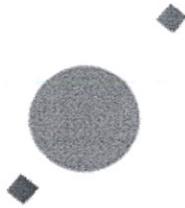


INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA  
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS

## Piano triennale 2012/2014

## 1 Executive summary

La missione dell'INAF è efficacemente riassunta dall'articolo 1 del nuovo statuto che recita: *“L'INAF è ente pubblico nazionale di ricerca e ha il compito di svolgere, promuovere e valorizzare la ricerca scientifica e tecnologica nei campi dell'astronomia e dell'astrofisica e di diffonderne e divulgarne i relativi risultati, di promuovere e favorire il trasferimento tecnologico verso l'industria, perseguendo obiettivi di eccellenza a livello internazionale.”* L'INAF svolge questa missione tramite i propri Istituti distribuiti sul territorio e attraverso le grandi infrastrutture osservative da terra e dallo spazio. L'Ente è inserito nei più grandi progetti e collaborazioni internazionali e concorre a determinare le strategie programmatiche degli organismi europei attivi nel settore della ricerca astronomica, quali l'ESO e l'ESA. I risultati dell'attività dell'INAF sono testimoniati dai contributi alla realizzazione di progetti internazionali e di missioni spaziali e sono esposti nelle pubblicazioni scientifiche sulle più prestigiose riviste internazionali. La valutazione comparativa dei risultati raggiunti è oggetto di continua analisi da parte di agenzie indipendenti e dimostra l'eccellenza dell'astrofisica italiana, che si posiziona sempre al top del ranking.

### **PER IL 2006-2010 L'ITALIA, CON INAF, E' QUARTA ASSOLUTA NEL MONDO (vedi cap.3)**

Per il prossimo triennio INAF ha selezionato le tematiche scientifiche più incisive tra quelle elencate nel Documento di Visione Strategica (DVS) dell'Ente. Nel fare ciò ha tenuto conto della roadmap scientifica definita nel piano europeo ASTRONET, che include le priorità del programma scientifico dell'ESA “Cosmic Vision 2015-2025”, a cui gli stessi astronomi dell' INAF hanno contribuito. Naturalmente tale programma è orientato anche al settennio 2014-2020 che vedrà il passaggio da FP7 a FP8, nel quadro di Horizon 2020. Queste scelte squisitamente europee si basano anche sulle capacità dell'INAF di guidare l'innovazione tecnologica, stimolando le industrie più sensibili a investimenti mirati in settori altamente innovativi.

Per rispondere alle questioni scientifiche fondamentali, l'INAF partecipa, nel contesto europeo sopra menzionato, alla costruzione di grandi infrastrutture o alla realizzazione di missioni spaziali in collaborazione con i corrispondenti Enti nazionali e internazionali. La complessità e i costi di ogni singola infrastruttura o missione spaziale non sono infatti tali da consentire una programmazione autonoma. Questo è il motivo per cui tutte le missioni sono discusse e approvate dai *board* dei programmi quadro della Commissione Europea per la ricerca, dall'Osservatorio Europeo Australe (ESO), e/o dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). I relativi fondi sono in gran parte finalizzati alla costruzione dell'infrastruttura. Essi non includono la parte di sviluppo scientifico e tecnologico di eccellenza propedeutica alla costruzione degli strumenti e quelli per il loro utilizzo attraverso l'analisi dei dati prodotti, che è invece in carico alle nazioni partecipanti. In questo contesto, risulta strategico per l'INAF e per la competitività tecnologica del complesso industriale italiano avere il pieno sostegno da parte delle istituzioni nazionali, per garantire il vero ritorno scientifico e tecnologico legato a questo contributo. È una strategia che permette poi all'industria italiana di competere con buona probabilità di successo anche alle commesse, ben più rilevanti, per la costruzione di infrastrutture e di carrozze per satelliti.

A questo scopo l'INAF ha selezionato, nel presente piano triennale, le richieste già presentate al MIUR come progetti premiali e bandiera, o come contributi straordinari, elencate nei capitoli successivi.

Infine, le missioni spaziali che INAF presenta in questo piano sono parte della programmazione dell' ESA, definita anche con il concorso dell'ASI. Il ruolo dell'ASI è quindi cruciale nel permettere ad INAF di garantire

che i programmi dell'ESA abbiano un ritorno scientifico, tecnologico e industriale commensurato al contributo obbligatorio all'ESA.

## Personale

Per la realizzazione dei programmi e progetti scientifici e tecnologici sopra illustrati, è fondamentale che l'Istituto possa avvalersi di risorse umane altamente specializzate, ovvero di ricercatori e tecnologi, nonché personale di supporto alla ricerca, che possano garantire l'attuazione dei suddetti programmi nel rispetto delle definite roadmaps. Come più dettagliatamente illustrato nel prosieguo, il fabbisogno di personale dell'INAF nel triennio 2012-2014 è di gran lunga superiore alle possibilità assunzionali consentite dalle vigenti normative per gli Enti di ricerca, che limitano ad un'esigua percentuale l'utilizzo dei risparmi derivanti dal turn-over. Nel dettaglio, si evidenzia che, a fronte di un rilevato fabbisogno di personale per gli anni 2012, 2013 e 2014 pari, rispettivamente, a complessive n. 76 - 89 - 88 unità, i vincoli assunzionali cui l'INAF è normativamente soggetto, permettono, nel medesimo triennio, l'acquisizione di un contingente di personale limitato a: n. 65 unità nell'anno 2012, n. 3 unità nell'anno 2013 e n. 7 unità nell'anno 2014 (vedi cap. 6).

## Grandi infrastrutture di ricerca

Da terra	<p><b>VLT:</b> sistema di 4 telescopi della classe 8m, gestito dall'ESO. L'INAF ha già partecipato alla costruzione degli strumenti di piano focale Flames, X-Shooter, UVES e VIMOS. Nel prossimo triennio parteciperà alla costruzione dei due nuovi strumenti, SPHERE e ESPRESSO.</p> <p><b>ALMA:</b> radiotelescopio in fase di completamento nel Nord del Cile, in collaborazione tra Europa (ESO) Stati Uniti e Giappone, operante ad altissime frequenze di fondamentale importanza per lo studio della formazione stellare nell'universo. <b>Le antenne ESO sono state progettate (EIE Mestre) e realizzate in Italia.</b></p> <p><b>LBT:</b> Il più grande telescopio ottico al mondo, costruito da INAF in collaborazione con Istituti tedeschi e americani. INAF gestisce l'LBT Survey Center per la raccolta dei dati e la loro distribuzione alla comunità scientifica.</p> <p><b>SRT:</b> la più grande antenna radio italiana dedicata principalmente allo studio dell'emissione da parte di oggetti compatti relativistici e inserita nel progetto internazionale VLBI come anche le due antenne radio di Medicina e Noto.</p> <p><b>VST:</b> il maggiore telescopio del mondo per survey ottiche da terra, realizzato dall'INAF in collaborazione con ESO per effettuare grandi mappature del cielo australe e di rilievo strategico per la scienza coi telescopi del futuro.</p> <p><b>TNG:</b> telescopio nazionale di 3.5 m di diametro, focalizzato su specifici programmi scientifici altamente competitivi.</p> <p><b>ASTRI:</b> la sua importanza strategica si manifesta in quanto precursore del grande progetto mondiale CTA, a sua volta progetto bandiera di INAF.</p>
Dallo spazio	<p><b>Esplorazione del Sistema Solare:</b> <b>Cluster</b> studia la magnetosfera terrestre. <b>Mars Express, Venus Express</b> e <b>Cassini</b> studiano l'atmosfera, la superficie e il sottosuolo rispettivamente di Marte, Venere e Saturno. <b>Dawn</b> è una missione sugli asteroidi Vesta e Cerere. <b>Juno</b> misura la struttura interna di Giove, mentre <b>Rosetta</b> effettua rilevazioni in situ di una cometa.</p> <p><b>Galassie e Cosmologia:</b> <b>HST</b>, frutto della collaborazione NASA-ESA, continua a fornire dati rivoluzionari su popolazioni stellari risolte, pianeti extrasolari, galassie vicine e lontane, supernovae e oggetti primordiali. <b>Herschel</b> analizza la formazione stellare e lo studio della formazione ed evoluzione delle galassie nell'Universo. <b>Planck</b> è la prima missione europea dedicata allo studio della nascita dell'universo e della radiazione cosmica di fondo, tramite la produzione di mappe ad alta risoluzione.</p> <p><b>Studio dell'Universo estremo:</b> <b>XMM, INTEGRAL</b> e <b>SWIFT</b> approfondiscono lo studio di buchi neri, esplosioni stellari e i lampi gamma che li generano. A questi si aggiungono le missioni <b>AGILE</b> e <b>FERMI</b>, la prima totalmente italiana, la seconda in collaborazione con la NASA.</p>

## Collaborazioni internazionali di rilievo

<b>AEB</b> – Brazilian Space Agency
<b>CNES</b> – Centre National d’Etudes Spatiales
<b>CNSA</b> – China National Space Administration
<b>CONAE</b> – Comision Nacional de Actividades Espaciales
<b>CSA</b> – Canadian Space Agency
<b>DLR</b> – German Aerospace Agency
<b>ESA</b> – European Space Agency
<b>ESO</b> - European Southern Observatory
<b>JAXA</b> – Japan Aerospace Exploration Agency
<b>NASA</b> – National Aeronautics and Space Administration

## European Research Area

Azioni di coordinamento (ERANET)	<p><b>ASTRONET:</b> consorzio nato per stabilire un meccanismo permanente di pianificazione e coordinamento nell’astronomia europea e per assicurare la costruzione delle nuove facility necessarie per mantenere l’Europa all’avanguardia della conoscenza scientifica e, allo stesso tempo, ottimizzare i programmi esistenti, sia in termini scientifici che economici.</p>
Infrastrutture (ESFRI)	<p><b>OPTICON:</b> azioni di coordinamento nel settore dell’astronomia ottica ed infrarossa europea per favorire l’accesso ai telescopi e la ricerca in settori tecnologici di interesse comune.</p> <p><b>RADIONET:</b> progetto che ha lo scopo di favorire gli astronomi europei ad accedere alle infrastrutture radioastronomiche mondiali.</p> <p><b>Prep-SKA:</b> piano di implementazione per la definizione di una proposta di finanziamenti governativi per la futura costruzione di SKA.</p> <p><b>E-ELTprep:</b> piano di implementazione per la definizione di una proposta di finanziamenti governativi per la futura costruzione di E-ELT.</p> <p><b>EST:</b> studio di fattibilità scientifico, tecnico e finanziario per la costruzione di un telescopio solare della classe 4m.</p> <p><b>HELIO:</b> Heliophysics Integrated Observatory istituirà una rete di servizi distribuiti sul territorio europeo per supportare i ricercatori europei nel settore dell’eliofisica.</p>
IDEE: Consiglio Europeo della ricerca	<p><b>CosmoIGM:</b> progetto per investigare il ruolo del mezzo intergalattico come sonda cosmologica e per sfruttare i punti di contatto che essa ha con la cosmologia osservativa, gli studi sulla formazione delle galassie e la fisica fondamentale.</p> <p><b>Darklight:</b> progetto per lo studio della distribuzione delle galassie su grande scala per studiare l’equazione di stato della Dark Energy</p>
Cooperazione	<p><b>eHEROES:</b> scopo del progetto è studiare e descrivere le caratteristiche dello spazio interplanetario e fornire informazioni utili per la pianificazione e l’implementazione delle missioni spaziali.</p> <p><b>EUNAWA:</b> il progetto ha lo scopo di avvicinare i bambini di età compresa tra i 4 e i 10 anni ad apprezzare la scienza e la tecnologia.</p> <p><b>Astrofit:</b> supporta ricercatori di talento che hanno svolto la propria attività in paesi extraeuropei. Astrofit offre la possibilità di acquisire esperienze in strutture INAF per un periodo di due anni nelle seguenti aree di ricerca: galassie e cosmologia, stelle, popolazioni stellari e mezzo interstellare, sole e sistema solare, astrofisica relativistica e particelle e tecnologia avanzata.</p>

## Grandi infrastrutture di ricerca (future)

Da terra	<p><b>E-ELT:</b> rivoluzionario telescopio ottico/infrarosso, di gran lunga il più grande al mondo. Esso è indicato come progetto di più alta priorità fra le grandi infrastrutture europee (ESFRI).</p> <p><b>SKA:</b> il più grande e potente radiotelescopio mai concepito, frutto di una collaborazione mondiale che si svilupperà nel corso dei prossimi dieci anni.</p> <p><b>CTA:</b> progetto strategico selezionato nella roadmap scientifica di ASTRONET e infrastrutturale di ESFRI dedicato alla rilevazione di raggi gamma di origine cosmica di altissima energia, fondamentali per lo studio della cosmologia e delle astro-particelle (vd. Progetto Bandiera ASTRI).</p> <p><b>FLEYE EYE:</b> telescopio a grande campo da terra di nuova concezione tecnologica per lo studio di debris orbitanti (in collaborazione con il Ministero della Difesa)</p> <p><b>EST:</b> telescopio solare con un'apertura di 4 metri inserito nella roadmap di ASTRONET.</p>
Dallo spazio	<p><b>Missioni vicine al lancio:</b> <b>Gaia</b> è la missione ESA per produrre una mappa tridimensionale e dinamica della Via Lattea di ampiezza e precisione mai raggiunte prima. <b>Bepi-Colombo</b> è la missione ESA per studiare la geofisica, la geochimica e il campo magnetico e i plasmi di Mercurio e del Sole.</p> <p><b>Missioni in preparazione:</b> <b>Solar Orbiter</b> è una missione M selezionata da ESA per studiare il plasma del vento solare, il campo magnetico da esso trasportato e le sorgenti solari che lo hanno generato. <b>Euclid</b> è la missione "M" ESA dedicata allo studio di Energia Oscura, Materia Oscura e possibili deviazioni dalla teoria della Relatività Generale. <b>JWST</b> è la missione congiunta NASA, ESA e CSA che porterà in orbita nel 2018 il più grande telescopio spaziale ottico-IR. JWST studierà i pianeti extra-solari, le regioni di formazione stellare, le popolazioni stellari e le galassie ad altissimo redshift, fino a vedere quelle formatesi in un universo giovanissimo.</p> <p><b>Le missioni in fase di selezione:</b> <b>Large Missions: Athena</b> è un telescopio a raggi X che permetterà di rispondere a domande fondamentali sulla nascita e l'evoluzione di strutture cosmiche. <b>Juice</b> ha l'obiettivo di studiare il sistema di Giove e, in particolare, le tre maggiori lune ghiacciate (Europa, Ganimede e Callisto). <b>Medium Missions:</b> Sono in fase di valutazione Loft, Echo, Marco-Polo e SPICA.</p>

## Brevetti e Spin off

Brevetti	Totali	19
	2011	2
Spin off	Totali	5
	2011	1

## Partecipazioni societarie

<b>LBT Corporation:</b> organizzazione no profit per la gestione della costruzione e delle attività del Large Binocular Telescope
<b>Ska Organization LTd:</b> società no profit per la gestione della progettazione di SKA
<b>Fundacion Galileo Galilei:</b> fondazione privata senza scopo di lucro per il mantenimento e lo sviluppo del TNG e la gestione del tempo osservativo per conto della comunità astronomica italiana e internazionale
<b>Fondazione Osservatorio Astrofisico di Castelgrande:</b> ente gestore della Stazione Astrofisica di Castelgrande (PZ), ospitante il telescopio TT1

## Progetti Premiali (richieste)

<b>LBT:</b> telescopio unico nel suo genere, costituito da 2 telescopi ottici di 8.4 metri di diametro e dedicato all'esplorazione dell'emisfero Nord della volta celeste. Il programma scientifico prevede: formazione ed evoluzione delle galassie, popolazioni stellari nella Galassia e nelle galassie vicine, fisica della formazione stellare e dei sistemi planetari.
<i>Richiesta finanziaria (in milioni di €): 2012: 3.3 – 2013: 3.9 – 2014: 3.4</i>
<b>VST:</b> telescopio a grande campo di 2.6 m di apertura progettato dall'Osservatorio di Capodimonte e realizzato da INAF. Integrato con successo a Cerro Paranal, in Cile, è entrato in servizio nell'ottobre 2011. Verrà gestito dall'ESO. INAF usufruisce di una certa quota di tempo d'osservazione garantito. La camera per immagini, OmegaCam, è stata prodotta da un consorzio internazionale cui hanno partecipato gli Osservatori di Padova e Capodimonte. VST genererà dati per circa 30 Terabyte all'anno, che verranno ridotti grazie a un nuovo sistema informatico sviluppato a Napoli e a Groningen (NL).
<i>Richiesta finanziaria (in milioni di €): 2012: 1.3 – 2013: 1.2 – 2014: 1.0</i>
<b>VLT:</b> i 4 telescopi VLT sono gestiti dall'ESO. L'Italia è impegnata nella progettazione e realizzazione degli strumenti Sphere ed Espresso e dello spettrografo Infrarosso <i>Multiobject</i> . Per INAF sono coinvolti gli Osservatori di Padova, Trieste, Arcetri, Bologna e lo IASF di Milano.
<i>Richiesta finanziaria (in milioni di €): 2012: 3.0 – 2013: 3.0 – 2014: 2.1</i>
<b>E-ELT:</b> il telescopio di nuova generazione da 39 m di diametro, basato su ottica adattiva, è il progetto che per ESO ha priorità assoluta su qualsiasi altra iniziativa. Rispetto a E-ELT l'Italia si trova in una posizione strategica sia sul fronte della tecnologia che su quello industriale.
<i>Richiesta finanziaria (in milioni di €): 2012: 3.9 – 2013: 3.7 – 2014: 3.6</i>

## Progetto Bandiera

<b>ASTRI:</b> nasce dall'esigenza di supportare le attività di sviluppo tecnologico necessarie alla realizzazione del CTA. Il finanziamento di ASTRI permetterà di mettere a punto le tecnologie utili a una produzione di massa di specchi ottici a costo moderato. Questa tecnologia sarà sviluppata presso l'INAF (OA-Brera) con il coinvolgimento dell'industria.
<i>Richiesta finanziaria (in milioni di €): 2012: 3 – 2013: 3 – 2014: 5</i>

## Spese amministrative sostenute dall'Ente

Retribuzione Direttore Amministrativo	€ 149.910
Retribuzione personale amministrativo	€ 6.942.311
Spese per Organi dell'Ente	€ 266.947
Spese per commissioni e altri Organismi dell'Ente	€ 1.020.901
<b>Totale</b>	<b>€ 8.380.069</b>

## **QUADRO GENERALE DELLE PARTECIPAZIONI SOCIETARIE**

In via preliminare, bisogna evidenziare che l'INAF ha partecipazioni societarie che hanno una natura strettamente scientifica. Si tratta infatti di partecipazioni a organizzazioni senza scopi di lucro, il cui "utile" è rappresentato dal ritorno scientifico, messo poi a disposizione della comunità scientifica.

### **LBT Corporation**

Per la gestione della costruzione e delle attività del Large Binocular Telescope, nel 1992 è stata costituita la LBT Corporation, organizzazione no profit di diritto. La comunità scientifica italiana è stata rappresentata inizialmente dall'Osservatorio Astrofisico di Arcetri (FI).

La Corporation è attualmente costituita da:

- INAF - Istituto Nazionale di Astrofisica al 25%;
- University of Arizona (Tucson, Arizona) al 25% ;
- Ohio State University (Columbus, Ohio) al 12,5%;
- Research Corporation (Tucson, Arizona) al 12,5%;
- LBT Beteiligungs Gesellschaft, che rappresenta un consorzio di Istituti ed Università tedesche, al 25%.

Le entrate della LBT Corporation sono rappresentate dalle quote di ciascun partner e la quota che l'INAF è tenuto a versare si aggira intorno ai 2.5 Milioni di €/anno.

### **SKA Organization LTD**

La recente istituzione di questa società *no profit* ha lo scopo di seguire la gestione della progettazione del telescopio SKA - Square Kilometre Array. Oltre all'Italia, la SKA Organization LTD comprende Olanda, Regno Unito, Cina, Sud Africa, Australia, Nuova Zelanda e Canada, che partecipano in maniera paritetica. Le entrate della SKA Organization sono rappresentate dalle quote di ciascun partner e la quota che l'INAF è tenuto a versare si aggira intorno ai 250.000 €/anno.

### **Fondazioni**

**Fundacion Galileo Galilei:** è una fondazione privata senza scopo di lucro, regolamentata dal diritto spagnolo, costituita per la gestione del TNG. Il suo scopo statutario è sviluppare la ricerca scientifica astronomica, secondo le indicazioni del Patronato, organo dirigente della Fundacion. Il Patronato è completamente controllato dall'INAF, essendone parte il Presidente, il Direttore Scientifico e il Direttore Generale.

L'attività della fondazione è finanziata dai soci (INAF) e possibilmente da altre fonti, anche se di fatto fino ad oggi è stata esclusivamente finanziata dall'Ente.

L'attività preponderante della Fondazione è il mantenimento e lo sviluppo del TNG e la gestione del tempo osservativo per conto della comunità astronomica italiana (75%) e internazionale (25%).

Insieme ad altri Istituti di ricerca ed Osservatori astronomici delle Isole Canarie, la Fundacion partecipa all'amministrazione delle installazioni comuni nell'ORM (Observatorio del Roque de los Muchachos).

**Fondazione Osservatorio Astrofisico di Castelgrande (F.O.A.C):** ente gestore della Stazione Astrofisica di Castelgrande (PZ), ospitante il telescopio TT1. La F.O.A.C., della quale sono soci il Comune di Castelgrande e l'INAF, ha il compito di gestire la Stazione osservativa del Toppo di Castelgrande (PZ), dove è installato il telescopio TT1 (Toppo Telescope #1) e gestire ed utilizzare il telescopio al fine di attuare progetti scientifici, di alta formazione e di divulgazione.

## 2 Introduzione storico-politica e Strategia del PT

Il piano triennale INAF per il 2011-2013 era stato redatto in condizioni politico-economiche completamente diverse per l'Europa, per l'Italia e per INAF.

Il presente PT (2012-2014) recepisce quelli precedenti ma tiene conto delle novità e delle discontinuità intervenute nell'ultimo anno. Gli enti di ricerca italiani sono mutati (vd. D. Lgs. n. 213 del 31/12/2009). INAF ha di conseguenza un nuovo Statuto (adottato il 07 marzo 2011 e in vigore dal 01 maggio 2011). Esiste un Programma Nazionale della Ricerca (PNR), che ha introdotto i progetti "bandiera" e "premiali". E l'Ente si è dotato di un DVS. Inoltre, il piano europeo per astronomia, ASTRONET, è entrato nella sua fase operativa; la UE ha emanato la strategia Horizon 2020, e i grandi Enti europei cardini della ricerca astronomica, ESO ed ESA, hanno lanciato o stanno lanciando a breve nuovi importantissimi progetti: uno per tutti, lo *European Extremely Large Telescope*, che sarà il più grande telescopio del mondo.

Il nuovo PT della nuova INAF contempla, come si vedrà, sia un *roll-on* dei precedenti piani triennali, riguardante attività in corso, giudicate di continuo interesse, sia azioni completamente nuove o che cominciano a impegnare l'ente in modo crescente per il loro interesse strategico.

Il contenuto della parte nuova del PT prende spunto, a livello nazionale, dalla lettura del PNR, del Piano Nazionale Infrastrutture (compresa la presenza italiana in ESFRI) e, naturalmente, dal DVS. Sempre a livello nazionale, tiene conto della crescente importanza dei progetti bandiera e di quelli premiali (per alcuni dei quali si vedrà un vero *ramp up* dei fondi) nonché della necessità di collaborazione con altri Enti, primi tra tutti ASI, INFN e CNR, e con le Università, parte essenziale della ricerca astronomica italiana.

