionale di Astrofisica | 287.250,00 € | 0,00 € | 220.000,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0 € | 0 € | 43.087,50 € |
| Fondazione Bruno Kessler | 623.728,70 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0 € | 0 € | 93.559,30 € |
| Thales Alenia Space Italia SpA | 1.034.076,52 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0 € | 0 € | 155.111,48 € |
| Totale | 3.818.767,18 € | 1.500.000,00 € | 3.410.000,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 163.012,50 € | 903.248,55 € | 572.815,07 € |



IL RACCONTO DELLE ATTIVITÀ

La centralità delle persone in un progetto altamente tecnologico

Oltre 70 persone di 5 organizzazioni che lavorano in tre territori diversi del Paese.

Si può definire così, in estrema sintesi, la **sinergia di risorse umane e competenze interdisciplinari che anima Astra**. Un gruppo nutrito di persone che fa la differenza, al di là delle peculiarità tecnologiche del progetto.

Se infatti lo sviluppo di tecnologie innovative per lo spazio necessita inevitabilmente di infrastrutture sofisticate che le implementino, è cruciale il ruolo delle persone e delle loro competenze. **Per questo alcune milestone di Astra riguardano proprio il reperimento di staff qualificato** che possa contribuire al raggiungimento degli obiettivi intermedi e finali.

Parliamo di 7 milestone nell'ambito di altrettanti task, che riguardano tutti e tre i work packages del progetto. Si tratta di obiettivi a oggi completati, con l'assunzione di personale di alto profilo **proveniente dall'Italia e dall'estero**, propedeutico all'avviamento e allo sviluppo del progetto.

Sono 15 le persone assunte e dedicate nello specifico ad Astra. Si tratta di 8 titolari di post-doc, 4 ricercatori e 3 tecnologi. Tutti professionisti e professioniste assunti dal Gssi, che si sommano alle unità di personale proprie dello stesso istituto aquilano, oltre che degli altri partner, che impiegano dalle 10 alle 15 professionalità in Astra. Circa 70 persone, complessivamente, che dedicano tutto o parte delle proprie competenze e responsabilità lavorative nel progetto.

“Anche se può apparire quasi banale dirlo, è fondamentale ribadire l'importanza del team - afferma **Roberto Aloisio**,

responsabile scientifico di Astra, oltre che professore e direttore dell'Astroparticle Physics Area del GSSI - l'apporto umano alle attività di ricerca, anche applicata, rappresenta il vero valore aggiunto”.

Per questo il personale dedicato ad Astra è cruciale: “Il plus che permette l'assunzione ad hoc di personale è rappresentato dalla creazione di team di ricerca che si focalizzano su temi specifici - aggiunge il professore del Gssi - si viene a creare una expertise molto peculiare, che poi diventa fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di progetto”.

Questo vale anche per i gruppi che lavorano a distanza, come in questo caso. All'Aquila, infatti, ha trovato sede chi è contrattualizzato nel Gssi, oltre che nel partner privato **Thales Alenia**. Sempre in Abruzzo, ma al di là del Gran Sasso d'Italia, a Teramo, c'è l'Osservatorio astronomico d'Abruzzo, parte dell'istituto nazionale di astrofisica (**Inaf**). E poi ci sono le risorse umane attivate per Astra sia in Umbria (**Università degli Studi di Perugia**) che in provincia di Trento, presso la **Fondazione Bruno Kessler**. Un sistema in rete, appunto, come nello spirito di tutti gli spoke dell'ecosistema Vitality.

Le 15 professionalità assunte con lo scopo di contribuire ad Astra sono state selezionate tutte tramite **concorsi pubblici per titoli e colloquio**: “Abbiamo ricevuto domande da diverse parti del mondo - afferma Roberto Aloisio - il professor Herman Lima Pessoa, per esempio, si è trasferito dal Brasile in Abruzzo con la sua famiglia. Le competenze che abbiamo sono molto rare, lui per esempio sta dando un eccellente contributo alla progettazione e all'ottimizzazione dei sottosistemi elettronici”. Percorsi professionali che implicano anche scelte di vita rilevanti, come quelle del professor Pessoa, di cui parleremo nei prossimi approfondimenti.

L'internazionalizzazione della ricerca rappresenta una potenziale ricchezza per tutti, perché avere la possibilità di attrarre risorse umane dall'estero aumenta la possibilità di incrementare la qualità delle persone che lavorano al progetto.