La presenza della componente universitaria diventa infatti sempre più importante sia per l'apporto finanziario esterno sia, soprattutto, per l'apporto di capitale umano e di conoscenze: capitale del quale l'Ente gode sempre più attraverso un numero crescente di associati universitari. Attualmente sulle 446 assottiate ad oggi attive, 263 sono relative a Università italiane (incluso un associato dell'Università di San Marino) e 23 riguardano Università straniere.

Sia a livello nazionale che internazionale, il PT terrà conto delle numerose collaborazioni in atto tra INAF e il resto del mondo.

Anche per una disciplina "di base" come è l'astrofisica, il PT non può prescindere da una sempre più stretta collaborazione con l'industria su svariati piani: dallo sviluppo e realizzazione di tecnologie nuove nel campo dell'ottica, della elettronica e della meccanica, alle attività di sistema, di AIV, di controllo di qualità, incluso naturalmente il software a esse associato. Anche per questo, il PT prevede forte attenzione allo sviluppo tecnologico, con particolare riguardo ad alcune specialità "made in Italy" e al loro trattamento in brevetti anche internazionali, e soprattutto all'industria nazionale.

Oltre allo sviluppo tecnologico, l'implementazione del PT richiede un piano di sviluppo delle infrastrutture. Tale piano seguirà una nuova strategia, già iniziata nel 2011 con accorpamenti di strutture esistenti e con lo studio di possibili strutture nazionali: Laboratori Nazionali per aumentare l'efficienza degli interventi, la sezione d'urto dell'industria nazionale nelle gare europee e la competitività del *made in Italy*, e nel contempo realizzare qualche economia di scala. La strategia è mirata all'ottimizzazione delle eccellenze scientifico-tecnologiche che oggi INAF possiede sul territorio, anche in rapporto con industrie e altri enti di ricerca.

In parallelo, il PT propone un piano di sviluppo di risorse umane per INAF, basato dapprima sul completo sfruttamento delle posizioni da bandire ai vari livelli, ma anche su un allargamento di organico (TD e TI) volto al superamento, in tempi medi, del cosiddetto "preariato" a favore di dignitosi contratti TD.

Infine, il piano delle risorse economiche necessarie alla realizzazione mostrerà lo sforzo dell'Ente di ottenere finanziamenti prima di tutto in Europa e poi in Italia, da fonti esterne al "classico" FFO.

Dopo una breve fotografia dell'INAF attuale, con la sua struttura sul territorio, la sua organizzazione in macroaree scientifiche e la sua attuale consistenza di risorse umane e finanziarie, si passerà a descrivere il PT della nuova INAF, delineando sia le grandi tematiche astronomiche sul tappeto sia i metodi proposti per affrontarle.

### **3 L'INAF oggi: una fotografia ed una valutazione della astronomia italiana oggi nel mondo**

L'INAF svolge la sua missione attraverso l'attività scientifica e tecnologica presso i propri Istituti distribuiti sul territorio e attraverso alcune grandi infrastrutture osservative da terra e dallo spazio. Al 31/12/2011, il personale è costituito da 784 ricercatori e tecnici di laboratorio e 220 unità dedicate a funzioni amministrative, per un totale di 1004 dipendenti di ruolo. A essi vanno aggiunti circa 500 scienziati, divisi tra associati, in gran parte professori universitari, e circa 250 tra assegnisti, borsisti, etc. Questa ampia base, che quasi raddoppia la capacità di ricerca dell'INAF, è frutto di ampie collaborazioni con Università italiane e straniere, grazie anche a progetti di eccellenza dell'INAF finanziati su base competitiva da istituzioni, enti e organismi nazionali e internazionali.

Infatti l'INAF è inserito nei più grandi progetti e collaborazioni internazionali, e concorre a determinare le strategie programmatiche dei grandi organismi europei attivi nel settore della ricerca astronomica, quali l'ESO e l'ESA. Nel capitolo 5.3 vengono elencate e presentate le principali convenzioni e rapporti di collaborazione a livello sia internazionali che nazionali.

I risultati dell'impegno dell'INAF negli ultimi anni riguardano il contributo alla realizzazione di progetti internazionali e di missioni spaziali finalizzati allo studio delle tematiche scientifiche descritte nei capitoli successivi. I risultati di tali studi sono testimoniati dalle pubblicazioni scientifiche e tecniche sulle più prestigiose riviste internazionali. La valutazione comparativa di tali risultati è oggetto di continua analisi da parte di agenzie di valutazioni indipendenti, quali ad esempio la Thomson Reuters che, nel contesto del monitoraggio generale della ricerca, ha confrontato l'impatto mondiale della ricerca astrofisica nel periodo 2004-2010. Questa analisi mostra l'eccellenza dell'astrofisica italiana, con un parametro di impatto superiore del 28% rispetto alla media mondiale nel settore, al top del ranking, a pari merito con due aree di eccellenza italiane come la Fisica e la Medicina. Per esempio, scegliendo come indicatore il numero di articoli a prima firma italiana tra i primi 200 più citati a livello mondiale, l'Italia risulta quarta nella lista per nazioni. La stessa analisi, a livello di singoli enti e università internazionali pone l'INAF al quarto posto in classifica.

Tabella 1. Posizionamento della scienza italiana nel panorama internazionale

**SCI-BYTES> SCIENCE IN ITALY, 2006-10**  
WEEK OF SEPTEMBER 4, 2011

- SCIENCEWATCH HOME
- INSIDE THIS MONTH
- INTERVIEWS
- SPECIAL TOPICS
- ANALYSES

[←BACK | 2011 | HOME](#)

Italy's world share of science and social-science papers over a recent five-year period, expressed as a percentage of papers in each of 21 fields in the Thomson Reuters database. Also, Italy's relative citation impact compared to the world average in each field, in percentage terms

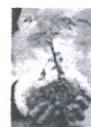
**DATA & RANKINGS**

	Field	% papers fr. Italy	Impact vs. world
Sci-Bytes	Space Science	10.94	+28
Fast Breaking Papers	Neuroscience & Behavior	5.99	-3
New Hot Papers	Mathematics	5.47	+11
Emerging Research Fronts	Clinical Medicine	5.46	+30
Fast Moving Fronts	Geosciences	5.42	+8
Research Front Maps	Pharmacology & Toxicology	5.20	+10
Current Classics	Physics	5.15	+25
Top Topics	Immunology	4.95	-1
Rising Stars	Molecular Biology & Genetics	4.67	+4
New Entrants	Engineering	4.40	+6
Country Profiles	Computer Science	4.40	-6
	Italy's overall percent share, all fields: 4.40		
	Biology & Biochemistry	4.19	-4
	Agricultural Sciences	4.09	+24
	Plant & Animal Science	3.78	-4
	Environment/Ecology	3.60	+1
	Chemistry	3.45	+13
	Economics & Business	3.35	-19
	Microbiology	3.31	-8
	Psychiatry/Psychology	2.57	-5
	Materials Science	2.40	+15
	Social Sciences	1.44	-1

**ABOUT SCIENCE WATCH**



**SPOTLIGHTED FEATURE**



Special Country Features:  
Top 20 Countries Citations in Five-Year Increments and the 10th annual list of

the Top 20 Countries in ALL FIELDS, 2001-August 31, 2011

**SCI-BYTES**

- [Home](#)
- [All Years Archive](#)

**WHAT'S HOT IN...**

- [Biology](#)
- [Medicine](#)
- [Physics](#)
- [Chemistry](#)

Between 2006 and 2010 Thomson Reuters indexed 237,713 papers that listed at least one author address in Italy. Of those papers, the highest percentage by far appeared in journals indexed under the main heading of space science, followed by neuroscience & behavior and mathematics. As the right-hand column shows, the impact (cites per paper) score for space-science papers featuring Italy-based authors was 28% above the world average in the field (10.06 cites per paper for Italy versus the world mark of 7.88 cites). Italy's relative-impact performance was also strong in clinical medicine (30% above the world figure), physics (25% above) and agricultural sciences (+24%).

SOURCE: *InCites™* Global Comparisons, Thomson Reuters.

Tabella 2 Posizionamento della ricerca astrofisica italiana in ambito mondiale

Ranking	Nazione	N. articoli 2008-2010	%	N. articoli 2005-2007	%
1	USA	297	49.5	287	47.8
2	Germania	69	11.5	69	11.5
3	Regno Unito	61	10.2	54	9.0
4	Italia	39	6.5	36	6.0
5	Francia	34	5.7	22	3.7
6	Svizzera	21	3.5	14	2.3
7	Canada	17	2.8	21	3.5
8	Paesi Bassi	15	2.5	7	1.2
9	Australia	9	1.5	7	1.2
10	Giappone	6	1.0	27	4.5
11	Spagna	6	1.0	7	1.2

Tabella 3. Posizionamento dell'INAF in confronto alle altre istituzioni di astrofisica internazionali

Ranking	Istituti	N. articoli 2008-2010	Sedi
1	MPIA	54	
2	Univ. California	38	LA, S.Cruz, Berkeley, S.Barbara, Davis
3	CFA	36	
4	INAF	26	
5	CNRS	26	
6	NASA	19	AMES, Goddard, STScI
7	Naval	17	
8	CalTech	16	+JPL
9	Princeton	16	
10	Cambridge	13	
11	Arizona	13	
12	Leiden	11	
13	Zurich	11	
14	Stanford	11	
15	Durham	9	

I risultati di assoluta eccellenza, testimoniati anche da agenzie indipendenti, sono il frutto della elevata qualità media dei ricercatori e tecnici dell'Ente e delle scelte strategiche che l'INAF ha individuato nel suo piano a lungo termine, coerentemente con le priorità indicate nelle *roadmap* ASTRONET. Questi risultati sono stati ottenuti anche grazie agli sviluppi tecnologici in collaborazione con le industrie più sensibili a investimenti mirati in settori di alta innovazione.

## 4 Il piano del nuovo INAF

### 4.1 Obiettivi triennio 2012-2014: le grandi tematiche astronomiche scelte da INAF

Per il prossimo triennio, INAF ha selezionato le tematiche scientifiche più urgenti tra quelle elencate come strategiche nel Documento di Vision (DVS) dell'Ente. Nel fare ciò ha tenuto conto della roadmap scientifica definita nel piano Europeo ASTRONET, che include le priorità del programma scientifico dell'ESA "Cosmic Vision", a cui gli stessi astronomi dell' INAF hanno contribuito. Nel seguito verranno elencati i quesiti fondamentali a cui INAF vuol dare una risposta.

#### 4.1.1.1 *Come si è formato il nostro sistema solare ? Esistono sistemi planetari simili al nostro nelle stelle vicine ? quali sono le condizioni per lo sviluppo della vita extraterrestre?*

Lo studio della fisica solare è ancora importante per l'astrofisica moderna, sia per l'influenza che il Sole ha sull'atmosfera e magnetosfera terrestre (*space weather*) e sull'intera eliosfera (come la modulazione dei raggi cosmici, rilevata in Italia dalla stazione SVIRCO dell'INAF), che come laboratorio per comprendere fenomeni che si manifestano negli altri sistemi planetari. Le problematiche principali riguardano la formazione delle regioni magnetiche sulla superficie solare e la loro dissipazione, nonché lo studio dei meccanismi di riscaldamento delle zone esterne dell'atmosfera solare. La ricerca attuale si sta focalizzando sullo studio dell'attività magnetica dove sarà importante la sinergia tra le misure provenienti dalle future missioni spaziali e le misure ad alta risoluzione che saranno ottenute a terra da telescopi di nuova generazione. La missione Solar Orbiter in cui l'INAF ha un ruolo leader e lo sviluppo del progetto per un telescopio solare europeo (EST) daranno un forte impulso allo studio di queste problematiche. Altrettanto importanti sono i fenomeni connessi con la complessa interazione del plasma solare magnetizzato con le magnetosfere – atmosfere – esosfere planetarie, attraverso il processo di riconnessione magnetica. Nel caso del nostro pianeta, tali studi vengono realizzati tramite osservazioni sia da terra (es. i radar ionosferici di SuperDARN), sia dallo spazio (es. missione Cluster).

La comprensione della formazione del nostro Sistema Solare e delle condizioni chimico-fisiche dei suoi pianeti serve anche per studiare la presenza di sistemi simili al nostro in altre stelle e le condizioni per lo sviluppo di vita extraterrestre. Gran parte delle indagini e dei risultati che attengono alla formazione del nostro sistema planetario sono condotte grazie a sonde interplanetarie, come Mars Express, Venus Express e Cassini. Queste missioni permettono un'analisi delle proprietà chimico-fisiche dei pianeti, in alcuni casi con missioni di contatto che realizzano un'analisi in situ della superficie del pianeta.

Uno dei punti cruciali è comprendere come si siano riusciti a formare i pianeti a partire dai protodischi di gas e polveri. L'esplorazione della fascia asteroidale è l'obiettivo della missione Dawn, che sta attualmente studiando l'asteroide Vesta per poi raggiungere Cerere nel 2015. Per questo tipo di studi è in fase di studio la missione Marco-Polo-R. Il ruolo di Giove nel determinare la formazione di strutture planetarie in quella zona del sistema solare sarà tra gli obiettivi della missione Juno, il cui arrivo su Giove è previsto per il 2016. La missione Bepi-Colombo estenderà per la prima volta questo studio su Mercurio (lancio nel 2014, arrivo nel 2020). Il suo studio è importante per definire e validare i modelli di formazione ed evoluzione dell'intero Sistema Solare. La ricerca di vita non-terrestre o, più in generale, delle condizioni di abitabilità di pianeti, vede come target primaria l'esplorazione di Marte, anche in preparazione di un volo umano su questo pianeta. I risultati ottenuti dalle sonde in operazione come Mars Express hanno consolidato questa priorità. Ci si aspetta un grande passo in avanti se proseguirà il programma ExoMars, che prevede anche un *lander*

attrezzato con un *driller* per analisi in situ di profondità. La ricerca sulle condizioni di abitabilità su altri corpi del Sistema Solare, come le lune interne di Giove, in particolare Ganimede, è previsto con la missione Juice, se approvata.

Grazie a missioni spaziali come Corot (con partecipazione ESA) e Kepler (NASA) a dicembre 2011 il numero di candidati come pianeti extrasolari era già superiore a 700. La maggior parte dei pianeti extrasolari finora scoperti sono pianeti giganti simili a Giove o Nettuno. Uno degli aspetti più interessanti della ricerca di pianeti extrasolari è rappresentato dalla ricerca di mondi in grado di ospitare una forma di vita extraterrestre. L'INAF è strategicamente coinvolto in questo tipo di ricerche attraverso la costruzione di uno spettrografo dedicato a questo tipo di analisi che sarà installato al telescopio Nazionale Galileo (TNG). Particolarmente difficile risulta l'osservazione diretta della debolissima luce dei pianeti all'interno del brillantissimo (un milione di volte più intenso) alone della stella centrale. Questa tecnica fa necessariamente ricorso all'Ottica Adattiva, una sofisticata tecnologia che permette ai telescopi di contrastare la turbolenza atmosferica e così aumenta significativamente la capacità di osservare oggetti luminosi sempre più vicini tra loro. Grazie ai notevoli sviluppi dell'ottica adattiva dovuti in misura rilevante alle capacità tecnologiche dell'industria italiana in collaborazione con l'INAF, ci si aspetta un notevole progresso nell'osservazione diretta dei pianeti extrasolari. In questo contesto l'INAF è uno dei partner principali nella costruzione di strumenti dedicati a tale scopo al VLT. L'INAF è anche responsabile del sistema di controllo dell'ottica adattiva del telescopio LBT, dal quale ci si aspettano risultati importanti in questo settore. L'obiettivo primario consiste nella caratterizzazione dei pianeti extraterrestri attraverso la misura delle loro proprietà fisiche ma soprattutto attraverso l'analisi delle composizioni chimiche della loro atmosfera che potrebbe rivelare tracce di attività biologica. Risulta strategica per questo tipo di tematica la partecipazione dell'INAF alla realizzazione di E-ELT da parte dell'ESO. Anche il satellite GAIA, attraverso misure astrometriche e fotometriche estremamente accurate, potrà incrementare notevolmente il numero di pianeti candidati soprattutto di tipo gioviano. Missioni in fase di studio quali PLATO e ECHO, qualora selezionate, potranno estendere la ricerca a pianeti di tipo terrestre.

#### *4.1.1.2 Come si sono formate la Via Lattea e le galassie del Gruppo Locale? Quali sono le leggi fisiche che definiscono il destino delle stelle?*

L'astrofisica stellare ha un ruolo chiave nella comprensione della storia della materia dal Big Bang fino alla definizione dell'Universo attuale in tutte le sue componenti. Così la puntuale e dettagliata conoscenza dei processi di evoluzione stellare e di nucleosintesi che sono avvenuti - e avvengono - nelle diverse generazioni stellari rappresentano un fondamentale ed insostituibile passo per capire l'evoluzione della materia nell'universo. Pur avendo un ampio bagaglio di recenti successi scientifici, la fisica delle stelle ha di fronte alcune sfide cruciali a fronte delle quali, l'INAF ha un solido e moderno know-how per mantenere e ampliare il suo tradizionale ruolo di leadership in questo settore della conoscenza astrofisica soprattutto in prospettiva delle innovazioni tecnologiche (es. ottica adattiva) e infrastrutturali (es. E-ELT, JWST) in divenire.

In tal senso, una tematica di punta riguarda lo studio delle abbondanze chimiche di vari elementi delle stelle della nostra Galassia che fornisce un eccezionale strumento 'astroarcheologico' in grado di svelare il quadro fisico e chimico della formazione ed evoluzione della Via Lattea e delle galassie del Gruppo Locale. Vari gruppi in Italia si occupano di evoluzione chimica sia da un punto di vista osservativo che modellistico sviluppando modelli raffinati di evoluzione chimica galattica, con un approccio rigoroso e multi-comprendivo che li ha portati ad un indiscusso primato internazionale.

Non meno importante è il ruolo cruciale degli studi di nucleosintesi stellare. La disponibilità di derivare

accurate previsioni teoriche relative alla composizione chimica del materiale espulso da stelle di masse differenti (SN, stelle di AGB, WR etc) è di fondamentale rilevanza per la comprensione dell'evoluzione chimica di svariati ambienti astrofisici, come, ad esempio, quelli estremamente poveri di metalli nell'alone o nelle galassie del gruppo locale (popolazione III), e gli ammassi globulari che presentano peculiari anomalie chimiche (popolazione II).

In questo quadro, i dati ottenuti dal satellite Gaia offriranno una 'fotografia' unica sulle dimensioni spaziali e sullo stato evolutivo e dinamico della nostra galassia fornendo un banco di prova ineguagliabile per verificare a un livello di precisione mai raggiunto la validità delle moderne previsioni teoriche sulla formazione della Via Lattea e dei sistemi stellari più vicini. Sempre dallo spazio il satellite Herschel, coprendo un intervallo dello spettro elettromagnetico che va dal lontano infrarosso al sub-millimetrico, sta fornendo osservazioni uniche per capire come le stelle si formano nella nostra e nelle altre galassie. Inoltre, Gaia avrà un impatto fondamentale nel derivare misure molto accurate dell'energia emessa da ciascuna stella per un campione enorme ( $> 10^7$ ) di stelle della galassia. Una sfida cruciale per verificare l'affidabilità e l'accuratezza dei modelli stellari di stelle di grande massa e di stelle in fasi evolutive molto veloci e brillanti di cui la nostra conoscenza è ben lungi dall'essere soddisfacente, pur giocando - tali predizioni teoriche - un ruolo critico nell'interpretare l'evoluzione chimica e fotometrica delle galassie remote.

Prima dei risultati di Gaia, i grandi progetti di 'surveys' - previsti ad esempio per VST - consentiranno di aprire un settore ancora inesplorato degli studi stellari sulla base della grande rilevanza statistica delle osservazioni a grande campo che forniscono dati accurati e precisi di milioni di stelle e di ampie regioni di spazio. Ad esempio, dal VST è attesa un'ingente mole di dati in grado consentire studi e analisi adeguati a comprendere la natura e la fisica dell'interazione tra la nostra galassia e le galassie vicine (es. il 'Magellanic Stream' e il 'Bridge' di stelle verso LMC).

Analogamente lo studio, con tecniche e metodi innovativi, degli indicatori di distanza stellari (ad esempio variabili, supernovae e fluttuazioni di brillantezza superficiale) sia dal punto di vista osservativo che teorico ha consentito di fornire un contributo unico al miglioramento della accuratezza e precisione della scala di distanze cosmologiche fornendo una visione più accurata e precisa delle dimensioni dalle galassie del Gruppo Locale (es. LMC) sino ad oltre 100 Mpc ed a porre vincoli cruciali ai parametri cosmologici (es. SN Ia). In questo quadro gli studi sulle stelle variabili sia teorici che osservativi sono cruciali e particolari sviluppi innovativi sono attesi nel vicino infrarosso. A queste lunghezze d'onda la relazione Periodo-Luminosità (ad es. per Cefeidi Classiche e RR Lyrae) ha una scarsa dipendenza dalla metallicità e diviene così uno strumento veramente potente e preciso per ricavare distanze e ottenere indicazioni sulla validità dei modelli pulsazionali, ad esempio sul trattamento della convezione negli involucri pulsanti.

Le specifiche competenze nell'analisi dei dati fotometrici e spettroscopici presenti nell'INAF hanno permesso di utilizzare agli estremi limiti delle loro possibilità tecnologiche alcune delle migliori strumentazioni osservative oggi disponibili. In questo modo, dai dati di HST, VLT, LBT e dei telescopi della classe dei 10 metri sono stati ottenuti progressi significativi nella conoscenza sia degli ammassi aperti e globulari galattici, sia di stelle individuali e del mezzo interstellare (nebulose planetarie e regioni HII) nella nostra Galassia e nelle galassie del Gruppo Locale. Grazie a questi progressi, è ora possibile ottenere e combinare informazioni importanti per classi di oggetti rappresentativi di diverse fasi evolutive e ricostruire su basi osservative le storie di formazione stellare ed arricchimento chimico delle galassie.

Negli ultimi anni un'enorme mole di dati osservativi ha dunque consentito di ottenere le abbondanze chimiche da spettroscopia ad alta risoluzione di un grande numero di stelle nell'alone, disco spesso, disco sottile e Bulge della nostra Galassia e delle galassie sferoidali nane nonché di ottenere diagrammi colore-magnitudine di galassie del Gruppo Locale e di poter così derivare la loro storia di formazione stellare. Diagrammi Colore-Magnitudine di ammassi globulari galattici ad altissima definizione, ottenuti sia con HST che col VLT hanno rivoluzionato la nostra comprensione degli ammassi globulari, rivelandone una nuova ed insospettata complessità.

#### *4.1.1.3 Cosa guida l'evoluzione dell'Universo e lo sviluppo di strutture al suo interno ? il ruolo della materia oscura e dell'energia oscura*

Lo studio dell'evoluzione dell'Universo a partire dal Big Bang è la problematica centrale non solo dell'astrofisica ma anche della fisica moderna e rappresenta uno sforzo multidisciplinare che coinvolge sia l'INAF come attore principale sia altre importanti realtà italiane come i Dipartimenti Universitari di fisica e astronomia e l'INFN.

Grazie alle ricerche condotte nell'ultimo decennio sappiamo che solo il 4.6% della massa/energia dell'Universo è formato da materia ordinaria e il rimanente 95.4% da una combinazione di materia oscura (cioè non costituita da particelle atomiche) ed energia oscura (un'energia misteriosa che si oppone alla gravità). La sfida formidabile che ci attende è cercare di comprendere la "nuova fisica" che sottende i risultati osservativi in questo campo.

Le osservazioni astronomiche a grande campo di vista, fino a includere l'intero cielo osservabile, costituiscono e costituiranno ancora nel prossimo decennio lo strumento principale per esplorare questa tematica. L'universo che osserviamo oggi su grande scala si è sviluppato a partire da piccole fluttuazioni di densità nella distribuzione primordiale di massa ed energia. Tali fluttuazioni sono registrate, per così dire, nelle fluttuazioni di intensità osservate in tutto il cielo nella radiazione cosmica di fondo nella banda delle microonde. La misura della distribuzione di tali fluttuazioni ci fornisce informazioni sulla presenza di materia oscura nel nostro Universo. Diverse missioni spaziali si sono succedute nel tempo per misurare con maggiore dettaglio tali fluttuazioni e nel corso del prossimo triennio ci aspettiamo risultati estremamente importanti dalle misure che stiamo ricevendo dal satellite Planck dell'agenzia spaziale europea. L'INAF, che ha contribuito in misura determinante allo sviluppo di Planck, è attualmente impegnato nell'analisi ed interpretazione teorica dei suoi dati. La continuazione naturale di queste ricerche è duplice: a grandi scale lo sviluppo di misure di polarizzazione CMB, attualmente perseguite, con il contributo di INAF, tramite esperimenti da terra e da pallone stratosferico, in vista di una futura missione spaziale ESA-NASA dedicata a studiare il processo inflazionario; a piccole scale le misure di effetto Sunyaev-Zeldovich in ammassi di galassie, essenziale per studiare gli ammassi più lontani e primordiali, che rappresentano anche insostituibili sonde cosmologiche.

L'Energia Oscura è stata introdotta per spiegare la scoperta sorprendente che l'universo recente sta accelerando la sua espansione. E' essenziale comprendere l'evoluzione temporale della geometria dell'Universo tramite, ad esempio, lo studio delle supernovae o degli ammassi di galassie. Anche il confronto tra le fluttuazioni primordiali e quelle che si possono derivare dalla distribuzione delle galassie su grande scala serve per caratterizzare l'azione dell'Energia Oscura. Lo studio della distribuzione di galassie su vasta scala nelle varie bande spettrali viene attualmente effettuato attraverso l'utilizzo dei migliori telescopi (per es. ESO-VLT e ESO-INAF-VST). INAF è coinvolto in programmi mirati a ottenere informazioni sulla Materia e sull'Energia Oscure tramite due grandi survey pubbliche dell'ESO con il telescopio VST. In un prossimo futuro la missione spaziale dell'ESA, Euclid, per la quale il contributo INAF/ASI è fondamentale, consentirà di ottenere un'informazione statistica molto più accurata della distribuzione di galassie e consentirà quindi una migliore comprensione delle proprietà dell'Energia e della Materia Oscura. Un contributo importante allo studio dell'energia oscura potrà arrivare nel futuro dal grande progetto SKA, qualora approvato.

Guidati da conoscenze astronomiche, da anni sono in corso complessi esperimenti fisici da parte dell'INFN in laboratori a grandi profondità nel tentativo di rivelare direttamente le ipotetiche particelle costituenti la materia oscura. Le scoperte astronomiche hanno quindi anticipato ed ora promuovono futuri sviluppi della stessa fisica fondamentale.

#### *4.1.1.4 Come si formano ed evolvono le strutture luminose dell'universo ? dalle prime stelle ai superammassi di galassie*

**Formazione.** L'universo luminoso è formato da stelle, galassie, ammassi di galassie, che sono costituiti da materia ordinaria, protoni, neutroni, elettroni. Le nostre osservazioni astronomiche riescono ad osservare le varie fasi evolutive del nostro Universo fino all'epoca in cui è stata emessa la radiazione cosmica di fondo corrispondente ad un'età dell'Universo di soli 400000 anni. Ad epoche antecedenti l'universo risulta completamente opaco alla radiazione luminosa. In "soli" 500 milioni di anni dall'epoca della radiazione cosmica di fondo si è passati da un Universo sostanzialmente omogeneo ad un Universo in cui si sono formati le prime stelle, galassie, buchi neri e quasars all'interno delle fluttuazioni di densità primordiali di materia oscura. Tuttavia ancora oggi non abbiamo una chiara evidenza osservativa che testimoni la presenza delle prime sorgenti luminose in questo periodo cruciale per la nascita delle strutture a noi familiari. Le prime testimonianze osservative degli oggetti più distanti ci dicono che ad un'età di circa 1 miliardo di anni o poco meno, il nostro Universo, dopo essersi rapidamente espanso, raffreddato e "oscurato", è stato rapidamente e completamente rionizzato dalle prime strutture nate in questo periodo oscuro, in grado di diffondere luce ionizzante. I modelli ci indicano che le prime stelle erano molto massicce, e che sono quindi evolute ed esplose rapidamente, iniettando i primi metalli nell'ambiente circostante e formando i primi buchi neri dell'Universo, gli embrioni dei buchi neri supermassicci presenti al centro delle galassie, inclusa la nostra. L'obiettivo principale che l'INAF continuerà a perseguire anche nel prossimo triennio consiste nell'utilizzare le migliori tecnologie e le migliori tecniche osservative per scoprire ed individuare sorgenti luminose ad epoche sempre più antecedenti. Un contributo fondamentale verrà da ALMA, VLT, LBT, SWIFT. Inoltre, per osservare le prime sorgenti all'epoca della rionizzazione l'INAF intende sostenere con decisione i più grandi progetti in corso di valutazione quali E-ELT, SKA o ATHENA. Nell'Universo locale, la ricerca e lo studio nell'alone della nostra Galassia delle stelle più antiche ci offrono uno strumento complementare, che necessita l'osservazione di miliardi di stelle, e che sarà reso possibile dalla missione spaziale Gaia. Sul fronte teorico l'INAF intende proseguire lo sviluppo numerico e analitico di simulazioni cosmologiche, migliorando in particolare il trattamento dei fenomeni di feedback. E' importante altresì continuare a sviluppare i modelli di evoluzione stellare, con una attenzione particolare alle fasi esplosive finali.

**Evoluzione.** Le galassie sono fatte di stelle che producono luce ed elementi chimici sintetizzati al loro interno. Quando le stelle muoiono restituiscono al mezzo interstellare materia arricchita in metalli che va a formare le stelle delle successive generazioni. Attraverso modelli che, tenendo conto della evoluzione e nucleosintesi stellare, di eventuali flussi di gas, del feedback energetico tra stelle e mezzo interstellare e tra buco nero centrale e galassia ospitante, si riescono a predire le abbondanze dei più comuni elementi chimici che vengono misurati nelle stelle e nel gas nelle galassie. Molte grandi surveys osservative presenti e future (RAVE, OGLE, APOGEE, HERMES, GES, LAMOST) saranno dedicate allo studio delle distanze, delle velocità radiali e delle abbondanze chimiche di milioni di stelle nella nostra galassia ed in quelle vicine. Grazie ai telescopi da terra e dallo spazio si studiano i processi di formazione stellare all'interno di grandi

complessi di nubi molecolari, immersi in ambienti opachi e ricchi di polveri, i processi di formazione dei sistemi planetari e quelli che si verificano durante tutta la vita e la morte delle stelle. I ricercatori dell'INAF sono fra i più quotati al mondo nello studio della formazione ed evoluzione stellare e dell'evoluzione delle galassie.

I metalli che vengono sintetizzati al centro delle stelle, e poi espulsi tramite le esplosioni di supernovae, formano venti galattici, arrivando ad influenzare l'evoluzione di strutture su scale di 12 ordini di grandezza maggiori. Al contempo, uno studio compiuto sull'evoluzione delle popolazioni stellari non può prescindere dalla conoscenza dell'ambiente in cui si formano ed evolvono, per esempio del contenuto del gas e dei metalli all'interno della galassia. Le supernovae rappresentano la fase finale della vita di molte stelle. Sia dal punto di vista teorico che osservativo, l'INAF è all'avanguardia nello studio delle SNe. Una delle grandi surveys spettroscopiche dell'ESO (PESTO) riguarda in gran parte le SNe. Tramite le SNe l'energia (feedback) e la materia delle stelle vengono restituiti al mezzo interstellare. Inoltre esse consentono di tracciare il diagramma di Hubble a grandi distanze cosmologiche. Le informazioni dedotte dalle SNe, insieme allo studio delle radiazioni di fondo a microonde, hanno confermato l'esistenza della Dark Energy.

La formazione ed evoluzione delle strutture dalle piccole (stelle) alle grandi scale (super-ammassi di galassie e filamenti cosmologici) sono regolate da una complessa interconnessione con scambi di energia e materia tra queste componenti barioniche. Gli enormi flussi di energia e materia prodotti da buchi neri massivi al centro delle galassie sono in grado di bloccare la formazione di nuove stelle e quindi di regolare il processo di formazione delle galassie. Lo studio della formazione stellare e della produzione dei metalli in funzione dell'epoca cosmica e il loro legame con la formazione ed evoluzione delle galassie verrà perseguito con il satellite Gaia e con i grandi telescopi ottici presenti e futuri quali HST e ELT per quanto riguarda le regioni non troppo oscurate da polvere, e in infrarosso vicino e lontano con il satellite HERSCHEL e con ALMA per le regioni molto oscurate.

#### *4.1.1.5 Quale è l'origine delle emissioni di energia estrema che popolano l'universo? dai buchi neri ai plasmi cosmologici*

**Fenomeni violenti e fisica estrema.** L'astrofisica offre prospettive uniche per studiare le leggi della fisica fondamentale ben oltre i regimi accessibili nei laboratori a terra. La materia in accrescimento su buchi neri si riscalda a temperature di milioni di gradi ed emette prevalentemente nei raggi X. Questa finestra osservativa ci permette quindi di "vedere" cosa avviene in vicinanza di queste singolarità dello spaziotempo della Relatività Generale, spingendo la nostra indagine a distanze non accessibili in altre lunghezze d'onda. Con misure di velocità e di variabilità temporale si può derivare la struttura di una stella di neutroni, riuscendo a comprendere se essa è formata da materia ordinaria (neutroni) o particelle più esotiche. La missione LOFT, se selezionata, darà un contributo fondamentale grazie agli studi di variabilità temporale. La formazione dei buchi neri è un'altra questione fondamentale che ha anche forti impatti cosmologici. Essa è connessa con la fine esplosiva di stelle massicce e può avvenire con modalità di energetica estrema e differenziata, come nel caso più eclatante dei lampi gamma e delle supernovae. Le osservazioni nei raggi X e gamma permettono di ricostruire il fenomeno. Questi oggetti sono anche tra i più poderosi acceleratori di particelle dell'universo e presumibilmente la sorgente principale dei raggi cosmici. Le facility di riferimento per INAF sono i satelliti per astronomia X come XMM, SWIFT o INTEGRAL e per il futuro il grande osservatorio ATHENA, se selezionato, in banda gamma le missioni AGILE e Fermi, e ad energie ancora più alte MAGIC oggi e il grande osservatorio per astronomia TeV da terra, il CTA, nel futuro,

se approvata la costruzione. Nella banda radio le infrastrutture di riferimento per oggetti compatti sono SRT e nel futuro SKA, se approvato.

**Accrescimento e getti relativistici: dai buchi neri alle galassie.** L'energia rilasciata da buchi neri al centro di una galassia in fase attiva (AGN) è enorme ed è in grado di modificare sostanzialmente la formazione e l'evoluzione della galassia in cui risiede e, su scale ancora più grandi, quella dell'ammasso di galassie ospite. Osserviamo, su scale di tempo cosmologico, una forte connessione tra l'energia totale emessa nell'Universo dai buchi neri e quella prodotta dalle stelle e sappiamo che in ogni galassia esiste un buco nero, in molti casi dormiente, pronto ad accendersi a seguito di flussi di gas e materia in accrescimento. Le modalità con cui tali buchi neri si accendono e la loro co-evoluzione con le galassie che li ospitano sono una delle questioni fondamentali della astrofisica e della cosmologia. Per risolvere questo problema sono essenziali misure sui flussi di materia ed energia espulsi a velocità relativistiche o misure del loro spin con le epoche cosmiche, che fornisce una indicazione della storia dell'accrescimento di materia. È fondamentale osservare i primi grandi buchi neri attivi nelle galassie e i loro progenitori, prodotti a seguito dell'esplosione delle prime popolazioni stellari formatesi. In questo campo, oltre alle facility di alta energia menzionate sopra, l'INAF si avvale di osservazioni ad altissima risoluzione spaziale nella banda radio con la rete VLBI.

**Formazione ed evoluzione del gas caldo su scale cosmologiche:** Mentre l'universo veniva rionizzato, la maggior parte dei barioni veniva riscaldata dalla radiazione stellare e dai flussi di energia prodotti dai buchi neri al centro dei quasar e dalle esplosioni di supernova, impendendone il collasso gravitazionale. Il 90% dei barioni dell'Universo risiede pertanto in strutture diffuse intergalattiche, la cui presenza viene per esempio rivelata in righe di assorbimento dell'idrogeno. Tuttavia, a  $z < 1$ , mancano all'appello circa la metà dei barioni. Le simulazioni cosmologiche ci suggeriscono che questi barioni, durante il processo di accrescimento sulla buca di potenziale della materia oscura, vengono riscaldati a temperature sempre più elevate, che raggiungono milioni di gradi per  $z < 1$ . In questo regime la maggior parte dei barioni dell'Universo locale formerebbe delle strutture cosmologiche filamentose che, viste le temperature, sono visibili solo nei raggi X, con osservazioni spettroscopiche. La componente meglio conosciuta di questi barioni è presente negli ammassi di galassie, in cui la fase calda di materia luminosa nei raggi X costituisce circa l'80% della massa di materia ordinaria costituente l'ammasso. Le misure attuali ci permettono di studiare gli ammassi luminosi, le loro proprietà fisiche e chimiche essenziali per legarne l'evoluzione alle scale più piccole (le galassie e le stelle che ne fanno parte) ed alle strutture di materia oscura, che li legano gravitazionalmente. La prossima sfida è quella di spingere queste misure verso l'epoca in cui si sono formati i primi ammassi di galassie, intorno a  $z=2-3$ . Oltre a comprenderne la formazione e l'evoluzione, queste misure permetteranno di utilizzare i cluster per misurare materia ed energia oscura nell'Universo, fornendo un indicatore complementare a quelli sopra descritti. Su queste tematiche la ricerca viene oggi effettuata con studi teorici e osservazioni con XMM e Chandra ma un grande passo avanti sarà possibile con ATHENA.

## 4.2 Le grandi infrastrutture di ricerca in funzione dalla Terra e dallo spazio

### 4.2.1 Terra

La strategia che l'INAF intende perseguire in questo contesto è garantire un adeguato supporto tecnico/scientifico ed economico alle grandi infrastrutture da terra europee e mondiali alle quali partecipa, per assicurarne una sempre più efficiente operatività a tutto vantaggio della comunità scientifica. Ciò avviene attraverso il sostegno alle proposte e ai progetti di sviluppo strumentale e tecnologico che saranno in grado di affrontare con maggiore efficacia le problematiche scientifiche fondamentali per l'INAF, coinvolgendo l'industria italiana ed europea in vari settori innovativi quali ad esempio l'optomeccanica e l'optoelettronica.

#### **Il telescopio VLT dell'ESO (fa parte del gruppo di finanziamenti premiali richiesti per il 2012)**

Il VLT è il maggior complesso di telescopi della classe degli 8 metri operante al mondo ed è gestito dallo European Southern Observatory (ESO), un Ente Europeo di cui anche l'Italia fa parte. VLT costituisce uno degli assi portanti della ricerca e partecipa in modo determinante alle attività scientifiche e tecnologiche dell'ESO, coinvolgendo oltre 200 ricercatori e tecnici. L'INAF ha già contribuito al VLT con Flames, X-Shooter, UVES e VIMOS, che sono tra gli strumenti maggiormente utilizzati dalla comunità scientifica europea. Nel prossimo triennio l'INAF parteciperà alla costruzione di due strumenti di seconda generazione, SPHERE e ESPRESSO, in grado di dare risposte importanti a quesiti come la ricerca di pianeti extrasolari di massa terrestre e la misura dei parametri cosmologici. Un ulteriore strumento attualmente in fase di studio che vede una significativa partecipazione italiana è MOONS che sarà in grado di fornire simultaneamente misure astrofisiche di circa un migliaio di sorgenti. *Il sostegno economico per un'incisiva partecipazione INAF alla costruzione di tali strumenti è oggetto di una richiesta di finanziamento 2011/2012 nell'ambito dei progetti premiali.*

#### **Il telescopio LBT (fa parte del gruppo di finanziamenti premiali richiesti per il 2012)**

Il Large Binocular Telescope (LBT) è tra i migliori telescopi ottici del mondo, in grado di scandagliare l'Universo vicino e lontano. Oltre ad essere dotato degli specchi monolitici più grandi mai realizzati, del diametro di 8.4m, dispone della più avanzata ottica adattiva e di una montatura binoculare che permette l'uso dei due specchi in modalità interferometrica. È il risultato di un'ampia collaborazione internazionale che ha tra i maggiori protagonisti l'INAF (25%), la rete di istituti tedeschi Max Planck (25%) e una rete di Università americane.

L'INAF gestisce un archivio nazionale e un centro di elaborazione dati (LBT Survey Center), che elabora tutti i dati raccolti da LBT e li distribuisce alla comunità scientifica, garantendo anche l'archiviazione permanente dei dati finali. LBT è anche un avanzatissimo laboratorio per lo sviluppo di tecnologie innovative. Sarà, per esempio, alla base di E-ELT, lo European Extremely Large Telescope, il supertelescopio europeo che sarà fondamentale per lo sviluppo europeo della industria optomeccanica ed elettronica italiana. *E' stata recentemente inoltrata una richiesta di finanziamento 2011/2012 per sensori di ottica adattiva nell'ambito dei progetti premiali.*

## **Il radio telescopio nazionale SRT e la rete VLBI**

La partecipazione italiana al progetto internazionale VLBI (e VLBI spaziale) nel campo della radioastronomia avviene con le antenne di Medicina e Noto. La rete VLBI è una rete paneuropea di radio telescopi in grado di fornire immagini interferometriche ad altissima risoluzione angolare. Nel corso del triennio 2012-2014 vi verrà incluso anche il Sardinia Radio Telescope (SRT). Esso sarà la più grande antenna radio italiana dedicata principalmente allo studio dell'emissione da parte di oggetti compatti relativistici, quali stelle di neutroni e nuclei galattici attivi. L'inserimento di SRT nella rete VLBI consentirà lo studio di immagini estremamente dettagliate di deboli galassie distanti ospitanti nuclei galattici attivi. Tuttavia l'interesse della ricerca in ambito VLBI verso lo studio della fisica della formazione stellare e dei sistemi planetari da un lato e della fisica relativistica dei getti di materia da buchi neri dall'altro richiede la ricezione radio a frequenze sempre più alte (40-80 GHz). A questo fine l'INAF intende adeguare le caratteristiche dei ricevitori e le prestazioni di trasmissione, anche mediante fibre ottiche, al fine di un più ottimale inserimento di SRT nella rete VLBI. Va menzionato in questo contesto che è stato recentemente effettuato il primo collegamento spaziale con un'antenna russa da 10m del progetto russo Radioastron al fine di produrre le prime misure interferometriche tra spazio e terra. Una volta completati tutti i test necessari sarà possibile iniziare l'attività scientifica già a partire dal 2012. *Il radiotelescopio SRT e le infrastrutture INAF partecipanti al VLBI sono stati oggetto recentemente di finanziamenti straordinari da parte del MIUR.*

## **Il telescopio VST (fa parte del gruppo di finanziamenti premiali richiesti per il 2012)**

Il VLT Survey Telescope (VST) è un telescopio di nuova tecnologia di 2,6 m di apertura realizzato dall'INAF per effettuare grandi mappature del cielo australe nell'ambito di una *joint venture* con l'ESO. Si tratta della più potente facility terrestre tra quelle dedicate alle survey ottiche di grandi aree del cielo. Di rilievo strategico è il contributo che VST potrà dare per preparare il terreno ai telescopi del futuro, e in particolare a EUCLID, il telescopio spaziale dell'ESA dedicato a studi cosmologici. Il flusso di dati prodotto da VST è valutabile nell'ordine di un centinaio di GByte per notte: un flusso imponente di dati che devono essere controllati, calibrati, analizzati e archiviati, spesso in tempo quasi reale. Per questo motivo è stato costituito un centro di analisi dati VSTLab con la funzione primaria di sostenere l'attività dei ricercatori INAF nell'ambito dei progetti scientifici già approvati. *Tale centro è oggetto di una richiesta di finanziamento 2011/2012 da parte dell'INAF nell'ambito dei progetti premiali.*

## **Il telescopio nazionale Galileo (TNG)**

Il Telescopio Nazionale Galileo è un telescopio di quattro metri di proprietà dell'INAF operante al Roque de los Muchacos nell'isola di La Palma (Canarie). Come tutti i telescopi medio-piccoli nell'era dei grandi telescopi, anche il TNG è stato sottoposto a analisi al fine di ottimizzarne l'uso con una strumentazione specializzata su specifici programmi scientifici altamente competitivi. In questo contesto si inserisce l'iniziativa dell'INAF che ha finalizzato un accordo internazionale con il consorzio europeo responsabile della costruzione di HARPS-N, uno spettrografo gemello rispetto a quello già operativo nell'emisfero sud presso l'ESO. L'accesso di tale strumento alla comunità italiana consentirà di mantenere un'alta competitività internazionale nell'ambito della ricerca dei pianeti extrasolari. Lo strumento verrà installato nel corso del 2012.

## **MAGIC**

L'astronomia gamma di altissima energia (Very High Energy, VHE), tra 0.1 e 10 TeV, ha raggiunto negli ultimi anni risultati eccezionali, con profonde e sorprendenti implicazioni sui modelli teorici e sui meccanismi di

emissione delle sorgenti osservate. I dati forniti dai telescopi Cherenkov di ultima generazione hanno infatti portato alla scoperta di nuove sorgenti e hanno rivelato un cielo ricco di sorprese. Nel 2010 è entrato in funzione il secondo Telescopio MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov telescope) di 17 m di diametro. Il contributo di INAF a MAGIC II è stata la fornitura di 104 pannelli di 1 mq ciascuno, che coprono la metà della superficie del telescopio. Grazie a questa fornitura regolata da un accordo internazionale, l'INAF è membro attivo della Collaborazione MAGIC. L'importanza strategica di MAGIC si manifesta in quanto precursore del grande progetto mondiale CTA al quale l'INAF intende partecipare. Per questo motivo il CTA è stato individuato come progetto bandiera dell'INAF (progetto ASTRI).

#### 4.2.2 Spazio

L'INAF ha un ruolo chiave nello sviluppo, gestione ed analisi dati di grandi progetti spaziali nazionali ed internazionali dedicati alle tematiche scientifiche illustrate in precedenza. I grandi progetti spaziali, dall'emissione dell'Announcement of Opportunity (AO), al lancio in orbita, alle fasi orbitali e all'utilizzo scientifico della missione, spesso hanno durata più che decennale. In questi termini, troviamo missioni che sono già operative da tempo, missioni ancora nelle prime fasi operative e missioni che si trovano nelle ultime fasi realizzative prima del lancio

**L'esplorazione del Sistema Solare** vede operative diverse missioni che stanno fornendo un contributo cruciale a due questioni fondamentali: la formazione del nostro sistema solare e le condizioni di abitabilità di pianeti. **Mars Express** dell'ESA e **MRO** della NASA studiano l'atmosfera, la superficie, il sottosuolo di Marte e la presenza di antichi oceani di acqua sul pianeta. Analogamente operano **Venus Express** su Venere e **Cassini** nel sistema di Saturno. Una decisione sulla estensione delle operazioni di ME e VE sarà presa da ESA quest'anno. **Dawn**, missione sugli asteroidi Vesta e Cerere (la missione ha raggiunto Vesta alla fine del 2011 e raggiungerà Cerere nel 2015) darà una informazione fondamentale nella caratterizzazione dei "mattoni" a partire dai quali si sono formati i pianeti terrestri. Le missioni planetarie già lanciate ma che devono ancora raggiungere i loro targets sono **Juno**, per la misura della struttura interna di Giove (arrivo previsto nel 2016) e **Rosetta**, il cui lander permetterà di effettuare misure in situ di una cometa nel 2014. Nello studio del nostro Sole gli scienziati italiani hanno partecipato alla realizzazione della strumentazione di **SOHO** e **Cluster** (estese fino al 2012) e partecipano all'analisi delle osservazioni ottenute sia da questi che dalle altre missioni solari in corso.