Ma non sempre si riescono a trovare le **figure giuste**: “Il Pnrr ha prodotto un'enorme disponibilità di posti altamente specializzati - evidenzia il responsabile scientifico di Astra - basti pensare solo a Vitality, che ha 10 spoke coordinati da 9 università diverse. Questo rappresenta ovviamente un'opportunità ma talvolta anche un problema, perché a volte si indicano bandi per cui si ricevono scarsi feedback di risposta. Fortunatamente il Gssi ha una proiezione internazionale anche a prescindere da Astra, per questo tali criticità le stiamo soffrendo meno di altri”.

In **progetti ad altissimo contenuto tecnologico** un altro rischio è rappresentato da una potenziale minor attenzione agli aspetti umani, ma Aloisio sembra scongiurarlo: “Ho trovato moltissime persone entusiaste, questa è una qualità che ritengo imprescindibile, perché per fare questo lavoro ci vuole innanzitutto entusiasmo e amore per la conoscenza”.

Astra insomma è tecnologia e progettazione per lo spazio, ma anche decine di donne e uomini che, con piedi ben ancorati a terra, lavorano a stretto contatto ogni giorno. In una rete che **genera risultati ed innovazione contribuendo allo sviluppo tecnologico e culturale del Paese**.



IL RACCONTO DELLE ATTIVITÀ

Herman Lima, dal Brasile all'Abruzzo per sviluppare la ricerca di Astra

“L’apporto umano alle attività di ricerca, anche applicata, rappresenta il vero valore aggiunto”. Ripartiamo da queste poche parole, pronunciate dal responsabile scientifico di Astra, Roberto Aloisio, per continuare il nostro viaggio all’interno delle risorse umane del progetto.

Sono parole semplici, dietro le quali tuttavia si celano molte dimensioni: **storie di persone e di organizzazioni, grandi collaborazioni internazionali e vita quotidiana nei territori, ma anche le competenze tecniche, le relazioni in un team multidisciplinare e la capacità di creare un equilibrio** tra il valore tecnologico e quello umano.

Tra le persone chiamate ad hoc a ricoprire i diversi ruoli in Astra c’è **Herman Lima**. Di origine brasiliana e formazione in elettronica, il professor Lima fino allo scorso anno lavorava nel suo Paese, con una posizione permanente nel Centro brasiliano di ricerca fisica (CBPF), coordinando un laboratorio dedicato alla **progettazione e costruzione di rivelatori di posizione e partecipando a esperimenti per il rilevamento dei neutrini**.

A dicembre 2023, Lima ha vinto una borsa di studio come *Visiting Scientist* nel gruppo della missione spaziale NUSES, presso il Gran Sasso Science Institute (GSSI). Successivamente, lo scorso aprile, **ha iniziato la sua collaborazione stabile in Astra**, attraverso un contratto Rtda, da ricercatore temporaneo: “Le mie attività si legano allo sviluppo di sistemi elettronici di lettura personalizzati e di acquisizione dati applicati alle missioni spaziali, in particolare alla missione NUSES, ma

ho anche compiti accademici, come la supervisione di studenti di dottorato e docenti nel programma di dottorato GSSI”, afferma il ricercatore, originario di Rio de Janeiro.

Lima, come molti altri ricercatori e ricercatrici stranieri che lavorano nel progetto, rappresenta un emblema di uno dei principali obiettivi di Astra: **l’interazione tra studiosi e scienziati di diverse parti del mondo, con istituti e partner industriali nell’Italia centrale**.

“Credo che Vitality e il suo spoke Astra rappresentino un’opportunità importante per supportare progetti di scienza spaziale basati in Italia - afferma lo scienziato brasiliano - la scienza spaziale è un campo di ricerca costoso e, in quanto tale, senza un solido e stabile supporto finanziario non è possibile progredire in modo efficiente”.

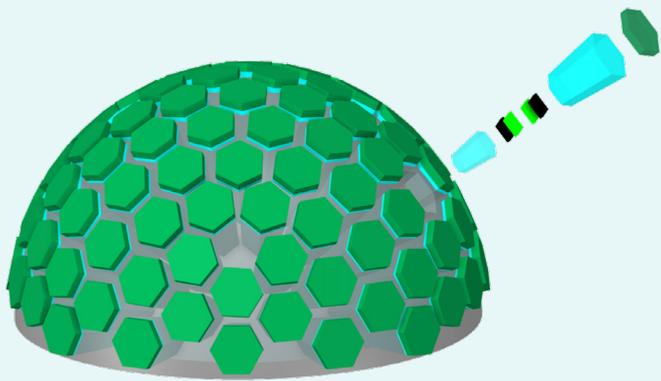
La forte internazionalizzazione permette di permeare vicendevolmente i sistemi e le metodologie locali, attraverso uno scambio continuo. Ma quali sono le principali differenze, in questo campo, tra la ricerca in Brasile e quella nei paesi europei? “Nonostante ci sia un corpo di ricercatori solido e altamente qualificato in Brasile come qui in Italia, penso che la differenza principale sia la quantità di supporto finanziario fornito dalle agenzie governative brasiliane. Non è sufficiente, perché anche a causa delle politiche scientifiche, che cambiano spesso insieme ai governi, si soffre una mancanza di continuità a lungo termine”, evidenzia Lima.