L'Hubble Space Telescope (**HST**), cui gli astrofisici italiani hanno accesso come membri di ESA, continua ad essere il telescopio spaziale *multi-purpose* di maggior successo scientifico. Il suo contributo è tuttora ineguagliato per studi fondamentali sulla **formazione di stelle e pianeti, identificazione di pianeti extrasolari, studio delle popolazioni stellari risolte e dell'evoluzione delle galassie vicine e lontane**. La risoluzione spaziale delle sue immagini e dei suoi spettri e la sua capacità unica di osservare nelle bande ultraviolette e del vicino infrarosso sono indispensabili per poter vedere sia gli oggetti più caldi e compatti che le galassie più prossime all'epoca di ionizzazione dell'universo e a studiare la composizione della materia barionica emersa dal Big Bang. Gli Italiani sono fra gli astrofisici che partecipano con maggior successo sia all'assegnazione del prezioso tempo di osservazione su HST sia all'uso dei suoi dati per scoperte rivoluzionarie.

**Herschel** è una missione cornerstone dell'ESA per osservazioni astronomiche tra 60 e 670  $\mu\text{m}$ , concepita per investigare molti dei problemi ancora aperti nella teoria della **formazione stellare e lo studio della**

**formazione ed evoluzione delle galassie** nell'Universo, con particolare riguardo alle galassie e nuclei galattici attivi la cui emissione è oscurata dalla polvere. Herschel è il telescopio più grande mai lanciato nello spazio e rappresenta la controparte dell'Hubble Space Telescope per gli oggetti oscurati. INAF ha fornito il software di controllo degli strumenti di piano focale, ricevendo una quota di tempo garantito dedicato a key projects. Scienziati dell'INAF partecipano con grande successo anche all'assegnazione competitiva di tempo di osservazione con Herschel.

**Planck** è la prima missione europea dedicata allo **studio della nascita dell'universo tramite la produzione di mappe ad alta risoluzione**. La missione è stata lanciata nel 2009. I primi risultati, divulgati solo in parte per la *policy* concordata dai Consorzi con ESA, consentono di verificare l'eccezionale potenzialità di Planck sia nel campo della cosmologia dei primi istanti dell'universo sia nell'astrofisica. INAF è PI di uno dei due strumenti, finanziato dall'ASI e che ha Thales Alenia Spazio Italia (TAS-I) come Prime Contractor. Il satellite ha funzionato ottimamente e ha prodotto più di 4 *survey* complete del cielo a tutte le frequenze. A gennaio 2012 si sono esauriti i liquidi criogenici per raffreddare l'High Frequency Instrument (HFI), ma un'estensione di 12 mesi è stata approvata da ESA con Planck operante con il solo strumento LFI.

**Lo studio dell'universo estremo** è perseguito tramite missioni con strumenti sensibili ai raggi X e gamma. L'Italia è tra i leader del settore. Scienziati italiani hanno creato e fatto crescere l'astrofisica delle alte energie, a partire dai fondatori Rossi, Occhialini e Giacconi. Le missioni **XMM**, **INTEGRAL** e **SWIFT** continuano ad accrescere la nostra comprensione delle sorgenti più violente dell'Universo, come i buchi neri, le esplosioni stellari e i lampi gamma che li generano. La rilevanza di queste osservazioni si estende all'Universo più lontano, come testimoniato dalle osservazioni dei lampi gamma, gli oggetti più distanti dell'Universo. **XMM**, missione cornerstone dell'ESA lanciata nel 1999 è, con Chandra della NASA, uno dei due grandi osservatori per astrofisica X oggi disponibili. **INTEGRAL**, missione medium size dell'ESA, si estende al regime dei raggi gamma molli. **SWIFT** è una medium size mission della NASA dedicata, sulla scia delle scoperte di BeppoSAX, allo studio dei lampi gamma a cui ha dato un contributo fondamentale l'Italia, sia a livello di strumentazione che di operazioni scientifiche. Queste missioni, grazie al loro successo, sono state prolungate ben oltre l'operatività prevista. Una decisione su un ulteriore prolungamento sarà presa quest'anno dall'ESA (per XMM e Integral) e dalla NASA (per SWIFT). Il contributo INAF alla strumentazione di queste missioni è stato cruciale per il loro successo e include l'elettronica per CCD, lo strumento a stato solido per imaging in raggi X duri e le ottiche focalizzanti per raggi X. Anche il livello del ritorno scientifico sui ricercatori italiani è il maggiore all'interno della comunità europea. Ad esempio su XMM circa il 20% delle osservazioni approvate sono con PI italiani e utilizzano la missione tra i 200 e i 300 scienziati italiani, in larga parte INAF. Gli scienziati italiani potranno anche avere accesso alle osservazioni uniche che effettuerà **nuSTAR** (NASA), ottenuta grazie alla partecipazione al sistema di analisi dati sviluppato da ASDC (progetto congiunto ASI-INAF per un centro dati per missioni spaziali) e la messa a disposizione della antenna di Malindi dell'ASI. Il lancio è previsto il 14 marzo di quest'anno.

Anche nella banda dei raggi gamma, continua il primato italiano nel settore con i satelliti AGILE e Fermi. Queste due missioni hanno aperto **una nuova finestra sulla origine dei fotoni di energie sopra il GeV e sugli straordinari acceleratori di particelle** che sono in funzione nell'Universo. **AGILE** è la prima delle piccole Missioni scientifiche, lanciata nel 2007, e realizzata interamente in Italia sotto l'egida ASI, e si basa sulla stretta collaborazione scientifica e tecnologica tra INAF, INFN e industrie nazionali. **Fermi** è una missione della NASA nell'ambito di una collaborazione internazionale a cui partecipa l'Italia. Lanciato nel 2008, lo strumento principale di Fermi utilizza, su scala più grande, la stessa tecnologia di strumento sviluppata per AGILE dagli istituti italiani.

Si affiancano a queste missioni spaziali, come precursori scientifici e tecnologici, esperimenti su pallone stratosferico.

### 4.3 Le grandi infrastrutture di ricerca in via di sviluppo a Terra e nello spazio

Le grandi infrastrutture e le missioni spaziali implicano un livello di competenze tecniche, scientifiche e di budget tali che per la loro realizzazione e utilizzo è diventato indispensabile il concorso di più nazioni, primariamente a livello europeo e in alcuni casi a livello mondiale. La vera domanda, dunque, non è quale progetto scegliere, ma se la ricerca e l'industria Italiana si possano permettere di uscire da un percorso internazionale di sviluppo che l'INAF ha contribuito a definire e che impegna l'industria nazionale in settori di alta tecnologia strettamente connessi tra loro.

#### 4.3.1 Terra

La strategia che l'INAF intende perseguire in questo contesto è inserirsi nei grandi progetti internazionali che fanno parte della *roadmap* di ASTRONET per la rete scientifica, e della *roadmap* di ESFRI per la rete di infrastrutture europee. Dopo aver contribuito alla definizione di tali percorsi, l'INAF ha inserito nel proprio piano a lungo termine i progetti selezionati a livello europeo, basandosi sulle priorità scientifiche e tecnologiche ritenute strategiche per l'Ente. Tra questi sicuramente la partecipazione italiana in ambito ESO alla costruzione dell'European Extremely Large Telescope (E-ELT) è strategica per la maggior parte della comunità astronomica italiana e potenzialmente in grado di garantire un significativo ritorno di commesse industriali. Anche il progetto mondiale CTA, inserito tra le priorità nella *roadmap* delle infrastrutture di scala intermedia e che rappresenta attualmente il progetto bandiera dell'INAF, sarà in grado di aprire una nuova finestra osservativa per la comprensione delle emissioni di altissima energia. Questo progetto in fase di studio preliminare sta già garantendo un primo importante impegno dell'industria italiana e dei laboratori dell'INAF. Infine, tra i più grandi progetti presenti nel panorama mondiale c'è SKA. Ancora in una fase di studio preliminare, questo ambizioso progetto rappresenta una sfida tecnologica formidabile in grado di creare per l'industria italiana un volano tecnologico in molti settori, incluso quello delle telecomunicazioni. Esso aprirà una nuova finestra osservativa per lo studio della formazione delle prime strutture cosmiche nell'universo primordiale.

#### **European – Extremely Large Telescope (E-ELT) dell'ESO (fa parte del gruppo di finanziamenti premiali richiesti per il 2012)**

E-ELT sarà il telescopio ottico/infrarosso più grande al mondo. Esso è indicato come progetto di più alta priorità fra le grandi infrastrutture europee (ESFRI) e prossimo alla definitiva approvazione da parte dell'ESO. E-ELT sarà collocato nel deserto delle Ande cilene, nel miglior sito astronomico del mondo, e darà all'Europa la *leadership* mondiale nel campo dell'astronomia ottica, grazie alle straordinarie prestazioni delle ottiche adattive, con profondità e risoluzione in grado di vedere dalle prime stelle e galassie formatesi dopo il Big Bang a pianeti di tipo terrestre e pianeti *abitabili* orbitanti intorno ad altre stelle, oltre che consentire la scoperta di fenomeni tuttora inimmaginabili. Il progetto finale per E-ELT prevede un telescopio di 39 m di apertura, in grado di fornire immagini alla massima risoluzione spaziale con una

definizione senza precedenti, applicabili a una grande varietà di programmi scientifici. *L'Italia è in grado di influire in maniera significativa sulle scelte tecnico-scientifiche di E-ELT e può quindi concorrere insieme con i maggiori partner alla definizione del futuro dell'astronomia ottica.* L'Italia infatti ha una comunità di valore internazionale sia sul fronte scientifico che tecnologico. In particolare sul fronte della tecnologia, abbiamo senza alcun dubbio la *leadership* nel campo dei sensori di fronte d'onda, degli specchi deformabili ad alta frequenza, nelle tecnologie di realizzazione e caratterizzazione degli specchi e quindi globalmente dell'ottica adattiva. La responsabilità primaria e l'esperienza acquisite dall'Italia nello sviluppo di ottiche adattive per LBT saranno sicuramente preziose per l'ulteriore sviluppo previsto per E-ELT. E' stata inoltrata una richiesta di finanziamento 2011/2012 nell'ambito dei progetti premiali per preparare la comunità scientifica e industriale italiana alle risposte ai futuri bandi previsti per il progetto. *Il progetto E-ELT dell'ESO è anche nella roadmap italiana delle infrastrutture per l'astronomia.*

### **Il progetto Square Kilometer Array (SKA) (progetto con finanziamento speciale del MIUR)**

L'Europa mira ad acquisire un ruolo di punta a livello mondiale attraverso un progetto di grande impatto scientifico: SKA, il più grande e potente radiotelescopio mai concepito, frutto di una collaborazione mondiale che si svilupperà nel corso dei prossimi dieci anni. SKA sta prendendo forma attraverso il finanziamento europeo di *design study* specifici (SKADS e PrepSKA) e attraverso *pathfinder telescope* attualmente in costruzione in Australia e Sud Africa, finalizzati alla definizione di una proposta di finanziamento per la sua costruzione. La comunità radioastronomica europea, e quella italiana in particolare, possono giocare un ruolo di primo piano nel progetto SKA sfruttando il know-how tecnologico e l'esperienza in interferometria a lunghissima base acquisita nel corso degli anni. SKA sarà in grado di misurare l'evoluzione della materia nell'universo primordiale, ancor prima della formazione delle primissime stelle, di verificare le leggi della fisica in condizioni estreme, come quelle che si stabiliscono nelle vicinanze di pulsar e buchi neri, e di studiare l'origine e l'evoluzione cosmologica dei campi magnetici nell'universo. Il particolare interesse italiano per SKA, sia scientifico che nel campo dell'innovazione tecnologica di interesse industriale, è sottolineato dal fatto che nel 2009 è stato firmato un MoU tra il Ministero della Innovazione e l'omologo ministero australiano per la collaborazione bilaterale sul progetto. L'interesse italiano per SKA è focalizzato anche in ambito ICT (*Information and Communication Technology*). Lo sviluppo della tecnologia informatica necessaria per gestire l'enorme flusso di dati previsto rappresenta un elemento di innovazione fondamentale dell'industria italiana per mantenere un'alta competitività. *Il progetto SKA è anche nella roadmap italiana delle infrastrutture per l'astronomia.*

### **Cherenkov Telescope Array (CTA) (progetto bandiera ASTRI)**

Il CTA è il progetto strategico selezionato nella roadmap scientifica di Astronet e infrastrutturale di ESFRI tra le infrastrutture di scala intermedia dedicato alla rilevazione di raggi gamma di origine cosmica di altissima energia che saranno fondamentali per lo studio della cosmologia e delle astro-particelle. Il CTA è un progetto modulare formato da decine di repliche di tre tipi di telescopi base mirati a coprire un amplissimo intervallo di energia dei raggi gamma (da circa 10 GeV a 200 TeV). Il progetto rappresenta il passaggio dalla generazione attuale di esperimenti singoli (MAGIC) ad un'unica grande infrastruttura scientifica di calibro mondiale ("osservatorio al TeV"). Lo scopo scientifico primario del progetto si colloca all'avanguardia della ricerca astrofisica. Osservazioni di raggi gamma di alta energia forniranno nuove importanti informazioni in vari campi dell'astrofisica dei processi non-termici nell'Universo e della fisica fondamentale, soprattutto in considerazione del fatto che il CTA sarà 10 volte più sensibile rispetto a MAGIC. Il consorzio mondiale include al momento 25 paesi e ha lo scopo di coordinare la fase preparatoria del progetto. La comunità europea ha già ricevuto un contributo finanziario in ambito FP7 per la fase preparatoria. L'INAF ha ricevuto

un finanziamento come progetto bandiera per lo sviluppo di tecnologie per la produzione su grande scala e a costi contenuti di specchi di geometrie diverse per le superfici riflettenti dei telescopi e per lo sviluppo di nuovi sensori ultra veloci al silicio. L'INAF infine costruirà un primo prototipo di telescopio di piccole dimensioni. Il coinvolgimento dell'industria italiana in questo studio preliminare finanziato dal MIUR ne aumenterà il know how nell'ambito dello sviluppo del progetto CTA. *Il progetto CTA è anche nella roadmap italiana delle infrastrutture.*

### **European Solar Telescope (EST)**

Il progetto EST (*European Solar Telescope*) prevede la realizzazione di un telescopio solare con un'apertura di 4 metri, caratterizzato da un disegno ottico e strumenti ottimizzati per misure spettropolarimetriche del Sole dal vicino UV al NIR. E' stato promosso dalla comunità astrofisica solare europea che ha dato vita a un'associazione formata da 15 stati membri. La fase dello studio concettuale finanziato nell'ambito dell'FP7 è stata completata. EST è bene inserito nella *roadmap* di ASTRONET, ma non lo è ancora in quella delle infrastrutture europee ESFRI. La valutazione finale è attesa per il 2014.

### **4.3.2 Spazio**

Come nel caso delle grandi infrastrutture a terra, le grandi infrastrutture per osservazioni dallo spazio sono pianificate, disegnate e realizzate a livello internazionale. Il riferimento in Europa è l'ESA e, a livello nazionale, l'ASI. Su queste grandi missioni, l'INAF ha la responsabilità della costruzione di strumentazione basata su tecnologie avanzatissime, che viene realizzata con l'industria nazionale e supportata dalla nostra Agenzia Spaziale. Il ruolo dell'INAF è quindi cruciale per garantire che i programmi obbligatori dell'ESA abbiano un ritorno scientifico (verso la comunità scientifica) e tecnologico (verso le nostre ditte). Delle grandi missioni spaziali strategiche per INAF, due sono in fase avanzata di completamento e vicine al lancio, GAIA e Bepi-Colombo. Le altre sono parte del programma dell'ESA Cosmic Vision 2015-2025, a partire da Euclid e Solar Orbiter. A queste si aggiunge il contributo a SPICA, missione nel lontano infrarosso dell'Agenzia Spaziale giapponese, selezionato nello stesso ambito dall'ESA ma che attende una decisione finale per il 2013. La prima missione large del programma Cosmic vision sarà selezionata entro la prima metà di quest'anno per un lancio nel 2022 tra tre missioni: ATHENA, Juice e NGO. Tra queste l'INAF ha un ruolo chiave in Athena e partecipa con strumenti su Juice. Le attività di fase B riguarderanno già il triennio 2012-2014. Per quanto concerne la terza missione di classe M (M3), sono state selezionate per uno studio di assessment 3 missioni di interesse INAF (ECHO, LOFT, Marco-Polo). A queste tre potrebbe aggiungersi, nella competizione per il passo seguente di *downselection*, che avverrà nella seconda metà del 2013, la missione PLATO, dove pure c'è un forte contributo INAF. La selezione finale sarà effettuata nella seconda metà del 2015. L'INAF è pronto a valutare l'opportunità di partecipare a eventuali futuri bandi dell'ESA per piccole e grandi missioni. Exomars è un altro programma dell'ESA di forte interesse INAF mirato alla analisi di campioni del suolo marziano, anche al fine della ricerca di possibile forme di vita extraterrestre. Questo programma è in fase di profonda revisione a seguito della recentissima decisione della NASA di riconsiderare il suo contributo a questo programma.

### **Le missioni vicine al lancio**

#### **GAIA**

Gaia è la missione del programma obbligatorio dell'ESA dedicata alla più grande e più fedele mappatura multidimensionale della Via Lattea durante i 5 anni previsti della sua vita operativa a partire dall'agosto 2013, data prevista per il lancio. Gaia è progettata per rivoluzionare le nostre conoscenze della Galassia

mediante una precisa e dettagliata survey stereoscopica del miliardo di oggetti più brillanti del cielo. L'astrometria ad alta precisione permetterà a Gaia di localizzare la posizione delle stelle nelle tre dimensioni e di misurarne il loro movimento sulla sfera celeste. Questo insieme di dati produrrà una mappa tridimensionale e dinamica della Via Lattea di ampiezza e precisione mai raggiunte prima e svelerà inoltre le proprietà fisiche di ciascuna stella, quali la luminosità, la gravità superficiale, la temperatura e la composizione chimica. Il costo della missione è completamente a carico del programma obbligatorio dell'ESA, ad eccezione del trattamento scientifico dei dati, a responsabilità del consorzio chiamato "Gaia Data Processing and Analysis Consortium" (DPAC), che raggruppa oltre 400 tra astronomi, scienziati ed ingegneri informatici da tutta Europa. La qualità dell'apporto Italiano in GAIA è stato decisivo fin dall'inizio nel 1993, con lo sviluppo scientifico della strumentazione astrometrica e spettrofotometrica e con l'impostazione della riduzione dati. Grazie all'impegno congiunto di ASI e INAF, oggi la partecipazione in Gaia (Gaia Italia) è una delle attività di punta di medio e lungo termine della comunità astronomica nazionale e, in ambito Europeo è seconda solo a quello Francese. L'Italia realizza anche uno dei sei centri di elaborazione dati dedicati alla missione, denominato DPCT (Data Processing Center), che avrà anche il compito di dare supporto alla comunità nazionale nello sfruttamento scientifico immediatamente dopo il rilascio del catalogo Gaia da parte di ESA, previsto dopo tre anni dalla fine della vita operativa del satellite.

### **Bepi-Colombo**

E' una delle missioni cornerstone dell'ESA il cui lancio è previsto per il 2015 e l'arrivo su Mercurio nel 2021. La missione studierà la geofisica, la geochimica e il campo magnetico e i plasmi di Mercurio e del Sole. INAF è direttamente coinvolto con una serie di strumenti con PIs e Co-PIs. In particolare: 1) lo strumento SIMBIOSYS è una suite che raccoglie una camera ad alta risoluzione HRIC, una stereo camera STC ed una camera iperspettrale VIHI; 2) lo strumento SERENA, una suite che raccoglie quattro diversi sensori e si prefigge di analizzare gli atomi neutri e gli ioni presenti nella esosfera ermaniana; 3) lo strumento ISA è un accelerometro per ricerche di fisica fondamentale nel campo gravitazionale di Mercurio. Ci sono inoltre partecipazioni INAF ad altri strumenti con attività di calibrazione, modellistica e di supporto scientifico. La consegna dei *flight model* è prevista per l'inizio del 2013.

### **Le missioni in preparazione:**

#### **Solar Orbiter**

Solar Orbiter è una missione M selezionata da ESA per un lancio nel 2017. Il satellite si collocherà in vicinanza del Sole a meno di 60 raggi solari per parte della sua orbita in una condizione di quasi co-rotazione con il Sole. Questa situazione permetterà di misurare il plasma del vento solare ed il campo magnetico da esso trasportato con strumenti in-situ ed allo stesso tempo di osservare le sorgenti solari che hanno generato il vento stesso. La missione fornisce un'opportunità senza precedenti per scoprire il legame fisico esistente tra il trasporto verso l'esterno dell'energia solare, le sue manifestazioni nei fenomeni di convezione solare, le variazioni dei campi magnetici coronali, nonché le sorgenti ed i meccanismi di accelerazione e riscaldamento del vento solare stesso. INAF è coinvolto a livello di PI-ship nella realizzazione di strumentazione per coronografia e spettrometria nell'UV, XUV e VL, e a livello di Co-PI-ship nella realizzazione della suite di plasma per le misure in-situ del vento solare.

## Euclid

Euclid è la missione ESA dedicata allo studio di aspetti fondamentali della cosmologia moderna: Energia Oscura, Materia Oscura e possibili deviazioni dalla teoria della Relatività Generale. Euclid, collocata dal SSAC al primo posto per validità scientifica, è stata selezionata nel 2011 come missione di classe M il cui lancio è previsto nel 2019. Euclid è un satellite che effettuerà una *survey* della quasi totalità del cielo extragalattico (l'obiettivo è di coprire 15,000 gradi quadrati). Grazie all'immensa mole di dati raccolti, ci sarà una notevolissima ricaduta su molti campi dell'astrofisica. Il *payload* scientifico e gran parte dell'analisi dei dati a terra saranno a cura di un consorzio europeo, l'Euclid Consortium. La comunità italiana ha un ruolo di primo piano, con cruciali responsabilità: due membri sono presenti nel *Board* del consorzio e nello *Science Team* guidato da ESA. A questi si aggiungono le posizioni di *mission survey scientist*, uno dei responsabili della stesura dei *requirements* scientifici e i co-leader di molti dei gruppi di lavoro scientifico; la responsabilità di coordinare l'intero *Ground Segment* è italiana, come la responsabilità di definire e organizzare parti cruciali della riduzione dati sia di *imaging* che spettroscopici. Nel progetto sono coinvolte centinaia di scienziati appartenenti a molte strutture INAF e università italiane.

### Le missioni in fase avanzata di selezione:

#### Large Missions

##### ATHENA

La missione ATHENA è una missione *large* dell'ESA in via di selezione competitiva nella prima metà di quest'anno per un lancio nel 2022 e per una vita operativa di 5 anni estendibile a 10. ATHENA permetterà di rispondere a domande fondamentali sulla nascita ed evoluzione di strutture cosmiche e sugli oggetti più estremi e caldi dell'universo, grazie ad osservazioni di caratteristiche uniche in raggi X. ATHENA rappresenta il grande osservatorio per astronomia X per l'intera comunità astronomica europea ed internazionale. Ricercatori INAF rivestono un ruolo chiave in tutti i boards di missione. La strumentazione scientifica si basa su due telescopi gemelli per raggi X di grande area, di responsabilità ESA, e due strumenti di piano focale. Lo strumento principale, grazie alla elevatissima risoluzione spettrale e capacità di *imaging*, è in sostanza il primo *integral field spectrometer* mai realizzato nella banda dei raggi X, con prestazioni da 50 a 100 volte migliore di qualsiasi strumento finora realizzato o in corso di realizzazione. L'INAF è uno dei membri fondanti del consorzio di strumento ed è CoPI. Ulteriori e più limitati contributi sulla calibrazione delle ottiche e sul Science Operation Center e Data Center (anche tramite l'ASDC) saranno definiti nella prossima fase.

##### JUICE

JUICE è una *large mission* dell'ESA in via di selezione competitiva per un lancio nel 2022, con arrivo al sistema di Giove nel 2029 e di durata operativa di 3 anni. L'Europa si propone per la prima volta in un ruolo di leader nell'esplorazione di un pianeta del Sistema solare esterno e delle sue lune. L'obiettivo primario è studiare le condizioni potenzialmente adatte allo sviluppo di elementari forme di vita (*abitabilità*) in ambienti ostili ed estremi come i sottosuoli ghiacciati di Europa, Ganimede e Callisto. JUICE entrerà in orbita intorno a Ganimede ed effettuerà alcuni fly-by su Europa e Callisto. Fra gli strumenti in studio, di cui vari a guida italiana con significativa partecipazione INAF, uno spettrometro ed una suite di camere con l'obiettivo di effettuare la copertura globale dei satelliti gioviani e lo studio del loro ambiente.

## Medium Missions

Le missioni ESA LOFT, Echo e Marco Polo-R, con attiva partecipazione INAF, sono state selezionate per studi di fase A per il lancio di una missione nel 2020. **LOFT** è un satellite per studiare le condizioni estreme e la variabilità delle sorgenti X compatte. **Echo** ha come scopo lo studio delle atmosfere di pianeti extrasolari, inclusi quelli della fascia di abitabilità. **Marco Polo-R** ha l'obiettivo di riportare a terra campioni prelevati dalla superficie di un asteroide.

### Profilo di costi da finanziare per le grandi infrastrutture a terra

Il profilo di spesa elencato per il progetti è coerente con quello richiesto nell'ambito dei progetti premiali e speciali ed è relativo all'impegno previsto dall'INAF nei vari progetti.

	Fondi 2012 (M€)	Fondi 2013 (M€)	Fondi 2014 (M€)
<b>TNG (Harps)</b>	0.4	0.2	0.2
<b>TNG (gestione)</b>	2.5	2.5	2.5
<b>LBT*</b>	3.3	3.9	3.4
<b>VST*</b>	1.3	1.2	1.0
<b>VLT*</b>	3.0	3.0	2.1
<b>EELT* (strumentazione avanzata)</b>	3.9	3.7	3.6
<b>EELT (finanziamento straordinario)</b>	5.6	6.0	7.0
<b>CTA/ASTRI (progetto bandiera)</b>	3.0	3.0	5.0
<b>SRT/VLBI (finanziamento straordinario)</b>	5.0	5.0	5.0
<b>SKA (finanziamento straordinario)</b>	1.0	3.0	5.0
<b>TOTALE</b>	<b>29.0</b>	<b>31.5</b>	<b>34.8</b>

\* progetto premiale richiesto

## Profilo di costi da finanziare per le grandi infrastrutture nello spazio

I progetti spaziali rappresentano una delle attività principali di INAF. Per quanto concerne quelli attualmente in corso a cui l'INAF partecipa, i finanziamenti provengono in massima parte da contratti e accordi stipulati con l'ASI. Il fabbisogno complessivo ammonta a circa 17 milioni di € per anno, ed è in crescita a seguito della recente approvazione da parte di ESA di nuove missioni per la fase di implementazione. Tale cifra risulta coerente con quanto già prevede la Convenzione Quadro ASI-INAF, firmata nel 2007, di durata quinquennale e rinnovabile. La tabella seguente riassume il fabbisogno stimato per le attività INAF.

	Fondi 2012 (M€)	Fondi 2013 (M€)	Fondi 2014 (M€)
<b>Missioni operative e in fase di realizzazione</b>	14.0	14.0	14.0

Le tabelle di cui sopra rappresentano l'attività dell'INAF per quanto concerne soprattutto le infrastrutture, mentre l'attività di ricerca di base dell'INAF viene finanziata attraverso il FOE. Questo finanziamento risulta purtroppo non congruo rispetto alle necessità. Pertanto, per mantenere il livello di eccellenza dimostrato sopra (vedi capitolo 3), è importante portarlo dagli attuali 1,5 milioni ad almeno 3 milioni di €

	Fondi 2012 (M€)	Fondi 2013 (M€)	Fondi 2014 (M€)
<b>Ricerca di base</b>	1.5	2.7	2.7

## 5 Il piano per le strategie e i mezzi

### 5.1 Piano di sviluppo tecnologico e dei rapporti con l'industria nazionale, europea e mondiale

La ricerca astronomica non ha di per sé finalità applicative immediate ma, come per altri settori della ricerca fondamentale, richiede e promuove soluzioni tecnologiche sempre più raffinate. Basti pensare, a titolo di esempio, che gli astronomi hanno cominciato ad usare rivelatori ottici a CCD (Charge Coupled Device) una ventina d'anni prima che diventassero di uso comune nelle nostre macchine fotografiche, sicché l'alto standard tecnologico necessario per le osservazioni astronomiche ha stimolato in modo determinante lo sviluppo di sistemi sempre più economici e performanti. Anche i rivelatori per raggi X in dotazione negli aeroporti per i controlli di sicurezza si basano su tecnologie sviluppate per le osservazioni astronomiche da satellite e gli sviluppi dei nuovi strumenti trovano applicazioni per diagnostica di materiali anche biologici a bassissima invasività. La realizzazione di specchi per astronomia in raggi X tramite elettroformatura di Nichel (sviluppata presso Istituti INAF) ha trovato un importante *spin-off* nelle applicazioni nano-litografiche, per la produzione dei microprocessori di prossima generazione.

Possibili applicazioni pratiche in altri settori delle attività umane non sono quasi mai immaginabili a priori, ma l'inventiva umana quasi mai tarda a trovarne. Per questo motivo INAF si è dotata di un Servizio di Innovazione Tecnologica (SIT) che, in pochi anni, ha permesso il deposito di diversi brevetti e lo *start-up* di alcune nuove industrie che sfrutteranno le tecnologie sviluppate nell'ambito dell'Ente. Esiste pertanto un nesso indissolubile fra ricerca pura e innovazione tecnologica. In questo contesto generale la ricerca astronomica, da terra e dallo spazio, ha assunto un ruolo sempre crescente nel quadro della ricerca scientifica a livello mondiale. La costruzione di grandi telescopi ottici e radio, e il lancio di satelliti per astronomia in raggi gamma e raggi X, così come pure nelle bande ottiche e infrarosse, descritte nelle precedenti sezioni hanno comportato e comporteranno importanti ricadute industriali specialmente per i settori optomeccanico di grande precisione, aerospaziale, elettronico ed optoelettronico.

In questo quadro, la partecipazione ai grandi progetti astronomici internazionali è stata accompagnata dal ritorno di importanti commesse per l'industria italiana. In questo scenario, l'INAF supporta la competitività delle imprese nazionali nel "mercato" mondiale dell'astronomia, agendo da *trait d'union* fra le frontiere tecnologiche generate dai grandi progetti internazionali e l'industria italiana. I settori tecnologici più avanzati su cui l'INAF ha impegnato le ditte italiane e europee includono la sensoristica dal radio ai raggi gamma, ottiche di precisione e adattive, elettronica e sensori criogenici, meccanica di precisione, controllo remoto di strumentazione, gestione e controllo satelliti, reti e archivi dati. Le industrie maggiormente coinvolte includono Thales Alenia Space, Gavazzi, Selex-Galileo, Kaiser Italia, MEdiolario, Telespazio, Ansaldo, EIE, Tomelleri, Microgate.

A questo scopo è stato implementato un apposito Programma di Politiche Industriali che vede l'Istituto promotore di quelle sinergie di sistema con il tessuto produttivo nazionale indispensabili per massimizzare i ritorni industriali a fronte degli investimenti nazionali nel settore, a cui il nostro Paese è chiamato a contribuire.

## 5.2 La presenza nelle strutture europee, internazionali e nazionali

L'INAF è presente nelle due principali istituzioni europee per la pianificazione e attuazione della ricerca da terra e dallo spazio, l'ESO e l'ESA. In particolare la presenza dell'INAF è articolata sia in organismi scientifici volti in particolare alla definizione e selezione di programmi di ricerca che in commissioni programmatiche che valutano la realizzabilità dei diversi progetti anche in ambito tecnologico e finanziario.

L'INAF è anche presente in consorzi finalizzati alla gestione di infrastrutture osservative in territori internazionali, quali LBT, TNG, VLBI e MAGIC. In tutte queste strutture l'INAF fornisce un contributo finanziario, gestionale e tecnologico per garantire una piena operatività.

Le altre infrastrutture da terra e da spazio sono spesso parte di collaborazioni internazionali. In più, a livello scientifico e tecnologico, esistono numerose collaborazioni da parte di gruppi di ricerca nelle varie strutture dell'INAF, con vari partners internazionali, ed elencati nella seguente tabella.

Stato	Osservatori												IASF				IFSI			IRA	TN G
	F I	B O	M I	CA	N A	CT	PD	PA	R M	TE	T O	TS	B O	MI	PA	R M	R M	T O			
Francia	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
Germania	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
UK	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x
Spagna	x	x	x		x	x	x			x		x	x	x	x	x				x	x
Olanda		x	x	x	x		x	x			x	x	x	x		x				x	
Belgio		x				x								x		x				x	x
Danimarca			x			x		x				x				x					x
Svizzera	x	x			x		x	x				x	x	x				x			
Austria				x														x			
Irlanda	x																				
Portogallo	x											x	x		x						
Grecia	x																				
Turchia						x															
Israele																x	x	x			
Russia				x		x	x		x	x							x	x	x	x	
Polonia						x									x		x	x			
Finlandia														x			x	x			
Norvegia														x	x						
Svezia						x												x		x	x
Rep. Ceca	x													x							
Slovacchia						x								x							
Ungheria																					
Slovenia								x													
Bulgaria						x															
Giappone			x				x	x	x					x		x	x				
India						x								x							
Cina			x			x		x			x				x						x
USA	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
Canada		x			x									x							
Australia		x		x	x	x	x							x			x				x
Argentina		x									x						x				
Cile		x										x	x				x				
Romania														x	x						
Brasile																	x				
Messico		x										x									

Tutti i progetti in ambito ASTRONET e ESFRI già menzionati nei precedenti capitoli sono finanziati da fondi comunitari o direttamente tramite per esempio fondi FP7 o indirettamente da ESA per la realizzazione delle missioni spaziali. L'INAF riceve anche finanziamenti assegnati su base competitiva ai propri ricercatori, nell'ambito dei programmi PEOPLE e IDEAS dello European Research Council.

Il numero complessivo di ricercatori appartenenti ad Università o ad altri Enti e associati ad INAF è di circa 450 unità. Astronomi ed astrofisici sono presenti in molte Università. In particolare vi sono Dipartimenti di Astronomia nelle Università di Bologna e Padova. Gruppi di ricerca in astrofisica sono presenti anche in diversi Dipartimenti di Fisica, fra cui Torino, Milano, Milano Bicocca, Como-Insubria, Pavia, Trieste, Trieste-SISSA, Ferrara, Firenze, Pisa, Scuola Normale Superiore di Pisa, Cagliari, L'Aquila, Pescara, Roma La Sapienza e Roma Tor Vergata, Roma-3, Napoli Federico II e Napoli Partenope, Lecce, Cosenza, Catania e Palermo. Inoltre INAF collabora alla formazione di nuovi ricercatori, coadiuvando le Istituzioni universitarie nei corsi di laurea e di dottorato e nella supervisione di tesi di ricerca. In diversi casi i rapporti di collaborazione e scambio tra INAF e Università sono regolati da apposite convenzioni, nell'ambito di accordo quadro con la

CRUI tutt'ora in vigore. Il personale scientifico universitario ha accesso alle infrastrutture supportate da INAF alla stessa stregua del personale dell'Istituto stesso.

Risulta strategico per l'INAF e per l'ASI implementare con maggiore efficacia l'accordo quadro e la collaborazione per la definizione e la realizzazione di progetti spaziali, in particolare all'interno del programma ESA. Numerose sono anche le iniziative comuni già in essere per lo sfruttamento scientifico e la pubblicazione dei risultati dei programmi spaziali congiunti. Da alcuni anni i rapporti tra i due Enti sono regolati da un'apposita convenzione quadro. Il coordinamento delle rispettive attività nei settori di reciproco interesse, è assicurato da un Comitato permanente paritetico di raccordo. Vi è inoltre un'importante partecipazione dell'INAF al Centro dei Dati Scientifici dell'ASI (ASDC). La sinergia INAF-ASI rappresenta un importante fattore propulsivo per l'industria aerospaziale italiana.

Ricercatori con *background* e interessi astrofisici sono presenti in altri Enti di ricerca, e in particolare nell'INFN, il più vicino all'INAF per tematiche e interessi scientifici. La Commissione Scientifica Nazionale 2 dell'INFN è dedicata alla fisica delle astro-particelle, che include la fisica dei raggi gamma, dei raggi cosmici, dei neutrini e lo studio delle onde gravitazionali. Alcuni progetti spaziali per lo studio delle sorgenti cosmiche di raggi gamma, quali le missioni spaziali Fermi e Agile, e il telescopio Cherenkov MAGIC, hanno una chiara valenza astrofisica e sono in essere collaborazioni per lo sviluppo di strumentazione nell'ambito dei progetti strategici menzionati nel presente piano. Collaborazioni a livello di istituti per l'implementazione di tecnologia avanzata alla strumentazione astrofisica sono in corso con istituti del CNR.

## 6 Risorse umane necessarie per la realizzazione delle attività

La dotazione organica dell'Ente, così come rideterminata con Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 22/11 del 24 marzo 2011, è la seguente:

Qualifica	Livello	Posti in dotazioni organica
DIRIGENTE DI RICERCA	I	41
PRIMO RICERCATORE	II	100
RICERCATORE	III	190
<b>TOTALE RICERCATORI</b>		<b>331</b>
DIRIGENTE TECNOLOGICO	I	9
PRIMO TECNOLOGO	II	26
TECNOLOGO	III	127
<b>TOTALE TECNOLOGI</b>		<b>162</b>
ASTRONOMO ORDINARIO		28
ASTRONOMO ASSOCIATO		70

Qualifica	Livello	Posti in dotazioni organica
RICERCATORE ASTRONOMO		140
<b>TOTALE PERSONALE ASTRONOMO</b>		<b>238</b>
COLLABORATORE TECNICO E.R.	IV	155
COLLABORATORE TECNICO E.R.	V	58
COLLABORATORE TECNICO E.R.	VI	44
<b>TOTALE COLLABORATORI TECNICI E.R.</b>		<b>257</b>
OPERATORE TECNICO	VI	65
OPERATORE TECNICO	VII	13
OPERATORE TECNICO	VIII	9
<b>TOTALE OPERATORI TECNICI</b>		<b>87</b>
DIRIGENTE AMMINISTRATIVO II FASCIA		3
<b>TOTALE DIRIGENTI</b>		<b>3</b>
FUNZIONARIO DI AMMINISTRAZIONE	IV	31
FUNZIONARIO DI AMMINISTRAZIONE	V	19
<b>TOTALE FUNZIONARI DI AMMINISTRAZIONE</b>		<b>50</b>
COLLABORATORE DI AMMINISTRAZIONE	V	70
COLLABORATORE DI AMMINISTRAZIONE	VI	16
COLLABORATORE DI AMMINISTRAZIONE	VII	23
<b>TOTALE COLLABORATORI DI AMMINISTRAZIONE</b>		<b>109</b>
OPERATORE DI AMMINISTRAZIONE	VII	16
OPERATORE DI AMMINISTRAZIONE	VIII	5
<b>TOTALE OPERATORI DI AMMINISTRAZIONE</b>		<b>21</b>
R.E. ex ctg. EP		7
<b>TOTALE</b>		<b>1265</b>

La dotazione organica è tuttora caratterizzata dalla presenza di posti relativi al personale appartenente alle qualifiche del comparto Università, ovvero personale di categoria EP (ad esaurimento), e di personale di ricerca in regime di diritto pubblico che continua ad essere inquadrato nella qualifica di astronomo, non avendo esercitato il diritto di opzione per l'equiparazione nei profili del comparto Ricerca.

Al riguardo, si evidenzia che l'INAF, in quanto Ente di Ricerca, è escluso dall'applicazione delle disposizioni di cui all'art. 1, comma 3, del Decreto Legge 13 agosto 2011, n. 138, convertito dalla Legge 14 settembre 2011, n. 148, che prevedono ulteriori misure di razionalizzazione e contenimento dei costi delle pubbliche amministrazioni disponendo la rideterminazione delle dotazioni organiche del personale non dirigenziale tramite la riduzione, non inferiore al 10 per cento, della spesa complessiva relativa al numero dei posti di organico di tale personale. Per quanto concerne la riduzione degli uffici dirigenziali di livello non generale e delle relative dotazioni organiche, in misura non inferiore al 10 per cento, da apportarsi entro il 31 marzo 2012, ai sensi di quanto previsto dal medesimo art. 1, comma 3, del Decreto Legge n. 138/2011, convertito dalla Legge n. 148/2011, si rappresenta che la prescritta riduzione percentuale, applicata su tre posti attualmente presenti in dotazione organica, risulta inferiore all'unità e produrrebbe, quindi, risultati non significativi. Pertanto, come peraltro evidenziato anche dal Dipartimento della Funzione Pubblica con nota prot. n. 0032708 del 27 maggio 2011, l'Ente non dovrà procedere ad ulteriori tagli delle dotazioni organiche del personale.

Al riguardo, si rappresenta che l'INAF ha, comunque, già proceduto nel 2008 al taglio di un posto della dotazione organica del personale dirigenziale non generale, sui quattro originariamente previsti, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 74, comma 1, lettera a), del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito, con modificazioni, dalla Legge 6 agosto 2008, n. 133, con un significativo risparmio percentuale di spesa pari al 25%, a fronte del 15% previsto dal suddetto art. 74, comma 1, lettera a), del Decreto Legge n. 112/2008. In tal modo, l'Ente ha realizzato una riduzione della spesa complessiva relativa al numero dei posti in organico del personale dirigenziale di livello non generale maggiore rispetto a quella prescritta.

## 6.1 Personale in servizio al 31/12/2011

### 6.1.1 Personale a tempo indeterminato

Il personale a tempo indeterminato, in servizio al 31/12/2011, risulta pari ad n.1004 unità, così ripartite:

Qualifica	Livello	Personale in servizio alla data del 31-12-2011
DIRIGENTE DI RICERCA	I	15
PRIMO RICERCATORE	II	63
RICERCATORE	III	148
<b>TOTALE RICERCATORI</b>		<b>226</b>
DIRIGENTE TECNOLOGO	I	3
PRIMO TECNOLOGO	II	14
TECNOLOGO	III	104
<b>TOTALE TECNOLOGI</b>		<b>121</b>
ASTRONOMO ORDINARIO		26
ASTRONOMO ASSOCIATO		68
RICERCATORE ASTRONOMO		138
<b>TOTALE PERSONALE ASTRONOMO</b>		<b>232</b>
COLLABORATORE TECNICO E.R.	IV	134
COLLABORATORE TECNICO E.R.	V	44
COLLABORATORE TECNICO E.R.	VI	27
<b>TOTALE COLLABORATORI TECNICI E.R.</b>		<b>205</b>
OPERATORE TECNICO	VI	58
OPERATORE TECNICO	VII	11
OPERATORE TECNICO	VIII	6
<b>TOTALE OPERATORI TECNICI</b>		<b>75</b>
DIRIGENTE		0
<b>TOTALE DIRIGENTI</b>		<b>0</b>
<b>DIRETTORE DI DIVISIONE</b>		<b>0</b>
FUNZIONARIO DI AMMINISTRAZIONE	IV	27
FUNZIONARIO DI AMMINISTRAZIONE	V	12
<b>TOTALE FUNZIONARI DI AMMINISTRAZIONE</b>		<b>39</b>
COLLABORATORE DI AMMINISTRAZIONE	V	57
COLLABORATORE DI AMMINISTRAZIONE	VI	12

Qualifica	Livello	Personale in servizio alla data del 31-12-2011
COLLABORATORE DI AMMINISTRAZIONE	VII	14
<b>TOTALE COLLABORATORI DI AMMINISTRAZIONE</b>		<b>83</b>
OPERATORE DI AMMINISTRAZIONE	VII	14
OPERATORE DI AMMINISTRAZIONE	VIII	4
<b>TOTALE OPERATORI DI AMMINISTRAZIONE</b>		<b>18</b>
R.E. ex ctg. EP		5
<b>TOTALE</b>		<b>1004</b>

### 6.1.2 Personale a tempo determinato

Al 31/12/2011 risultano in servizio con contratto di lavoro subordinato a tempo determinato n. 84 unità di personale, come evidenziato nella tabella seguente:

<i>PROFILO E LIVELLO</i>	<i>Unità in servizio</i>
Primo Ricercatore – II livello	1
Ricercatore – III livello	44
Dirigente Tecnologo – I livello	1
Tecnologo – III livello	24
<b>Totale</b>	<b>70</b>
<i>PROFILO E LIVELLO</i>	<i>Unità in servizio</i>
CTER – VI livello	10
Collaboratore di amministrazione – VII livello	3
Operatore di tecnico – VIII livello	1
<b>Totale</b>	<b>14</b>

### 6.1.3 Personale associato per la ricerca

Per il raggiungimento dei propri fini istituzionali, l'INAF si avvale anche di personale delle università o di altri enti pubblici e privati, nazionali ed internazionali, nonché proveniente dal mondo dell'impresa, associato alle proprie attività. L'associatura può essere attribuita anche a personale che abbia svolto, o svolga, attività di ricerca o tecnico-scientifica di rilevante interesse per i fini istituzionali dell'INAF, in particolare a personale docente e personale di ricerca in quiescenza, a laureandi, dottorandi, borsisti, contrattisti o assegnisti di ricerca delle Università o di altri Enti, nazionali o internazionali. L'associatura è gratuita, ha una durata minima di tre mesi e massima di due anni ed è rinnovabile.

Il personale associato INAF alla data del 31/12/2011 risulta pari a 418 unità.

Si evidenzia che le associature sono a titolo gratuito, pertanto non comportano alcun onere di spesa per l'Istituto.

## 6.2 Costo del personale

### 6.2.1 Costo del personale a tempo indeterminato

I costi annui lordi, compresi gli oneri riflessi, del personale a tempo indeterminato al 31/12/2011 sono riportati in dettaglio nella tabella seguente. La tabella riporta, secondo il criterio di cassa, i costi sostenuti dall'INAF nel corso del 2011 per stipendi ed altre indennità a carattere fisso e continuativo gravanti sul capitolo stipendi. I costi sostenuti ammontano complessivamente ad **€ 55.661.977**.