La sua situazione è emblematica per il racconto del team di Astra, anche per motivi extra-scientifici. **Si tratta di uno di quei casi, infatti, in cui un ricercatore si trasferisce in Italia, e in particolare all’Aquila** (quartier generale del GSSI) insieme alla famiglia, non senza difficoltà: “Trasferirsi in Italia con la famiglia, compresi due bambini, non è un compito facile - ammette - c’è un eccesso di burocrazia nella sfera pubblica. Basti pensare che ci sono voluti più di 6 mesi per stabilizzare la nostra situazione, e manca ancora qualche documento che però dovrebbe arrivare a breve”.

A parte la burocrazia farragginosa, **il ricercatore brasiliano sembra trovarsi bene tra le montagne dell’Appennino centrale**: “Ma gli italiani, principalmente all’Aquila dove viviamo, così come lo staff del GSSI sono stati molto gentili con noi. Questa è stata un’esperienza piacevole, di sicuro. Per non parlare dell’eccellente cibo e della ricca cultura che troviamo nel paese. Finora il bilancio è abbastanza positivo”.

Rendere migliore il sistema sia professionale che umano e personale intorno a un progetto di ricerca internazionale **è fondamentale per la riuscita dello stesso perché, come abbiamo avuto modo di evidenziare più volte, le risorse umane sono quelle più importanti anche per i progetti high-tech**.

Permettere a competenze così avanzate di lasciare, seppur temporaneamente, il proprio Paese e raggiungere l’Italia per arricchire il parterre della ricerca in ambito spaziale è, in qualche modo, un obiettivo già raggiunto per “l’ecosistema” di cui fa parte Astra.



IL RACCONTO DELLE ATTIVITÀ



Con il Crystal Eye nuove prospettive per l'osservazione dell'universo

Un innovativo rilevatore spaziale per raggi X e gamma, che potrebbe avere forte impatto sullo studio del cosmo e quindi sulla progettazione delle future missioni spaziali.

In altre parole - semplificate e certamente non esaustive - si può descrivere così il **Crystal Eye** ("occhio di cristallo"), strumento al centro di un'importante attività all'interno del work package 1 di Astra, quello dedicato allo sviluppo di nuove tecnologie hardware per lo spazio.

Il Crystal Eye è una **semisfera altamente tecnologica**, attraverso la quale ci si pone l'obiettivo di rilevare violenti lampi di raggi gamma, per comprendere a fondo cosa li genera. Dalle dimensioni simili a una palla da basket, è composta da cristalli, all'interno dei quali si creano piccoli flash luminosi nel momento in cui vengono intercettate radiazioni di raggi gamma. Il progetto ha avuto la sua genesi nel 2018 all'Università Federico II di Napoli, dove **Felicia Barbato**, oggi ricercatrice di tipo B al Gran Sasso Science Institute, ricevette un finanziamento pilota per l'idea.

Questo e altri progetti hanno proprio in quel periodo assunto una **valenza inedita**, a causa dell'emergere di quella che oggi è conosciuta come **astronomia multimessenger**, e che attraverso i noti esperimenti sulle **onde gravitazionali** hanno rappresentato una svolta nell'astrofisica: "Il Crystal Eye può essere rilevante proprio nell'ambito dell'approccio multimessenger. Infatti, si tenterà sempre più di osservare da punti di

vista diversi verso lo stesso punto nel cielo, raccogliendo informazioni attraverso più messaggeri possibile. In questo modo cercheremo di ricostruire un fenomeno come quello dell'origine dei raggi gamma come fosse un puzzle", afferma Barbato. Il problema si pone nel momento in cui devono essere rilevati alcuni range di energia dei raggi gamma, poiché **pochi satelliti oggi in attività sono in grado di rilevarli**. Da qui l'idea di un *occhio di cristallo*: "Da un lato ci sono telescopi terrestri e spaziali che, seppur osservino in alta risoluzione l'universo, lo fanno verso angoli molto limitati. Il Crystal Eye, invece, pur fornendo un'immagine a bassa risoluzione, essendo una semisfera osserva su un campo di raggio molto più ampio. In modo da poter segnalare sorgenti di raggi gamma a strumenti che hanno risoluzioni d'immagine maggiori ma campi di osservazione ristretti", afferma la ricercatrice italiana.