<i>Personale T.I.</i>	<i>n. Unità</i>	<i>Costo Annuo lordo (€)</i>
Personale Astronomo	232	19.195.901
Personale Ricercatore	226	12.328.032
Personale Tecnologo*	126	7.896.079
Personale Tecnico-Amm.vo	420	16.241.965
<b>Totale anno 2011</b>	<b>1.004</b>	<b>55.661.977</b>

\* il costo è comprensivo dei 121 tecnologi e dei 5 EP ruolo ad esaurimento inquadrati, ai soli fini economici, nel profilo di tecnologo

### 6.2.2 Costo del personale a tempo determinato

I costi annui lordi, compresi gli oneri riflessi, del personale dipendente a tempo determinato al 31/12/2011 sono riportati in dettaglio nella tabella seguente. La tabella riporta, secondo il criterio di cassa, la spesa relativa a tale categoria di personale compresi gli oneri riflessi escluse le voci a carico del fondo accessorio.

La spesa gravante sui fondi ordinari ammonta ad € 101.520 mentre quella gravante sui fondi attivi è pari ad € 4.006.846 per un totale di € 4.108.366.

	<i>n. Unità</i>	<i>Costo annuo lordo (€)</i>
Personale T.D. su Fondi Ordinari*	1	101.520
Personale T.D. su Fondi Attivi	83	3.983.556
<b>Totale anno 2011</b>	<b>84</b>	<b>4.108.366</b>

*\*Il numero delle unità si riferisce al personale risultante in servizio al 31/12/2011 mentre il costo comprende tutte le somme comunque pagate al personale in attività nel corso dell'anno di riferimento.*

### 6.2.3 *Salario accessorio del personale a tempo indeterminato e determinato 2011*

L'importo complessivamente erogato nell'anno 2011 ammonta ad €.7.978.729.

Tale importo, determinato secondo il criterio di cassa, comprende tutte le somme corrisposte a titolo di salario accessorio di competenza dell'anno 2011, gli oneri sulle predette somme nonché gli importi corrisposti anche a titolo di arretrato, in riferimento alle voci accessorie relative "alla premialità, al riconoscimento del merito e alla valorizzazione dell'impegno e della qualità della prestazione individuale". In riferimento a tali voci accessorie si è provveduto ad attribuire ed erogare, sulla base dell'Accordo stipulato con le OOSS in data 30/12/2010, l'indennità di responsabilità ex art. 43 CCNL per il personale dei livelli IV-VIII e l'indennità ex art 9 del CCNL per il personale dei livelli I-III. E' stato inoltre corrisposto l'arretrato relativo all' Indennità di produttività spettante al personale tecnico amministrativo sulla base del predetto accordo.

La tabella che segue illustra la composizione del salario accessorio:

<i>Salario accessorio</i>	<i>Costo annuo (€)</i>
Accessorio competenza 2011 erogato	5.230.457
Oneri salario accessorio 2011	1.674.849
Arretrati Accessorio	808.370
Oneri salario accessorio arretrato	265.053
<b>Totale salario accessorio 2011</b>	<b>7.978.729</b>

#### 6.2.4 Costo del personale parasubordinato e associato per la ricerca 2011

Il personale con contratto di collaborazione coordinata e continuativa in servizio al 31/12/2011 è pari a 38 unità. Il costo sostenuto nel corso del 2011 per tale tipologia contrattuale ammonta ad € 1.306.701 compresi gli oneri riflessi.

Al 31/12/2011 risultavano altresì attivi n. 182 assegni di ricerca e n. 79 borse di studio.

I costi complessivi relativi a tali tipologie di contratti sono evidenziati nella tabella seguente.

Personale Parasubordinato	n. Unità	Costo annuo lordo (€)
Personale Co Co Co	38	1.306.701
Personale titolare di Assegno di ricerca	182	3.801.678
Personale titolare di Borsa di studio	79	2.277.962
<b>Totale parasubordinati anno 2011</b>	<b>299</b>	<b>7.386.341</b>

#### 6.2.5 Costo del personale a tempo indeterminato e determinato e Co.Co.Co. su FOE 2011

	Costo annuo (€)
Personale T.I.	55.661.977
Personale T.D. (solo FOE)	101.520
Personale Co Co Co. (solo FOE)	0
Salario accessorio	7.978.729
<b>Tot. anno 2011</b>	<b>63.771.216</b>

Il personale associato per la ricerca al 31/12/2011 ammonta a 418 unità; in relazione a tale tipologia di personale non vi sono costi associati in quanto, come evidenziato in precedenza, l'associatura è a titolo gratuito.

#### 6.2.6 Previsione costi del personale anno 2012

Con il Decreto Legge 31 maggio 2010 n. 78, convertito con modificazioni dalla Legge 30/07/2010, n. 122 sono state introdotte numerose norme di contenimento della spesa pubblica che producono, inevitabilmente, notevoli effetti sulla programmazione e sulla stima dei costi per il triennio 2012-2014.

Per quanto concerne la spesa per il personale viene in rilievo primariamente l'art. 9 del citato Decreto legge 78/2010 che al comma 1 stabilisce che "per gli anni 2011, 2012 e 2013 il trattamento economico complessivo dei singoli dipendenti, anche di qualifica dirigenziale, ivi compreso il trattamento accessorio non può superare, in ogni caso, il trattamento ordinariamente spettante per l'anno 2010". Al comma 2 bis il medesimo articolo dispone che "l'ammontare complessivo delle risorse destinate annualmente al trattamento accessorio del personale non può superare il corrispondente importo dell'anno 2010 ed è ridotto in misura proporzionale alla riduzione del personale in servizio".

Nella stessa ottica di contenimento della spesa pubblica viene sancito il blocco, per il triennio di riferimento, degli incrementi retributivi determinati dai CCNL. In particolare il comma 17 del citato decreto legge 78/2010 stabilisce che "non si darà luogo, senza possibilità di recupero, alle procedure contrattuali e negoziali relative al triennio 2010-2012".

La proiezione dei costi previsti per il 2012 è stata pertanto elaborata tenuto conto dei costi sostenuti nel corso del 2011 a titolo di stipendi, indennità fisse e continuative e salario accessorio e considerando, quali unici fattori che andranno a modificare tali costi, le procedure di reclutamento già avviate e le cessazioni intervenute/previste per il 2012.

**Tabella dei costi del Personale 2012**

<i>Personale</i>	<i>Costo annuo (€)</i>
T.I.	55.329.324
Salario Accessorio (Compresi oneri)	6.833.304
T.D. Fondi Ordinari	294.356
Co.Co.Co. Fondi Ordinari	284.062
Altre spese per il personale	1.656.989
<b>Totale</b>	<b>64.398.035</b>

Per quanto attiene il personale a tempo determinato, Co.Co.Co. e parasubordinato i cui emolumenti gravano sui Fondi attivi, il costo complessivo annuo lordo sostenuto nel 2011 viene essenzialmente riportato con i medesimi importi anche per l'anno 2012.

A tale riguardo va segnalato che, allo stato attuale, non è possibile fare una programmazione in merito a nuove acquisizioni di tali tipologie di personale essendo la stessa strettamente legata al finanziamento di specifici Progetti di Ricerca da parte di Enti o Istituzioni. È stato quindi assunto un profilo di spesa costante.

<b>Personale Parasubordinato</b>	<b>Costo annuo lordo (€)</b>
Personale T.D. su Fondi Attivi	4.006.846
Personale Co Co Co su Fondi Attivi	1.306.701
Personale titolare di Assegno di ricerca	3.801.678
Personale titolare di Borsa di studio	2.277.962
<b>Totale previsione 2012</b>	<b>11.393.187</b>

### 6.3 Programmazione triennale del fabbisogno di personale

#### 6.3.1 Fabbisogno complessivo di personale a tempo indeterminato per il triennio 2012-2014

Il piano di fabbisogno di personale a tempo indeterminato per il triennio 2012-2014 è stato sviluppato sulla base delle effettive rilevate necessità dell'Ente per la realizzazione dei programmi di ricerca e delle infrastrutture ed alla luce della riorganizzazione strutturale che sta interessando l'Istituto in attuazione del nuovo assetto istituzionale introdotto dallo Statuto entrato in vigore il 1 maggio 2011.

L'Istituto ha portato a compimento, nell'anno 2011, l'assunzione di n. 27 ricercatori al livello iniziale del profilo, ovvero il III livello, di cui al piano straordinario di assunzioni di ricercatori negli enti di ricerca vigilati dal MIUR previsto dall'art. 1, commi 651 e 652, della Legge n. 296/2006, per il quale il Ministero vigilante, con nota prot. n. 1114 del 23 dicembre 2008, ha assegnato all'INAF €1.708.519.

Tenuto conto di dette assunzioni, continua a permanere l'esigenza di acquisire personale ricercatore e tecnologo, anche di elevata professionalità ovvero di II e I livello, a fronte dello svolgimento e dell'implementazione dei programmi scientifici e tecnologici in atto ed attese le numerose cessazioni di detti profili e livelli che sono già intervenute e che interverranno nel corso del triennio. La necessità di non lasciar depauperare i livelli di più alta professionalità scientifica (I e II) è stata sottolineata anche dal Dipartimento della Funzione Pubblica nella sua nota del 1/6/11 sulla richiesta dell'INAF di rimodulazione della Dotazione Organica.

Tanto premesso, la seguente tabella illustra il piano di fabbisogno di personale per il triennio 2012-2014, elaborato tenuto conto della dotazione organica dell'Ente così come rideterminata con Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 22/11 del 24 marzo 2011:

<b>Profilo e livello</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Dir. Amm.	3	0	0
Dir. Ric. I° liv.	2	12	12
I° Ric. II° liv.	4	16	17
Ric. III° liv.	17	13	12
Dir. Tecn. I° liv.	0	3	3
I° Tecn. II° liv.	0	6	6
Tecn. III° liv.	18	3	2
Funz. Amm. IV liv.	1	2	1
Funz. Amm. V liv.	5	1	1
CTER IV liv.	1	10	10
CTER V liv.	0	7	7
CTER VI° liv.	17	0	0
Coll. Amm. V° liv.	0	6	7
Coll. Amm. VI° liv.	1	2	1
Coll. Amm. VII° liv.	4	2	3
Op. Tecn. VI° liv.	0	3	4
Op. Tecn. VII° liv.	1	0	1
Op. Tecn. VIII° liv.	1	2	0
Op. Amm. VII° liv.	0	1	1
Op. Amm. VIII° liv.	1	0	0
<b>Totali</b>	<b>76</b>	<b>89</b>	<b>88</b>

### 6.3.2 Fabbisogno complessivo di personale a tempo determinato e COCOCO per gli anni 2012- 2014

In merito al fabbisogno di personale a tempo determinato, il Consiglio di Amministrazione, nel 2010 e nel 2011, ha deliberato l'acquisizione del seguente personale, con rapporto di lavoro subordinato a termine a carico del fondo ordinario, nel limite finanziario previsto dalle vigenti disposizioni e pari ad euro 294.356:

- Dirigente Tecnologo – I livello: n. 1 unità
- Funzionario di amministrazione – V livello: n. 2 unità
- Collaboratore di amministrazione – VII livello: n. 2 unità
- Operatore tecnico – VIII livello: n. 1 unità

Di queste complessive n. 6 unità

- n. 1 unità con il profilo di Dirigente Tecnologo – I livello è stata assunta nel corso dell'anno 2010 ed è tuttora in servizio;

- n. 2 unità con il profilo di Funzionario di amministrazione – V livello sono state assunte nel mese di gennaio 2012;

- n. 1 unità con il profilo di Operatore tecnico – VIII livello sarà assunta nella prima metà dell'anno 2012;

- n. 1 unità con il profilo di Collaboratore di amministrazione – VII livello, già assunta nel corso dell'anno 2010, è cessata nel 2011 per assunzione nel medesimo profilo e livello a tempo indeterminato

- n. 1 unità con il profilo di Collaboratore di amministrazione – VII livello, le cui procedure di reclutamento si sono recentemente concluse, sarà assunta nel corso dell'anno 2012

Per quanto concerne detta tipologia di personale, si evidenzia che l'INAF deve procedere all'acquisizione di ulteriori unità, anche per soddisfare le esigenze derivanti dalla riorganizzazione degli uffici e delle competenze sia della sede centrale che degli uffici amministrativi delle strutture di ricerca, fino alla concorrenza del suddetto limite di spesa di cui all'art. 1, comma 187, della Legge 23 dicembre 2005, n. 266, così come modificato dal comma 538, dell'art. 1, della Legge n. 296/2006 e dal comma 80, dell'art. 3, della Legge n. 244/2007.

I contratti Co.Co.Co., a carico dei fondi ordinari nel corso del 2010 sono risultati pari ad € 28.991. Anche per tale tipologia di personale è prevista l'acquisizione delle relative unità a carico dei predetti fondi, fino alla concorrenza del limite di spesa indicato dalla citata norma che, per i contratti di Co.Co.Co., ammonta ad € 284.062.

### *6.3.3 Previsione di assunzioni di personale a tempo indeterminato per l'anno 2012*

Il regime assunzionale attualmente vigente per le pubbliche amministrazioni, compresi gli Enti di Ricerca, non consente una completa attuazione del piano di fabbisogno di personale a tempo indeterminato sopra riportato.

In particolare, l'art. 66, comma 14, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito con modificazioni, dalla Legge 6 agosto 2008, n. 133, così come modificato dal comma 9, dell'art. 9, del Decreto Legge 31 maggio 2010 n. 78, convertito con modificazioni dalla Legge 30 luglio 2010, n. 122, ha stabilito i limiti finanziari entro i quali gli Enti di Ricerca possono procedere alle assunzioni di personale con rapporto di lavoro a tempo indeterminato.

Detti limiti sono, per il triennio 2012-2014, i seguenti:

- anno 2012: 20% delle risorse relative alle cessazioni dei rapporti di lavoro a tempo indeterminato intervenute nell'anno 2011
- anno 2013: 20% delle risorse relative alle cessazioni dei rapporti di lavoro a tempo indeterminato intervenute nell'anno 2012
- anno 2014: 50% delle risorse relative alle cessazioni dei rapporti di lavoro a tempo indeterminato intervenute nell'anno 2013

fatto comunque salvo il limite dell'80% delle entrate correnti complessive, come risultanti dal bilancio consuntivo dell'anno precedente a quello di riferimento.

Tanto premesso, con DPCM del 26 ottobre 2009, registrato dalla Corte dei Conti in data 14 dicembre 2009, l'INAF è stato autorizzato a bandire, nel triennio 2009-2011, concorsi pubblici per il reclutamento di complessive 69 unità di personale a tempo indeterminato suddivise nei seguenti livelli e profili:

Profilo professionale	Livello/posizione economica	Posti autorizzati
Dirigente amministrativo	II fascia	3
Primo ricercatore/tecnologo	II livello	1
Ricercatore/tecnologo	III livello	39
Funzionario di amministrazione	V livello	5
CTER	VI livello	17
Collaboratore di amministrazione	VII livello	4
		<b>69</b>

Delle suddette procedure concorsuali, alcune sono state già concluse, altre sono in corso di espletamento o stanno per essere bandite.

In particolare, l'Ente nel corso del secondo semestre 2011 ha proceduto all'assunzione, a valere sulle risorse residuali del turn-over 2008 che risultavano ammontare ad euro 566.181,5, previa autorizzazione del Dipartimento della Funzione Pubblica e del Ministero dell'Economia e delle Finanze rilasciata rispettivamente con nota prot. n. 0040290 del 15 luglio 2011 e prot. n. 0085440 del 29 luglio 2011, delle seguenti complessive n. 9 unità di personale, vincitori di concorsi pubblici autorizzati con il suddetto DPCM del 26 ottobre 2009 che si sono conclusi nell'anno 2011:

- Tecnologo – III livello: 5 unità
- Primo tecnologo – II livello: 1 unità
- CTER – VI livello: 3 unità

a cui devono aggiungersi ulteriori n. 4 unità di Collaboratore di amministrazione – VII livello, per scorrimento della graduatoria di merito del concorso pubblico, per titoli ed esami, a n. 3 posti di Collaboratore di amministrazione – VII livello indetto con Determinazione Direttoriale n. 241/06 del 31 luglio 2006, approvata con Determinazione Direttoriale n. 29/08 del 12 febbraio 2008, per un onere complessivo annuo lordo pari ad euro 558.250,47 ed un totale di n. 13 unità di personale.

Sulla base delle autorizzazioni a bandire rilasciate con DPCM del 26 ottobre 2009 restano, pertanto, da assumere, le seguenti unità di personale, le cui procedure di reclutamento sono state già avviate o stanno per essere avviate nell'anno 2012:

Profilo professionale	Livello/posizione economica	Posti autorizzati
Dirigente amministrativo	II fascia	3
Ricercatore/tecnologo	III livello	34
Funzionario Amm.vo	V livello	5
CTER	VI livello	14
Collaboratore Amm.vo	VII livello	4
<b>totale</b>		<b>60</b>

Dette unità, una volta concluse le procedure concorsuali, presumibilmente entro la fine dell'anno 2012, dovranno essere assunte nei limiti del regime assunzionale vigente per gli anni di riferimento.

Al riguardo, l'Ente ha già provveduto ad attivare le procedure assunzionali di cui alle vigenti disposizioni.

Pertanto, tenuto conto dei suddetti limiti costituiti dalle risorse finanziarie disponibili derivanti dal turn over degli anni di riferimento e pari, rispettivamente a:

- turn over anno 2009: 2.201.709 euro
- turn over anno 2010: 544.518 euro
- turn over 2011: 456.595 euro

L'INAF prevede di assumere nell'anno 2012 le seguenti unità di personale:

ASSUNZIONI 2012						
Profilo e livello	TURN OVER 2009 (2.201.709)		TURN OVER 2010 (544.518)		TURN OVER 2011 (456.595)	
	Numero posti	Onere annuo lordo	Numero posti	Onere annuo lordo	Numero posti	Onere annuo lordo
Dirigente amministrativo – II fascia	3	320.613				
Dirigente di ricerca – I livello					2	154.606
Primo ricercatore – II livello					4	243.129
Tecnologo – III livello	13	598.338	5	242.415		
Tecnologo – III livello	1*	13.808				
Ricercatore – III livello	13	598.338	3	145.449	1	48.483
Funzionario di amministrazione – V livello	4	178.112				
Funzionario di amministrazione – V livello (già collaboratore di amministrazione – VII livello)	1**	8.324				
CTER – VI livello	11	442.222	3	141.933		
Collaboratore di amministrazione – VII livello	1	36.204				
<b>TOTALE</b>	<b>47</b>	<b>2.195.959</b>	<b>11</b>	<b>529.797</b>	<b>7</b>	<b>446.218</b>
<b>TOTALE ASSUNZIONI ANNO 2012: 65 UNITA' - TOTALE ONERI: 3.171.974</b>						

\*Trasformazione rapporto di lavoro da tempo parziale a tempo pieno di una dipendente assunta a tempo parziale

\*\* Onere differenziale

#### 6.3.4 Previsioni di assunzione di personale a tempo indeterminato per l'anno 2013

Tenuto conto del limite finanziario previsto dalle vigenti disposizioni per le assunzioni di personale a tempo indeterminato nell'anno 2013 che è pari al 20% delle risorse derivanti dal turnover 2012 ovvero ad euro 177.731, si prevede di assumere nel suddetto anno le seguenti unità di personale:

ASSUNZIONI 2013 ( a valere sul 20% del turn -over-2012)		
Profilo e livello	Numeri posti	Onere annuo complessivo
Dirigente di ricerca	1	77.303
Operatore tecnico – VIII livello	2	85.693
<b>TOTALE UNITA'</b>	<b>3</b>	
<b>TOTALE ONERI</b>		<b>162.996,00</b>

### 6.3.5 Previsioni di assunzione di personale a tempo indeterminato per l'anno 2014

Tenuto conto del limite finanziario previsto dalle vigenti disposizioni per le assunzioni di personale a tempo indeterminato nell'anno 2014 che è pari al 50% delle risorse derivanti dal turnover 2013 ovvero ad euro 375.986, si prevede di assumere nel suddetto anno le seguenti unità di personale:

ASSUNZIONI 2014 (a valere sul 50% del turn over 2013)		
Profilo e livello	Numero posti	Onere annuo complessivo
Primo ricercatore – II livello	2	121.564,54
Ricercatore – III livello	2	96.966
Collaboratore di amministrazione – VII livello	3	133.723,20
<b>TOTALE UNITA'</b>	<b>7</b>	
<b>TOTALE ONERI</b>		<b>352.254</b>

### 6.3.6 Assunzioni obbligatorie personale disabile ex Legge n. 68/1999

In ottemperanza alle disposizioni stabilite dalla Legge n. 68/1999 si è provveduto ad effettuare la ricognizione annuale del personale disabile in servizio a tempo indeterminato presso l'Ente al fine di verificare il rispetto della percentuale di riserva previsto dalla succitata disposizione di legge.

Tale monitoraggio obbligatorio comporta che, laddove l'Ente risulti carente di tale tipologia di personale, dovrà avviare la prevista procedura di assunzione delle unità mancanti, anche in deroga all'ordinaria procedura assunzionale con autorizzazione da parte dei Ministeri Vigilanti.

All'esito degli accertamenti effettuati al 31/12/2011 è risultata, rispetto al contingente previsto *ex lege* 68/99, una carenza di n. 8 unità di personale appartenente alle categorie protette.

Nel corso del 2011 sono state avviate le procedure per il reclutamento di n. 1 unità di personale appartenente alle suddette categorie protette; si procederà, pertanto, entro il 2012, all'assunzione della seguente unità: n. 1 unità di CTER VI livello presso lo IASF di Bologna.

Si prevede, inoltre, di acquisire le ulteriori unità di personale:

- n. 2 unità di CTER – VI livello
- n. 3 unità di Collaboratore di amministrazione – VII livello
- n. 1 unità di Operatore tecnico – VIII livello

- n. 1 unità Operatore di amministrazione - VII livello

#### *6.3.7 Assunzioni per mobilità: mobilità intercompartimentale ex art 30 Dgls n. 165/2001*

L'INAF ha provveduto ad individuare il numero di posti disponibili per le procedure di mobilità, sia compartimentale che intercompartimentale, tenuto conto della disponibilità di posizioni in pianta organica, delle domande pervenute nonché delle esigenze manifestate dalle strutture di ricerca locali dell'INAF.

Sulla base di tali presupposti, l'Ente ha sottoscritto con le OO.SS., in data 21/1/2009, apposito Accordo Integrativo sulla mobilità intercompartimentale ai sensi dell'art. 20 del CCNL del Comparto delle "Istituzioni e degli Enti di Ricerca e Sperimentazione" 2002-2005 sottoscritto in data 7/04/2006, che prevedeva l'acquisizione di complessive n. 9 unità di personale.

Pertanto, in data 25/05/2010 il Consiglio di amministrazione dell'INAF, con Delibera n. 40/2010 ha espresso parere favorevole a dar corso alla procedura di mobilità per le suddette n. 9 unità di personale provenienti da vari comparti (Ministeri, Enti locali, Università).

Nelle more di procedere alla definizione delle tabelle di equiparazione del personale proveniente dai vari comparti, alcune delle unità di personale previste hanno rinunciato a transitare in mobilità.

Si prevede pertanto di procedere con l'assunzione delle seguenti unità di personale:

- n. 1 unità di Funzionario di amministrazione - IV livello
- n. 1 unità di CTER - IV livello
- n. 1 unità di Collaboratore di amministrazione – VI livello
- n. 1 unità di Operatore Tecnico - VII livello

#### *6.3.8 Applicazione Istituti contrattuali: artt. 15, 53 e 54 CCNL Comparto Ricerca*

In applicazione delle disposizioni previste dai CCNL del Comparto delle "Istituzioni e degli Enti di Ricerca e Sperimentazione" concernenti le procedure di progressione economica, di livello e di sviluppo professionale, l'INAF ha proceduto alla stipula con le OO.SS. di apposito accordo concernente l'applicazione dell'art 15 CCNL del 07/04/2006 con decorrenza 01/01/2008.

- Accordo per l'applicazione dell'art 15 ex CCNL 07/04/2006 con decorrenza 01/01/2008 stipulato in data 05/10/2010 concernente le seguenti progressioni per n. 19 posizioni già bandite:
  - n. 4 unità di Dirigente di Ricerca – I livello
  - n. 8 unità di Primo Ricercatore – II livello
  - n. 1 unità di Dirigente Tecnologo – I livello
  - n. 6 unità di Primo Tecnologo – II livello

Per quanto concerne l'applicazione degli artt. 53 e 54 del CCNL del 21/02/2002, l'INAF ha sottoscritto le seguenti ipotesi di accordo con le OO.SS.:

- Accordo per l'applicazione dell'art 54 ex CCNL 21/02/2002 con decorrenza 01/01/2010 stipulato in data 30/12/2010 per il quale sono stati destinati € 150.000 lordi la cui procedura autorizzativa è ancora in corso;
- Accordo per l'applicazione dell'art 53 ex CCNL 21/02/2002 con decorrenza 01/01/2010 stipulato in data 30/12/2010 per il quale sono stati destinati € 176.350 lordi la cui procedura autorizzativa è ancora in corso.

## 7 Fonti di finanziamento del piano

### 7.1 Fondi locali e fondi nazionali extra MIUR

#### 7.1.1 Enti locali

<b>Fondi attesi (in milioni di €)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Comuni, provincie (fondi per la divulgazione)</b>	0.2	-	-
<b>RA Sardegna (SRT)</b>	1.5	-	-

#### 7.1.2 Agenzia Spaziale Italiana

I progetti spaziali rappresentano una delle attività principali di INAF. Per quanto concerne i progetti spaziali attualmente in corso a cui l'INAF partecipa, i finanziamenti provengono in massima parte da contratti/accordi emessi dall'ASI ed in misura minore da altre Agenzie. Il fabbisogno complessivo ammonta a circa 14 milioni di € per anno. Tale cifra risulta coerente con quanto già prevede la Convenzione Quadro ASI-INAF, firmata nel 2007, di durata quinquennale e rinnovabile. La tabella seguente riassume il fabbisogno stimato per le attività INAF.

<b>Fondi (in milioni di €)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Già assegnati</b>	7.2	3.5	2.8
<b>Previsti</b>	14.0	14.0	14.0

Le cifre attese si basano sulla somma degli importi previsti dagli accordi attualmente in corso e sono destinate a crescere con la firma dei nuovi accordi in via di definizione.

Le cifre previste, in milioni di euro, sono basate su una media di fondi effettivamente pervenuti da ASI negli ultimi 3 anni.

## 7.2 Fondi da enti internazionali

Fondi attesi (in milioni di €)	2012	2013	2014
Enti Europei (ESO, ESA)	0.3	-	-
Istituzioni Comunitarie	2.3	1.8	1.0
Contratti USA	1.0	-	-

## 7.3 Fondi MIUR

### 7.3.1 FOE

Fondi (in milioni di €)	2012	2013	2014
	Stanziamiento 29.11.2011	Necessità	Necessità
Personale	67.0	70.0	70.0
Edilizia	0	3.5	1.5
Funz. Strutture	5.4	8.0	7.0
Ricerca di base (distribuita in maniera competitiva )	1.5	2.7	2.7
Contributo FOE per progetti premiali e progetto bandiera	1.0	2.0	3.0
Funzionamento infrastrutture	2.3	4.0	4.0
Funzionamento Ente (organi, licenze, assicurazioni etc )	3.2	4.1	4.1
<b>TOTALE</b>	<b>80.4</b>	<b>94.3</b>	<b>92.3</b>

I fondi elencati nella tabella non consentono all'Ente di compiere appieno il suo mandato. Permettono unicamente il mantenimento di quanto in corso, senza porre in essere alcun investimento in ricerca, personale, strutture.

### 7.3.2 Premiali

<b>Fondi richiesti (in milioni di €)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
	11.5	11.8	10.1

\* si veda a tal proposito la tabella riportata alla fine del Capitolo 4

### 7.3.3 Bandiera

<b>Fondi (in milioni di €)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
	3.0	3.0	5.0

\* si veda a tal proposito la tabella riportata a pagina 26

### 7.3.4 Straordinari

<b>Fondi (in milioni di €)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
	11.6	14.0	17.0

\* si veda a tal proposito la tabella riportata a pagina 26



**INAF**



**ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA**  
**NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS**

# Piano triennale 2012/2014

## Appendice

**Programmi scientifici delle Macroaree tematiche dell'INAF**

## Macroarea 1: Galassie e Cosmologia

La ricerca nel campo della Macroarea Galassie e Cosmologia dell'Istituto Nazionale d'Astrofisica (INAF) si sviluppa preminentemente nel contesto del modello cosmologico con costante cosmologica (o Energia Oscura) e Materia Oscura Fredda, detto anche  $\Lambda$ CDM, che è considerato il modello standard di riferimento. In questo modello i barioni si sono condensati, seguendo una fisica molto complicata, all'interno di aloni di materia oscura che a loro volta si sono evoluti a partire dalle condizioni iniziali (iscritte nella radiazione cosmica di microonde) secondo uno schema *gerarchico* per formare le strutture così come le osserviamo oggi (galassie e ammassi di galassie) sino alla struttura su larga scala, anche detta *cosmic web*. Qui di seguito illustriamo le principali attività di ricerca e i progetti più interessanti dei ricercatori INAF da sviluppare nell'immediato futuro, divisi in tre macro argomenti:

1. Galassie e nuclei galattici attivi (AGN);
2. Ammassi e mezzo intergalattico;
3. Struttura su grande scala e fondo cosmico di microonde.

### 1. Galassie e nuclei galattici attivi

L'attività di ricerca nel campo della formazione ed evoluzione delle galassie e dello studio dei nuclei galattici attivi di INAF ha come scopo quello di comprendere la fisica dei processi di formazione delle galassie e la relazione con i processi di crescita gerarchica delle strutture cosmiche.

Questa ricerca raccoglie diverse tematiche quali:

- studio delle popolazioni stellari e del mezzo interstellare delle galassie, della loro storia di formazione stellare, di arricchimento chimico e dei processi che li influenzano (tra i quali il cosiddetto *feedback* in energia e metalli da supernove e AGN);
- studio delle galassie ad alto redshift (densità numerica per classi morfologiche, colori, formazione stellare, masse, cinematica interna ecc.);
- studio degli effetti dell'ambiente (dal campo ai gruppi, ammassi e superammassi) sui processi di formazione ed evoluzione delle galassie;
- relazioni di scala interne (relazione dimensione-luminosità, Tully-Fisher, Faber-Jackson, Piano Fondamentale ecc.);
- studio del contenuto di Materia Oscura delle galassie (*strong e weak lensing*, dinamica, X-rays);
- studio dei buchi neri e dei meccanismi che alimentano i nuclei galattici attivi e le diverse fenomenologie ad essi collegate (quasars, radiogalassie, blazars, galassie ultraluminose nell'IR, galassie con emissione maser dalle molecole H<sub>2</sub>O e OH);
- relazioni tra AGN e proprietà delle galassie ospiti, e AGN e ambiente;
- studio dei meccanismi di *feedback* degli AGN sul mezzo interstellare;
- studio di spettri di quasar a  $z \sim 6$  ottenuti con X-Shooter/VLT.

**Risultati e Prospettive.** La comunità è impegnata in molteplici e ambiziosi progetti, che fanno uso della strumentazione più avanzata da terra (ESO-VLT, VISTA, Large Binocular Telescope, ALMA, Telescopio Nazionale Galileo, Anglo-Australian Observatory, Canada-France Telescope, EVN, EVLA, VLBA ecc.) e dallo spazio (Hubble Space Telescope, Herschel, Spitzer, Galex, Chandra, XMM-Newton, SWIFT), ma soprattutto si avvale del ruolo di leadership o comunque di punta degli astronomi italiani in grandi collaborazioni internazionali tra cui importanti **grandi "surveys" di galassie** di campo (CANDELS, LSD, GMASS, VIPERS, COSMOS e zCOSMOS, MASSIV, VUDS, PEP, GOODS, SHELS, SDSS, UKIDDS ecc.) e di ammasso (WINGS, ACCESS). E' utile sottolineare che la comunità italiana negli ultimi anni ha svolto un ruolo centrale nelle survey profonde con lo spettrografo VIMOS al VLT, fino ad

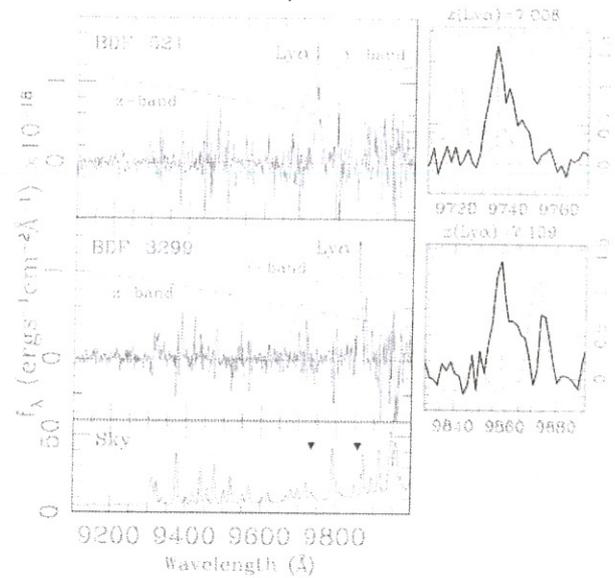
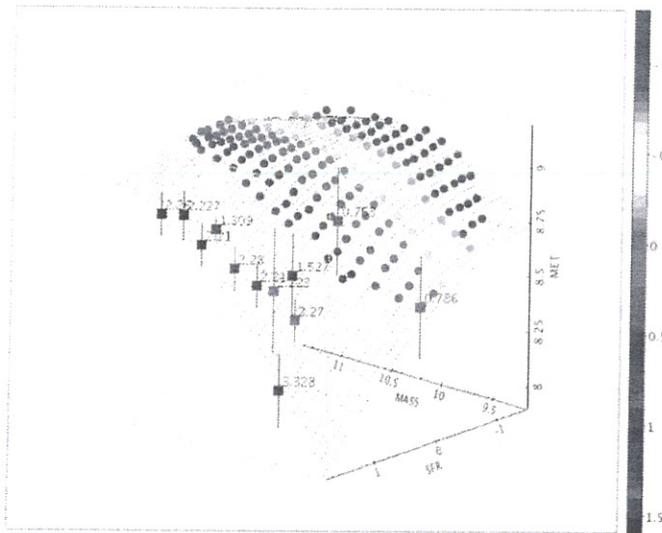
arrivare alla survey VIPERS attualmente in corso e coordinata da ricercatori italiani. Dall'ottobre 2011 è entrato in funzione il VLT Survey Telescope (VST), fornito all'osservatorio ESO di Paranal da INAF, e sono state avviate le surveys pubbliche e i programmi di Guaranteed Observing Time, che coinvolgeranno una componente significativa della comunità nei prossimi 4-5 anni.

Sulla base di questi programmi si prevedono tre anni di grandi progressi nello studio dell'evoluzione delle galassie e degli AGN, con un contributo di primo piano da parte dell'Italia.

Le galassie sono studiate in funzione delle epoche cosmiche (o redshift) per comprendere l'efficacia dei meccanismi evolutivi in atto e caratterizzarne le proprietà intrinseche da interpretare nello schema gerarchico che emerge dai modelli teorici a disposizione. In questo filone, le galassie sono individuate e studiate fino ad epoche vicine al periodo di riionizzazione dell'Universo ed oltre, fino al collasso delle proto-nubi e alla formazione delle prime stelle.

L'astronomia italiana si distingue nello studio delle **galassie a redshift elevato ( $z=1-3$ ) e molto elevato ( $z>3$ )**, guidando progetti di ampio respiro. Questi mirano da un lato a spingere il limite dello studio delle strutture cosmiche a redshifts sempre più alti, e dall'altro a caratterizzare il modo in cui le galassie prendono forma a partire dalle fluttuazioni primordiali, fino alle popolazioni di galassie che si osservano oggi. Questi studi spingono la strumentazione attuale al limite delle sue possibilità, e richiedono spesso un approccio sia da terra che dallo spazio, e a diverse lunghezze d'onda.

Un altro campo in cui nei prossimi anni l'astronomia italiana continuerà a emergere con un ruolo di primo piano all'interno del panorama internazionale è lo **studio delle galassie in funzione dell'ambiente**, a partire dall'Universo locale e fino a  $z=1-1.5$ . Diversi programmi osservativi italiani si dedicano allo studio dell'evoluzione delle galassie (nelle loro varie morfologie – ellittiche, lenticolari, spirali, irregolari) in relazione con l'ambiente in cui esse vivono, dalle regioni sotto-dense (i cosiddetti "voids"), ai gruppi di galassie, fino agli ammassi e i super-ammassi di galassie, dove gli effetti della crescita gerarchica delle strutture sono più evidenti. E' infatti negli aloni più massicci e negli ambienti più densi che diventano più efficienti i processi d'interazione tra galassie o con il mezzo intergalattico, processi che possono alterare significativamente l'evoluzione endogena delle galassie.



*Sinistra: relazione tra massa, tasso di formazione stellare e metallicità in galassie locali (punti circolari) e fino a  $z=2.5$  (punti quadrati con barre di errore), da Mannucci et al. 2010. Destra: spettri che confermano il redshift di due galassie a  $z > 7$  (da Vanzella et al. 2011).*

Nel campo degli AGN, si cerca di ottenere una stima dell'evoluzione cosmologica dei processi di accrescimento sui buchi neri centrali e della relazione fra attività nucleare e ambiente circostante. In particolare, si distinguono gli studi di formazione stellare in AGN in confronto a meccanismi "normali" e gli studi dell'evoluzione cosmologica di AGN oscurati e delle proprietà dei buchi neri mediante osservazioni profonde con Chandra, XMM, Suzaku, osservazioni radio (in continuo e in riga) e multifrequenza.

Risultati di particolare rilievo sono attesi per il prossimo triennio per quanto riguarda lo studio dell'evoluzione cosmologica dei Supermassive Black Holes (SMBH) e dei processi fisici più strettamente connessi ai fenomeni di accrescimento. Il ruolo dell'attività nucleare e delle sue interazioni con la galassia ospite potrà essere studiato in grande dettaglio grazie a survey X, in particolare XMM e Chandra. Collaborazioni come COSMOS e CANDELS/GOODS possono avvalersi di dati multifrequenza di ottima qualità (HERSCHEL, VLT, EVLA) in termini di accuratezza e copertura uniforme dello spettro elettromagnetico. Sarà quindi possibile ottenere misure affidabili dei parametri fondamentali legati all'**accrescimento su BH** (massa ed Eddington Ratio) e della galassia ospite (massa stellare, tasso di formazione stellare, massa in gas) e studiare l'evoluzione delle relazioni di scala, su di un ampio intervallo di redshift e di luminosità.

Osservazioni con Herschel e nella banda radio, per grandi campioni di AGN opportunamente selezionati, permetteranno uno studio quantitativo del legame esistente fra processi di accrescimento e di formazione stellare e di outflows (getti e venti) e in ultima analisi dei **meccanismi di feedback**.

Il lancio di NuSTAR, la prima missione con imaging nella banda hard X (10-100 keV) permetterà di scendere di quasi tre ordini di grandezza rispetto al flusso limite attualmente raggiunto e permetterà di

ottenere un censimento completo della popolazione di **SMBH fortemente oscurati** predetti dai modelli del fondo X e da studi sulla funzione di massa dei BH in galassie non attive e in AGN.

**Dal punto di vista teorico**, gli approcci utilizzati sono molteplici e complementari. Da un lato, punto di forza in Italia sono i **codici di simulazione numerica (semianalitici e idrodinamici)**, quali la Millennium Simulation, Gadget, Morgana, Galform+Grasil, Gasoline, Enzo, Fly, Flash) che hanno goduto della convenzione INAF-CINECA e sono orientati allo studio di, e.g., meccanismi di formazione delle galassie e formazione stellare, funzioni di massa e

luminosità, distribuzione in colore e studio dei meccanismi di feedback (SNe e AGN), produzione di *light-cones* per varie surveys osservative, comprendendo anche simulazioni idrodinamiche di galassie a disco, barrate e early-type. Le simulazioni idrodinamiche di ammassi di galassie vengono usate sia per studiare la popolazione di galassie in ammasso che per applicazioni cosmologiche. Inoltre, l'astronomia italiana può contare su un'esperienza consolidata per l'elaborazione di **modelli di sintesi spettrale** di popolazioni stellari complesse e di galassie con violenta formazione stellare oscurata da polveri, così come di modelli dettagliati di formazione stellare e accrescimento su AGN confrontabili con dati multi-banda dall'ottico al radio. Infine, esistono codici di fotoionizzazione dipendente dal tempo per modellare la ionizzazione di gas da parte di sorgenti variabili (AGN e Gamma Ray Burst).

Dal punto di vista osservativo, i programmi in corso consentono alla comunità di prepararsi al meglio allo sfruttamento della futura strumentazione da terra e dallo spazio (E-ELT, JWST, EUCLID, WFXT, LSST, LOFAR, SKA, SRT). Vi sono molteplici progetti finanziati tramite fondi ASI e PRIN-INAF, PRIN-MIUR, fondi europei FP7, un ERC starting grant e un ERC advanced grant. Vi sono inoltre diversi Large programs a leadership italiana (ESO-VLT, Herschel, Australian National University, Chandra) per studi di evoluzione delle galassie.

## 2. Ammassi di galassie e mezzo intergalattico

Gli ammassi di galassie sono tra le strutture virializzate più massicce presenti nell'Universo e sono fondamentali strumenti di indagine astrofisica e cosmologica. In particolare, la caratterizzazione delle proprietà chimiche e fisiche degli ammassi permette di comprendere i processi di feedback galattico, investigare l'interazione tra galassie che popolano l'ammasso, studiare approfonditamente il mezzo intra-cluster, capire quali processi fisici determinano la formazione degli ammassi stessi. Le loro proprietà non termiche permettono lo studio dei campi magnetici su grande scala. Allo stesso tempo, studi dell'evoluzione in redshift dell'abbondanza degli ammassi permettono di misurare parametri del modello standard di formazione delle strutture cosmiche basato su materia oscura fredda ed energia oscura. Il mezzo intergalattico (IGM) è il materiale diffuso presente tra le galassie: è una fondamentale predizione del modello di formazione delle strutture e le sue proprietà sono determinate sia da aspetti dinamici sia da fenomeni astrofisici quali per esempio i venti galattici o la radiazione emessa dalle galassie. L'IGM si configura sia come riserva di materiale barionico che permette alle strutture di formarsi, sia come deposito dei barioni galattici stessi. Entrambe queste linee di ricerca hanno ricevuto in tempi recenti un grosso impulso grazie a fondamentali campagne osservative e ai progressi avvenuti nella modellizzazione numerica.



*Immagine dell'ammasso di galassie Abell 611. Si nota l'effetto del lensing debole e forte.*

**Ricerche in corso.** La ricerca nel campo degli ammassi e dell'IGM si sviluppa pertanto lungo le seguenti linee, sia osservative che teorico/interpretative:

- studio delle proprietà osservative di ammassi in banda X, radio (anche a basse frequenze) e ottica, sia a basso che alto redshift (mezzo intra-cluster);
- misure di parametri cosmologici da ammassi di galassie;
- studio della materia oscura e dell'energia oscura e della formazione delle strutture con analisi multiwavelength di ammassi (progetto CLASH);
- simulazioni idrodinamiche di ammassi e di IGM con feedback e arricchimento chimico;
- studio di aloni radio dei clusters e loro correlazione con proprietà dinamiche dell'ammasso;
- studio delle relazioni di scala degli ammassi in funzione del redshift;
- studio delle proprietà delle galassie (morfologie, formazione stellare, masse, dimensioni etc) d'ammasso in funzione del redshift;
- studio di campi magnetici a scale superiori al Mpc, negli ammassi e nell'IGM;
- lensing gravitazionale debole e forte prodotto da ammassi;
- studio di shock e turbolenza in ammassi di galassie (componenti termiche e non termiche);
- analisi di strutture di "super-ammasso";
- modellizzazione dinamica degli ammassi;
- survey a grande campo nel millimetrico e sub-millimetrico;
- previsioni e misure di parametri cosmologici dall'IGM, con sinergie con altri osservabili di LSS;
- studio del warm-hot IGM e dei barioni a basso redshift (emissione e assorbimento) anche nei dintorni della galassia;
- caratterizzazione proprietà fisiche e chimiche dell'IGM;
- studio della sopravvivenza della polvere nel mezzo intracluster;
- limiti misurati su variazioni di costanti fondamentali da righe di assorbimento di quasar;
- studio della relazione tra IGM-prime stelle e IGM-galassie;
- studio di coppie di quasar per misurare la geometria dell'Universo e l'arricchimento chimico dell'IGM.

Vengono utilizzate risorse nazionali e internazionali di calcolo parallelo per la simulazione dei processi fisici rilevanti per la formazione degli ammassi, mentre dal punto di vista osservativo vi è un **approccio "multi-wavelength"** che si basa su dati Chandra, XMM-Newton, Swift, EVLA, GMRT, HST, LOFAR. Vi sono molteplici

progetti finanziati tramite fondi ASI e PRIN-INAF e vi è un Large Programme GMRT per lo studio degli aloni radio e un HST Multicycle Treasury Program -- ESO Large Programme (CLASH).

Una particolare menzione meritano le analisi delle proprietà termo e chemo-dinamiche dell'ICM; la scoperta dell'ammasso a più alto redshift conosciuto (JKCS041); lo studio della non-gaussianità primordiale in simulazioni idrodinamiche di IGM; il Large Programme 2011 (Chandra) per studiare la metallicità di assorbitori osservati con COS; l'evidenza di aloni radio doppio nella coppia di ammassi di galassie A401-A399; l'evidenza di cool core sviluppati in ammassi a  $z=1$ ; la misura dell'evoluzione dello ione CIV a  $z=2-4$  nell'IGM.

Si utilizzano dati COS, XMM-Newton, Chandra, UVES/VLT, X-Shooter/VLT, Herschel, SDSS (spettri di quasars, gamma-ray bursts e AGN). Vi sono molteplici progetti finanziati con fondi ASI e PRIN-INAF e un ERC starting grant. Vi sono inoltre due large programme: X-Shooter/ESO (misura dello spettro di potenza della materia con Lyman- $\alpha$ ) e Chandra (assorbitori a basso redshift per lo studio dei barioni mancanti).

### 3. Struttura su grande scala e fondo cosmico di microonde

L'attività di Ricerca nel campo della radiazione di fondo di microonde (CMB) e della struttura su larga scala (LSS) mira alla comprensione degli aspetti globali dell'Universo, dalle sue fasi primordiali a quelle più recenti – e future-, e della loro interconnessione con l'origine delle strutture cosmiche e la fisica fondamentale. Dall'inizio degli anni '90 la cosmologia è sempre più una scienza di precisione, in cui i diversi scenari possono essere confrontati in modo quantitativo con gli osservabili cosmologici, CMB e LSS *in primis*, e i loro parametri caratteristici misurati con accuratezza via via crescente. Al riguardo si rileva come l'analisi congiunta della LSS e della CMB ha per prima trainato la transizione dal modello CDM al modello  $\Lambda$ CDM, a bassa densità e geometria piatta, affermatosi poi come modello di concordanza grazie all'osservazione cosmologica delle Supernovae di tipo Ia e alla consistenza dello stesso con altri osservabili cosmologici. L'importanza delle ricerche cosmologiche in questo settore è stata sottolineata anche dall'assegnazione del premio Nobel per la Fisica 2011 proprio per la scoperta dell'accelerazione dell'Universo tramite misure di supernovae ad alto redshift.