Oggi il team di Astra sta lavorando a un prototipo del Crystal Eye (composto da pochi pixel), che **si punta a lanciare nello spazio nel 2026**, a bordo dello Space Rider della European Space Agency (Esa). Se viaggio e rientro andranno a buon fine, si potranno recuperare i dati dell'esperimento e verificare eventuali danni allo strumento, sia da radiazioni che da impatto nel lancio e nel rientro.

Lavorare sul prototipo aiuta alla ricerca dal punto di vista tecnologico, in modo che si possano testare tecnologie che a terra sono già funzionanti **ma devono ancora essere abilitate alle condizioni peculiari dello spazio privo di atmosfera**: "Per esempio - racconta Barbato - se fino a oggi si è lavorato con detector più fragili e di dimensioni maggiori, sul Crystal Eye ci saranno i SiPM (*Silicon Photomultiplier*), simili ai sensori di parcheggio montati sulle auto, che nello spazio ancora non sono stati mai testati".

Tutto questo rappresenterebbe un'opportunità enorme per gli investimenti futuri in termini di tecnologia per lo spazio, perché la debolezza dei sensori oggi in uso è legata al danno da radiazione, e la ricerca mira a comprendere come proteggerli una volta in orbita. Ridurre le dimensioni dei sensori e aumentarne la sicurezza in volo permette consumi di energia nettamente minori ed esperimenti più performanti. In altre parole, se riuscisse l'esperimento di Astra **si potrebbe fare un salto di qualità importante**.

La regione di energia che il progetto Astra vuole contribuire a indagare tramite lo sviluppo del Crystal Eye, insomma, è estremamente interessante da comprendere, perché ancora **poco conosciuta dal punto di vista dei dati sperimentali**. Per questo, nell'ambito di Astra, questa parte di progetto è stata finanziata con 4,1 milioni di euro, che verranno impiegati anche per l'allestimento dei laboratori.

I dati che potrebbe captare l'occhio di cristallo, uniti alla rilevazione degli altri strumenti deputati alla raccolta di informazioni sui raggi gamma, permetterà di studiare le sorgenti di questi potenti radiazioni elettromagnetiche, arricchendo il patrimonio di conoscenze e contribuendo a soddisfare la **"curiosità dell'umanità nei confronti del funzionamento dell'universo"**, come confida la ricercatrice del Gssi.

Crystal Eye sarà, insomma, un altro occhio aperto e rivolto con lo sguardo all'universo.



IL RACCONTO DELLE ATTIVITÀ

Le piattaforme digitali per la “fabbrica del futuro” nell’industria spaziale

Uno dei tre assi portanti di Astra è il secondo work package, dedicato alle piattaforme digitali a servizio delle industrie aerospaziali (*Digital platforms for Space industry*). Infatti, se il WP1 si concentra più sullo sviluppo delle tecnologie hardware, nel secondo asse di Astra è centrale la software industry.

L’obiettivo finale è la realizzazione di piattaforme digitali funzionali all’innovazione nella ricerca, nonché nelle catene di approvvigionamento industriali che già operano nel settore dello spazio, come la stessa Thales Alenia, uno dei due partner privati di Astra.

La digitalizzazione della produzione, infatti, rappresenta quella che è stata definita **“fabbrica del futuro”** nell’ambito della “quarta rivoluzione industriale”. In quest’ultima, nota da tempo anche come **Industry 4.0**, è centrale il concetto di automazione industriale. La riproduzione virtuale e digitale della filiera industriale, dalle prime fasi legate all’ingegneria fino alla produzione vera e propria, può rappresentare una svolta sia in termini di costi che di efficienza ed efficacia. Si tratta di metodi in cui, in questi anni, è stato pioniere il settore automobilistico.

In particolare uno degli elementi importanti del lavoro di ricercatori e ricercatrici di Astra riguarda i **digital twins**, letteralmente i gemelli digitali. Un digital twin è una rappresentazione virtuale di un oggetto o di un sistema. Non è un semplice modello digitale, ma corrisponde al **ciclo di vita** dell’oggetto stesso, in quanto viene aggiornato in tempo reale, utilizzando simulazione e apprendimento anche grazie alle intelligenze artificiali, di cui parleremo nei prossimi approfondimenti.

Le attrezzature di produzione vengono quindi connesse a un sistema centralizzato per l’archiviazione e la gestione dei dati. L’elaborazione in tempo reale di questi ultimi permette il monitoraggio del processo produttivo, secondo la logica del digital twin. Con la virtualizzazione e la modellizzazione dei processi ci sarà dunque una **pianificazione ottimale della produzione**. Tutto questo è in corso di realizzazione in un caso studio collegato al Crystal Eye, prodotto centrale nel percorso di Astra, di cui abbiamo iniziato a raccontare nelle scorse settimane.

Sfide nell’Implementazione dei Digital Twins per Applicazioni Spaziali

Non è un’impresa facile: per essere efficienti, i sistemi di simulazione digitale devono essere altamente affidabili, perché **la tecnologia per lo spazio è estremamente esigente** da questo punto di vista, dovendo intrecciare le azioni di un oggetto con le peculiarità dello stare al di fuori delle condizioni fisiche (lo spazio, appunto) in cui è stato progettato (la Terra).

In Astra si guarda proprio a questi standard qualitativi: “Stiamo lavorando allo schedule dei task che andranno inseriti su un satellite di Thales Alenia”, racconta **Patrizio Pelliccione**, professore ordinario al Gran Sasso Science Institute, dove dirige l’area Computer Science ed è il responsabile dell’intero work package 2 di Astra.

“Quello che stiamo provando a fare con i nostri partner di progetto - aggiunge Pelliccione - è definire un meccanismo per poter far funzionare e sfruttare al meglio un satellite già in orbita. Lo stiamo facendo grazie alla logica dei digital twins”.

Si tratta di avere un approccio su diversi piani, dal funzionamento fisico del satellite - dalla rotazione all’osservazione fino all’avionica - alla parte di ricerca scientifica o della fornitura di servizi.

Nella pratica parliamo di una rappresentazione di un software in una sorta di simulatore estremamente sofisticato, dove **il team di ricerca di Astra verifica la corretta organizzazione dei task e del funzionamento temporale del satellite stesso**: “Attraverso i digital twins possiamo verificare quanta computazione viene usata, se si può aggiungere, eliminare o correggere qualcosa”, evidenzia il professore del Gssi.

Questo processo genera conoscenza, creazione di software ad hoc come prototipi di ricerca, oltre che simulare la risoluzione di problemi che possono crearsi in orbita. Una sperimentazione della ricerca pura che si verifica a terra, seppur con lo sguardo rivolto sempre al cielo.



IL RACCONTO DELLE ATTIVITÀ



Lavorare su fiducia e affidabilità dei sistemi autonomi e intelligenti

Il secondo work package di Astra vale **3,1 milioni di euro**. Un finanziamento importante che servirà, come abbiamo detto nei precedenti approfondimenti, a creare un ambiente digitale d'eccellenza anche per le industrie spaziali, oltre che per le tecnologie già esistenti sulla terraferma.

In questo ragionamento è fondamentale un aspetto: **l'affidabilità**. E proprio su questo si concentra il secondo task del WP2, che non a caso è stato chiamato Trustworthiness of smart and autonomous systems ("Affidabilità dei sistemi intelligenti e autonomi").

L'introduzione delle tecnologie di machine learning e intelligenza artificiale, infatti, comporta requisiti di affidabilità molto esigenti, a maggior ragione che parliamo di oggetti che si trovano nello spazio, e dunque in ambienti per natura molto diversi rispetto a quelli con cui l'essere umano è abituato a lavorare.

I ricercatori e le ricercatrici di Astra stanno tentando di utilizzare le **tecniche di intelligenza artificiale nel software di bordo sul satellite Crystal Eye**. Per questo motivo, in questi mesi, si stanno studiando nuove tecniche che possano garantire l'affidabilità di questi sistemi autonomi e intelligenti, in modo che gli stessi non violino requisiti di sicurezza e standard di qualità.

Non è un tema banale, quando si parla di intelligenza artificiale: "Il WP di cui sono responsabile è strutturato in diversi compiti che coprono la digitalizzazione del processo produt-

tivo - racconta **Patrizio Pelliccione**, direttore dell'area Computer Science al Gran Sasso Science Institute - dallo sviluppo della piattaforma software di bordo all'architettura digitale del satellite".

La fiducia e l'affidabilità di un sistema autonomo nello spazio si rafforzano anche **lavorando sull'architettura del satellite**. Il team di ricerca sta cercando di capire come ottenere "compartimenti stagni" software all'interno del satellite, in modo che ogni sua parte sia indipendente e funzionale al satellite stesso. E in questo modo ridurre al minimo possibile le criticità, oltre che i costi.

"A volte l'attenzione verso l'AI è anche esagerata", confida il professore ordinario del Gssi. A oggi, infatti, **l'intelligenza artificiale può essere utilizzata per i sistemi cosiddetti "critici"**, ma poi la decisione finale delle criticità passa ancora per l'ingegneria umana.

I sistemi critici hanno diverse classi di criticità, in base alla **controllabilità del sistema**, che può essere bassa (e quindi generare impatti problematici o persino catastrofici, nel caso dell'aerospazio) o alta, ossia quel livello di controllabilità che mitiga le eventuali conseguenze negative. Il grado di affidabilità è insomma tutto in questo range.

"Stiamo neanche troppo lentamente arrivando un nuovo di AI, più controllabile del passato - evidenzia Pelliccione - una tecnologia software di qualità non deve essere solo di qualità, efficiente e manutenibile. Ma deve rispondere anche a criteri di **explainability**".

L'explainable AI è un concetto introdotto piuttosto recentemente nell'ambito del machine learning. L'obiettivo è chiarire quel che accade nella "black box" dei dati e degli algoritmi che elaborano i modelli di intelligenza artificiale.

Si tratta di un tema in qualche modo più ampio di considerazioni meramente tecnologiche. Si entra nel campo filosofico ed etico delle intelligenze artificiali: "Di recente ho contribuito alla scrittura di un articolo su come ingegnerizzare i sistemi con lo scopo di essere davvero a servizio dell'umanità. Va oltre le competenze strette di Astra, ma è fondamentale anche per quello che stiamo contribuendo a fare, ossia arrivare al punto che **il sistema del satellite ci spieghi il rationale di una decisione frutto dell'intelligenza artificiale**", afferma il professore.

D'altro canto nello stesso AI Act, varato di recente a livello europeo, si ribadiscono i concetti di **trasparenza, accountability e, appunto, explainability, ossia la spiegabilità di un'azione automatizzata**: "È proprio quando capisci profondamente il perché di un'azione che inizi a costruire fiducia tra uomo e macchina".

Articoli peer-reviewed - Advanced technologies for space industry

Milestone 23 - Advanced technologies for space industry

A. Peer-reviewed journal papers

1. Barbato F., Abba A., Anastasio A., Barbarino G., Boiano A., De Mitri I., Di Giovanni A., Ferrentino L., Garufi F., Guida R., Papa S. Renno F., Vanzanella A., Wu L. - [CRYSTAL EYE: A new X and gamma ray all-sky-monitor for space missions - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment](#), Volume 1049, April 2023, Article number 168045. (Q1)
2. Garufi F., Abba A., Anastasio A., Barbarino, Barbato F.C.T., G., Boiano A., De Asmundis R., De Mitri I., Ferrentino L., Guarino F., Guida R., Vanzanella A. - The Crystal Eye X and gamma-ray detector for space missions - Journal of Physics: Conference Series Open Access Volume 2429, Issue 1, 2023, Article number 012024. (Conf. Ser.)
3. R. Colalillo, F. C. T. Barbato, I. De Mitri, A. DiGiovanni, M. Fernandez Alonso, G. Fontanella, F. Garufi, F. Guarino, I. Siddique, A. Smirnov, L. Valore, and Libo Wu - [Crystal Eye: a wide sight on the Universe for X and gamma-ray detection](#) - Proceedings of Science, PoS (ICRC2023) 1538, 2023. (Conf. Ser.)

Articoli peer-reviewed - Digital platforms for space industry

Milestone 24 - Digital platforms for space industry

A. Peer-reviewed journal papers

1. Ngoc Thanh Nguyen, Rogardt Heldal, Keila Lima, Tosin Daniel Oyetoyan, Patrizio Pelliccione, Lars Michael Kristensen, Kjetil Waldeland Høydal, Pål Asle Reiersgaard, Yngve Kvinnsland (2023) [Engineering Challenges of Stationary Wireless Smart Ocean Observation Systems IEEE Internet of Things Journal](#). (Journal Paper)
2. Roger Nazir, Alessio Bucaioni, Patrizio Pelliccione (2023) [Architecting ML-enabled systems: challenges, best practices, and design decisions Journal of Systems & Software \(JSS\)](#). (Journal Paper)
3. Gianlorenzo D'Angelo, Debashmita Poddar, [Cosimo Vinci: Better bounds on the adaptivity gap of influence maximization under full-adoption feedback](#). Artif. Intell. 318: 103895 (2023). (Journal Paper)

4. Samira Silva, Patrizio Pelliccione, Antonia Bertolino (2023) [Self-Adaptive Testing in the Field, ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems](#). (Journal Paper)
5. Franco Barbanera, Ivan Lanese, Emilio Tuosto: [Composition of synchronous communicating systems. J. Log. Algebraic Methods Program](#). 135: 100890 (2023). (Journal Paper)
6. Franco Barbanera, Ivan Lanese, Emilio Tuosto: [A Theory of Formal Choreographic Languages. Log. Methods Comput. Sci.](#) 19(3) (2023). (Conf. Paper)
7. Enxhi Ferko, Alessio Bucaioni, Patrizio Pelliccione, Moris Behnam (2023) [Analysing Interoperability in Digital Twin Software Architectures for Manufacturing In: ECSA 2023](#). (Conf. Paper)
8. Roland Kuhn, Hernán C. Melgratti, Emilio Tuosto: [Behavioural Types for Local-First Software \(Artifact\). Dagstuhl Artifacts](#) Ser. 9(2): 14:1-14:5 (2023). (Conf. Paper)
9. Roland Kuhn, Hernán C. Melgratti, Emilio Tuosto: [Behavioural Types for Local-First Software. ECOOP 2023](#): 15:1-15:28. (Conf. Paper)
10. A. Staffa, M. Palmieri, G. Morettini, F. Cianetti and C. Braccisi. [Integration of Piezoresistive Sensors into AM Structural Components: Evaluation of Sensor Properties and Its Impact on Component Mechanical Performance](#). (Conf. Paper)
11. Giovanni Quattrocchi, Emilio Incerto, Riccardo Pincioli, Catia Trubiani, Luciano Baresi", [Autoscaling Solutions for Cloud Applications under Dynamic Workloads", accepted for IEEE Transactions on Services Computing \(TSC\), to appear](#). (Journal Paper)
12. J. Afonso, E. Konjoh Selabi, M. Murgia, A. Ravara, E. Tuosto. [TRAC: a tool for data-aware coordination. COORDINATION 2024 \(To appear\)](#). (Conf. Paper)
13. C. G. Lopez Pombo, P. Montepagano, E. Tuosto. SEARCh: an execution infrastructure for service-based software systems. COORDINATION 2024 (To appear). (Conf. Paper)
14. C. Bartolo Burlò, A. Francalanza, A. Scalas, E. Tuosto. [COTS: Connected OpenAPI Test Synthesis for RESTful Applications. COORDINATION 2024 \(To appear\)](#). (Conf. Paper)
15. P. Krupa, O. Inverso, M. Tribastone, A. Bemporad. ["Certification of the proximal gradient method under fixed-point arithmetic for box-constrained QP problems"](#). Elsevier *Automatica* 2024. (Journal Paper)
16. Pinate, A., Cattani, L., Dal Molin, M., & Faggian, A. (2024). ["Get back to where you once belonged"? Effects of skilled internal migration on Italian regional green growth. Papers in Regional Science](#), 103(4), 100036. (Q1)
17. Moretti, M., Rossi, A., & Senin, N. ["Optical tomography](#)

by laser line scanning and digital twinning for in-process inspection of lattice structures in material extrusion. "Additive Manufacturing (2024): 104424. Doi.org/10.1016/j.addma.2024.104424. (Q1)

18. Rossi, A., Pescara, T., Gambelli, A. M., Gaggia, F., Asthana, A., Perrier, Q., Basta, G., Moretti, M., Senin, N., Rossi, F., Orlando, G. & Calafiore, R. "Biomaterials for extrusion-based bioprinting and biomedical applications". *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12 (2024): 1393641. doi.org/10.3389/fbioe.2024.1393641. (Journal Papers)
19. Angelella S., Albi E., Dionigi M., Logozzo S., Valigi M.C. *Proposal and Modeling by Simscape Multibody of a Mechatronic Device for Breast Cancer Cells Experiments (2024) Mechanisms and Machine Science*, 164 MMS, pp. 546 - 554, DOI: 10.1007/978-3-031-64569-3_62. (Conf. Ser.)
20. Di Frischia, S., Dolci, M. 2024: AI detection of S/N<1 Sources in infrared images: a deep learning algorithm developed for the AZT24 facility at Campo Imperatore Observatory, *Proceedings of the SPIE*, id. 13101, p. 131012Y DOI: 10.1117/12.3018759 (Conf. Ser.)
21. Dolci, M., Brocato, E., Rodeghiero, G., Di Frischia, S., D'Incecco, P., Canzari, M., Benedetti, S., De Luise, F., Di Carlo, M., Di Cianno, A., Napoleone, N., Piersimoni, A. M., Portaluri, E., Raimondo, G., Tartaglia, L., Valentini, A., Valentini, G. 2024: *Upgrading the AZT24 telescope at the Campo Imperatore high-altitude observatory: design, installation of a new, seeing-enhanced NIR imager, Proceedings of the SPIE*, id. 13096, p. 130968W DOI: 10.1117/12.3020225 (Conf. Ser.)
22. D'Incecco, P., Gorinov, D. A., Dolci, M., Tartaglia, L., De Luise, F., Valentini, G., Cantiello, M., Filiberto, J., Bhiravarasu, S. S., Brocato, E., Rodeghiero, G., Valentini, A., Benedetti, S., Di Carlo, M., Di Cianno, A., Di Frischia, S., Napoleone, N., Piersimoni, A., Portaluri, E., Raimondo, G., Spanò, P., Di Achille, G. 2024: *The INAF Campo Imperatore Observatory in Abruzzo (Italy) as an Earth Observation Facility for the Study of Venus Night Airglows (VNAs), Proceedings of the 55th Lunar, Planetary Science Conference*, id. 3040, p. 2202 (Conf. Ser.)
23. Pinate, A. C., Dal Molin, M., & Brandano, M. G. (2024). *The Geography of Green Innovation in Italy. In CONFLICT SCENARIOS AND TRANSITIONS. Opportunities and Risks for Regions and Territories*. (Book Chapter)
3. Ngoc-Thanh Nguyen, Keila Lima, Astrid Marie Slålvik, Rogardt Heldal, Eric Knauss, Tosin Daniel Oyetoyan, Patrizio Pelliccione, Camilla Sætre, Lars Michael Kristensen (2023) Synthesized data quality requirements and roadmap for improving reusability of in-situ marine data In: 31st IEEE International Requirements Engineering Conference (RE23). (INTERNATIONAL)
4. Luciana Rebelo, Érica Souza, Gian Berkenbrock, Gerson Barbosa, Marlon Silva, André Endo, Nandamudi Vijaykumar, Catia Trubiani (2023) "Prioritizing test cases with Markov Chains: a Preliminary Investigation", in 35th International Conference on Testing Software and Systems (ICTSS 2023). (INTERNATIONAL)
5. Francesca Arcelli Fontana, Matteo Camilli, Davide Rendina, Andrei Gabriel Taraboi, Catia Trubiani: Impact of Architectural Smells on Software Performance: an Exploratory Study. International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE), 2023: 22-31. (INTERNATIONAL)
6. Riccardo Pincioli, Raffaella Mirandola, Catia Trubiani: Modular Quality-of-Service Analysis of Software Design Models for Cyber-Physical Systems. International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE) 2023: 88-104. (INTERNATIONAL)
7. Kenneth Johnson, Samaneh Madanian, Catia Trubiani "Patterns of Applied Control for Public Health Measures on Transportation Services under Epidemic", in the Proceedings of the International Conference on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS), 2024. (INTERNATIONAL)
8. D'Incecco, P., Gorinov, D. A., Dolci, M. et al., " The INAF Campo Imperatore Observatory in Abruzzo (Italy) as an Earth Observation Facility for the Study of Venus Night Airglows (VNAs) ", Proceedings of the 55th Lunar and Planetary Science Conference, held 11-15 March, 2024 at The Woodlands, Texas/Virtual. LPI Contribution No. 3040, id.2202 (2024). (INTERNATIONAL)
9. M. Dolci, E. Brocato, G. Rodeghiero et al., "Upgrading the AZT24 telescope at the Campo Imperatore high-altitude observatory: design and installation of a new, seeing-enhanced NIR imager", Proceedings of the SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2024 Conference, id. 13096-336 (2024). (INTERNATIONAL)

Atti dei convegni

1. Simone Fioravanti, Michele Flammini, Bojana Kodric, Giovanna Varricchio: "PAC Learning and Stabilizing Hedonic Games: Towards a Unifying Approach", 37th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI), Washington, D.C., USA, AAAI Press, Palo Alto, California, USA, pp. 5641-5648, February 2023. (INTERNATIONAL)
2. Alkida Balliu, Sebastian Brandt, Fabian Kuhn, Dennis
10. Rodeghiero, G., Valentini, A., Dolci, M. et al., "A new near-IR imager for the 1.1m infrared telescope of the Campo Imperatore Observatory", Proceedings of the 6th Chianti Topics, held 26-29 February, 2024 in Florence. Video Mem. SAIt, under publication (2024). (NATIONAL)

ASTRA

ADVANCED SPACE
TECHNOLOGIES AND
RESEARCH ALLIANCE

SPOKE



PUBLIC AFFILIATES



PRIVATE AFFILIATES