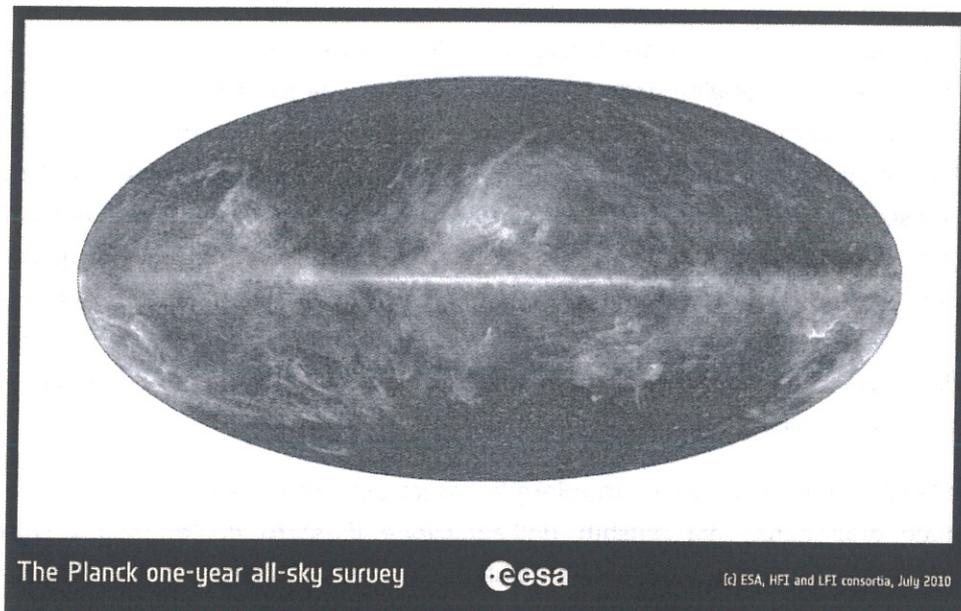
L'analisi accurata della LSS è cruciale per comprendere la natura della materia oscura e dell'energia oscura, e per evidenziare l'eventuale dipendenza dal redshift dell'equazione di stato dell'energia oscura. Inoltre, è uno strumento fondamentale per la ricerca delle diverse tipologie di non-Gaussianità delle perturbazioni primordiali, diagnostica cruciale per verificare le varie classi di modelli inflazionari (e delle alternative agli stessi).

**Ricerche in corso.** La ricerca svolta all'interno delle Strutture di INAF può essere riassunta nelle seguenti linee tematiche:

- ricostruzione 3D della struttura a grande scala dell'Universo attraverso survey spettroscopiche di galassie;
- ricostruzione della distribuzione degli ammassi di galassie attraverso survey multi-banda (ottico, infrarosso, X);
- misura statistica della disomogeneità a diverse scale ("clustering") all'epoca attuale e a diverse epoche cosmiche, come diagnostica del modello cosmologico e dei suoi parametri fondamentali;
- confronto con simulazioni numeriche per studiare le fasi non-lineari dell'evoluzione delle strutture cosmiche;
- misura delle scale caratteristiche (es. Oscillazioni Acustiche Barioniche) e delle distorsioni dinamiche nelle mappe di galassie, come test dell'espansione accelerata e della sua origine (energia oscura o gravità

modificata);

- analisi e interpretazione delle anisotropie primarie della CMB sia come intensità totale, sia come polarizzazione;
- stima accurata dei parametri cosmologici e vincoli ai modelli cosmologici dallo spettro delle medesime anisotropie;
- ricerca delle anisotropie secondarie su piccola scala angolare, ponte tra la cosmologia e l'astrofisica, che trae grande impulso da progetti da terra, sia specificatamente dedicati alla CMB e all'effetto Sunyaev-Zel'dovich, sia multi-purposes quali ALMA, LOFAR, SKA;
- studio dello spettro in frequenza della CMB, che porta preziose informazioni sui processi termodinamici e di fisica fondamentale nel plasma cosmico sia ad alto sia a basso redshift, complementari a quelle contenute nelle anisotropie;
- analisi congiunta del CMB e della LSS (per la ricerca di non-Gaussianità e lo studio di signature, quali l'effetto Sachs-Wolfe integrato) e loro studio congiunto con la distribuzione degli ammassi di galassie e l'effetto Sunyaev-Zel'dovich (per la ricerca di impronte da multiversi e per la dinamica e geometria dell'Universo su scala molto larga);
- ricerche per l'identificazione diretta di onde gravitazionali.



*Il cielo visto da Planck (crediti; ESA/LFI & HFI Consortia)*

**Risultati e Prospettive.** L'INAF è profondamente impegnato nella realizzazione e nell'analisi scientifica di molteplici survey sia da terra sia dallo spazio. Le osservazioni recenti hanno consentito di identificare lo spettro di potenza della distribuzione della materia e di riconoscere in esso l'impronta delle oscillazioni del plasma cosmico, che hanno stretta analogia con le oscillazioni acustiche osservate nel pattern di anisotropia del CMB. Un obiettivo fondamentale delle survey in corso e future è l'aumento sostanziale della copertura in cielo della mappatura 3D della LSS, cruciale per la misura accurata dei parametri cosmologici. In questo ambito l'Italia è alla guida (e fornisce il principale sostegno strutturale) della VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (**VIPERS**), la più grande survey di redshift mai realizzata all'ESO e attualmente circa a metà della sua opera. Il progetto si propone di ricostruire la distribuzione spaziale di 100.000 galassie su scale cosmologiche ad un'epoca in cui l'Universo aveva circa metà dell'età attuale, utilizzando il VLT. Oltre a ricostruire lo spettro di potenza della materia ad un'epoca mai esplorata prima, la survey misurerà i parametri cosmologici a quest'epoca e sfrutterà l'effetto delle "distorsioni dinamiche" allo scopo di capire l'origine dell'accelerazione cosmica, un metodo a sua volta messo in luce da una ricerca

italiana utilizzando la survey VVDS. La stessa tecnica ha rappresentato uno degli ingredienti del successo della proposta Italiana (originariamente denominata SPACE), per una missione spaziale spettroscopica nell'ambito del programma ESA "Cosmic Vision". Unita ad un secondo esperimento con simili obiettivi, ma dedicato alla misura del "lensing gravitazionale" da immagini ad alta risoluzione, questa ha dato luogo all'attuale **missione Euclid**. La missione è stata selezionata da ESA nell'Ottobre 2011 per il lancio nel 2019 e vede l'Italia come nazione leader del progetto. Le ricadute di queste survey orientate alla cosmologia saranno notevolissime anche per lo studio dell'evoluzione delle galassie e dell'interazione galassie-ambiente.

Nell'ambito delle anisotropie della CMB su scale angolari maggiori di qualche minuto d'arco, nel triennio 2012-2014 saranno fondamentali i dati del **satellite Planck dell'ESA**, cui l'INAF sta contribuendo in modo fondamentale, che consentiranno di andare ben oltre i risultati già eccezionali dei satelliti COBE e WMAP della NASA. Oltre a raffinare le stime dei parametri cosmologici, *Planck* rivelerà dettagli più complessi su geometria dell'Universo, modelli inflazionari e difetti topologici, varie tipologie di perturbazioni primordiali, teorie modificate della gravità e teorie alternative di fisica delle particelle elementari, incluse loro annichilazioni e decadimenti, variazioni delle costanti fondamentali, modelli fisici di energia e materia oscura, estensione del modello di  $\Lambda$ CDM a componenti "warm", riionizzazione cosmologica da scenari astrofisici e di fisica non-standard, campi magnetici cosmici primordiali, ecc. Uno degli obiettivi più ambiziosi sarà l'analisi accurata delle anisotropie in polarizzazione e la ricerca dei diversi modi di polarizzazione e, in particolare, quelli associati alle perturbazioni tensoriali, prova indiretta del campo stocastico di onde gravitazionali primordiali, la cui ampiezza è correlata alla scala di energia a cui avvenne l'inflazione.

I gruppi di ricerca dell'INAF sono inoltre attivamente impegnati nelle ricerche teoriche e verso progetti futuri volti a **misure di polarizzazione ultra-accurate**, e, in particolare, dei modi B primordiali, contribuendo a progetti di **future missioni ESA** (e.g. Cosmic Origins Explorer, **COre**) e collaborando o sviluppando **progetti sperimentali preliminari da terra e da pallone**.

Una menzione particolare merita la ricerca sulle **emissioni di foreground Galattico ed extragalattico** (da galassie dominanti nel radio o nell'infrarosso e da ammassi di galassie) e del fondo cosmico infrarosso, sinergica alle altre linee di ricerche in INAF, ma in questo contesto finalizzata all'estrazione dell'informazione cosmologica, e lo sviluppo di metodi specifici di simulazione, di analisi dati e di separazione dei segnali cosmologici e astrofisici dalle mappe multi-frequenza in intensità totale e polarizzazione.

Infine, merita di ricordare la stretta **complementarietà tra gli studi e gli esperimenti di cosmologia e quelli di fisica fondamentale e particellare**, in particolare quelli condotti al CERN con LHC, che riproducono le condizioni dei primi istanti dell'Universo e che potrebbero nei prossimi tempi rivelare il bosone di Higgs.

Dal punto di vista teorico-computazionale e di analisi dati, gli approcci utilizzati sono molteplici e complementari. Da un lato i codici numerici (quali CAMB, KYPRIX, Millennium Simulation, ecc. per le predizioni e simulazioni teoriche), dall'altro pipeline di analisi dati dedicate nei Data Processing Center di progetto che includono moltissimi tool specifici propriamente di riduzione e analisi dati ed altri di confronto teoria-osservazione, come ad esempio COSMOMC, opportunamente rielaborati per includere le specifiche dei dati considerati. In molti casi sono state attivate convenzioni con CINECA e ci si avvale della convenzione INAF-CINECA, come pure (nell'ambito ad esempio del progetto *Planck*) esistono collaborazioni internazionali di analisi dati e progetti su GRID.

Vi sono molteplici progetti finanziati con fondi ASI, PRIN-MIUR e PRIN-INAF e un ERC Advanced grant assegnato.

#### 4. Conclusioni

I team scientifici in INAF, attivi sul fronte osservativo e teorico con numerosi progetti mirati e collaborazioni internazionali di ampio respiro, sono in grado nel triennio in corso di sviluppare una ricerca di altissimo livello su questi filoni tra loro complementari

La comunità che lavora nell'ambito della Macroarea Galassie e Cosmologia svolge ricerche che avranno bisogno in futuro di strumentazione di nuova generazione per mantenere l'alto livello di produzione scientifica e di competitività internazionale.

Di primaria importanza per la comunità scientifica della Macroarea I è l'accesso alle facilities dell'European Southern Observatory, con la partecipazione allo sviluppo e il fondamentale contributo scientifico della strumentazione d'avanguardia dell'ESO: gli strumenti attuali e di prossima generazione del **VLT**, e il nuovo **VLT Survey Telescope** italiano a Paranal in grado di ottenere surveys a grande campo con grande efficienza dall'Universo vicino a quello lontano. Proseguirà inoltre l'utilizzo dell'**LBT**, telescopio a doppia pupilla di concezione innovativa con una forte partecipazione italiana collocato in Arizona.

Nel presente e prossimo futuro, i team di INAF sono profondamente impegnati nelle ricerche spaziali in grandi progetti quali **Chandra**, **XMM-Newton**, **Planck** ed **Herschel**, per i quali sarà cruciale mantenere alto il livello degli investimenti per l'analisi scientifica anche seguente al periodo proprietario. L'impegno in cosmologia dallo spazio continuerà inoltre nel futuro, sia dal punto di vista dello sviluppo dello strumento che degli studi scientifici, con la missione **Euclid** che dovrà essere fortemente sostenuta.

Riguardo al futuro, si evidenziano inoltre alcuni programmi importanti in cui INAF dovrà essere sempre più profondamente coinvolta e in cui si auspica di mantenere alto il livello degli investimenti. Tra questi (*non in ordine di importanza*): 1) **E-ELT** (European Extremely Large Telescope): contributo ai casi scientifici e alla strumentazione, con particolare rilievo per HIRES e le ottiche adattive; 2) **SKA**: Square Kilometer Array (forte interesse cosmologico e per interazioni AGN/ICM); 3) **CCAT** (<http://ccatobservatory.org/>): survey a grande campo ed alta sensibilità nel (sub-)millimetrico per lo studio di ammassi di galassie tramite l'effetto Sunyaev-Zeldovich; 4) **SPICA** (JAXA, ESA): il prossimo osservatorio spaziale infrarosso per proseguire gli studi iniziati da Herschel e Spitzer; 5) **Origin-XENIA** e **WFXT** al vaglio del Community Science Team della NASA per uno studio di fattibilità (Wide Field Imager notional mission concept), e le missioni in fase di studio **Aegis**, **WHIM-Ex**, **WFRX**; 6) **LSST** (Large Synoptic Survey Telescope) per lo studio della natura della dark energy e della dark matter, con un forte impatto anche su studi di formazione ed evoluzione di galassie e AGN; 7) **Athena** (Advanced Telescope for High ENergy Astrophysics, <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=49835#>), osservatorio in banda X candidato al ruolo di prossima Large mission dell'ESA per studi di gravità forte e cosmologia; 8) **NuSTAR** (<http://www.nustar.caltech.edu/>; lancio atteso nel 2012), prima missione spaziale X a focalizzarsi sui raggi X "duri" (6-79 keV) per studi di buchi neri e componenti non-termiche in ammassi.

## Macroarea 2: Stelle e Mezzo Interstellare

### Highlights

#### Nuova scienza

La Macroarea 2 si occupa di un'area classica dell'astronomia. Tuttavia, l'utilizzo sistematico di telescopi della classe 8 metri e di strumenti spaziali, come HST, Spitzer, Kepler, Planck e Herschel, hanno segnato una svolta in numerosi campi estremamente innovativi, in alcuni dei quali il contributo italiano è stato decisivo o comunque molto importante. La presenza a livello mondiale della Macroarea 2 è in linea con la media per tutta l'astronomia, e rappresenta una delle punte di diamante della scienza italiana.

Alcuni esempi mostrano il ruolo di punta svolto dalla comunità astronomica italiana. E' in gran parte italiana una cruciale scoperta riguardante gli Ammassi Globulari, fino a pochi anni fa ritenuti esempi perfetti di popolazioni stellari omogenee per età e composizione chimica. Si è scoperto che questi ammassi siano

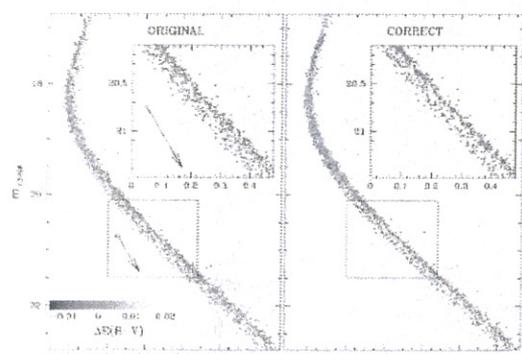


Figura 1. Sequenze principali multiple nell'ammasso globulare NGC6397 (da Milone et al 2012, ApJ, 745, 27)

sistemi stellari complessi: nei primi  $\sim 10^8$  anni della loro esistenza, hanno formato - con progressiva evoluzione chimica - diverse generazioni di stelle. Inoltre, si ritiene che gran parte delle stelle della prima generazione sia andata poi persa a causa di violenti processi dinamici, contribuendo in modo sostanziale alla formazione dell'alone della Via Lattea. Questo rivoluziona la nostra visione della formazione della galassia e il ruolo degli ammassi. Lo scenario delle popolazioni multiple permetterebbe di comprendere molti aspetti peculiari degli ammassi, dal cosiddetto problema del secondo parametro alla concentrazione molto elevata di oggetti esotici, come le 'millisecond' pulsar e probabilmente alcune classi di  $\gamma$ -ray

bursts. La leadership mondiale in questo settore d'avanguardia è saldamente in mani italiane, grazie al simultaneo livello d'eccellenza delle ricerche teoriche (modelli stellari e modelli di formazione), fotometriche e spettroscopiche.

Lo studio del disco e dell'alone della Via Lattea permette di scoprire le tracce che i meccanismi di formazione hanno lasciato nella sua struttura. In particolare, negli ultimi anni si è compreso che l'alone galattico è caratterizzato da una struttura molto disomogenea e che con opportune tecniche è possibile ricostruire i contributi dovuti all'accrescimento di singole strutture: anche questo ha cambiato la nostra visione di come si sia formata la Via Lattea. Gli astronomi italiani partecipano da protagonisti allo sviluppo di questa nuova visione, e ancor più potranno svolgere un ruolo importante nei prossimi anni, grazie al lavoro sia tecnologico sia scientifico svolto per prepararsi a queste nuove grandi sfide. Un altro settore nel quale il contributo italiano è stato rilevante negli ultimi decenni e sarà ulteriormente incrementato grazie alle nuove strumentazioni è lo studio della storia della formazione stellare e dell'arricchimento chimico nelle galassie nane sufficientemente vicine da essere risolte in stelle. Particolarmente interessante, in ambito sia galattico che extragalattico, è lo studio delle stelle variabili pulsanti. I risultati in questo campo, sia dal punto di vista osservativo che teorico, hanno ricevuto ampio riconoscimento internazionale. Ad esempio, un gran numero di lavori innovativi e recenti, guidati da ricercatori INAF nell'ambito di collaborazioni internazionali, riguardano l'utilizzo di stelle variabili come traccianti delle proprietà delle

popolazioni stellari, come indicatori di distanza in grado di fornire una mappa 3-D e come calibratori primari della scala di distanza cosmologica.

Per quanto riguarda la storia delle stelle, un ruolo particolarmente importante è quello della comprensione delle prime fasi di formazione, a partire dal materiale interstellare, e di quello degli ultimi stadi evolutivi i quali, a seconda della massa delle stelle, possono avvenire con la fase di AGB e successiva espulsione di una nebulosa planetaria, oppure con l'esplosione della stella come supernova (SN). La conoscenza di queste fasi evolutive e dei processi fisici in atto è ancora poco chiara, ma la comunità italiana sta compiendo progressi fondamentali arricchendo la tradizionale forza nel campo della struttura ed evoluzione stellare con nuovi dati di estrema precisione e tecniche innovative per lo studio della fisica degli interni stellari, quali l'asterosismologia. Cio' permette di investigare con sempre maggiore dettaglio queste fasi evolutive, dall'analisi del ruolo che la polvere gioca nelle fasi cruciali di formazione e tarda evoluzione delle stelle, a quella delle esplosioni stellari e del loro contributo alla formazione degli elementi chimici.

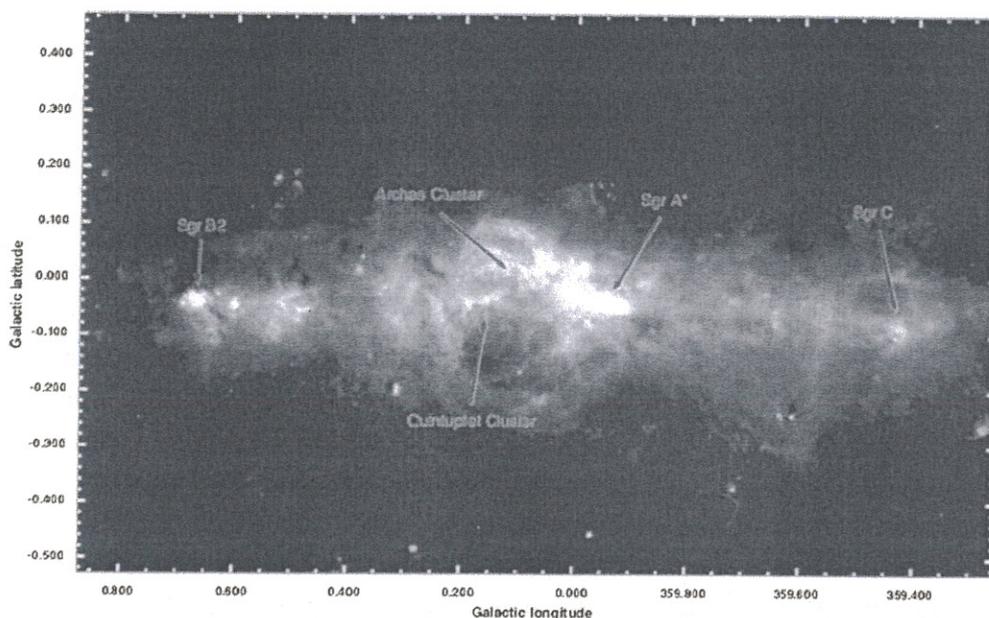


Figura 2. Immagine a  $70\mu\text{m}$  della regione centrale della galassia ottenuta con PACS sul satellite Herschel. Le scritte evidenziano oggetti già conosciuti (da Molinari et al. 2011, *ApJL*, 735, L33)

In questo settore, la natura dei progenitori delle SNe termonucleari (SN Ia) ed il meccanismo esplosivo delle SNe a collasso gravitazionale del nucleo (SN II) sono due grandi temi affrontati nel triennio. Nonostante l'importanza per gli studi di cosmologia delle SN Ia, la natura e l'evoluzione del progenitore rimane elusiva, lo stesso accade per il meccanismo fisico che presiede all'esplosione dell'inviluppo delle SN II. I più recenti risultati osservativi hanno riguardato i tempi di vita dei progenitori e l'aspetto asimmetrico degli eventi esplosivi. Quest'ultimo sembra sostenere le teorie innovative che prevedono un ruolo essenziale della rotazione stellare nel determinare l'esplosione. Surveys osservative specifiche per lo studio delle SN (es. PESSTO or ESO LP Supernova Variety and Nucleosynthesis Yields) stanno facendo emergere un quadro generale moderno e consistente sul contributo dei differenti tipi di SN all'arricchimento 'chimico' del gas da cui si formano le galassie. Costituendo così un nuovo scenario su cui si basano i modelli di formazione ed evoluzione chimica e fotometrica delle galassie.

Modelli di evoluzione chimica sono stati messi a punto per lo studio delle popolazioni stellari nelle galassie nane sferoidali locali per le quali si ha una notevole quantità di dati spettroscopici ad alta risoluzione ottenuta con il VLT ed altri grandi telescopi. I rapporti di abbondanze di elementi quali gli 'alfa' e il ferro, confrontati con i risultati dei modelli di evoluzione chimica, hanno suggerito una diversa storia di

formazione stellare per la nostra Galassia. Tra i problemi aperti, resta quello di capire se le stelle di queste galassie nane abbiano contribuito a formare l'alone Galattico. Infine, diagrammi Colore-Magnitudine ottenuti con fotometria di precisione da HST sono stati interpretati per ricavare la storia di formazione stellare di queste galassie nane.

Va ricordato come le competenze scientifiche della nostra macroarea siano fondamentali nel predire e interpretare esperimenti e osservazioni di fisica di base, come la fisica dei neutrini, la fisica nucleare e le onde gravitazionali. Su questi temi i nostri gruppi collaborano attivamente insieme ai colleghi fisici italiani e stranieri. In questo contesto, va sottolineato il ruolo di eccellenza a livello mondiale della ricerca italiana nella costruzione di modelli di evoluzione e pulsazione stellare.

Inoltre, va menzionata la grande espansione a livello mondiale della ricerca sui pianeti extrasolari. Nonostante le difficoltà, la comunità italiana si è dimostrata in grado di ben confrontarsi a livello internazionale, lavorando con vivacità e contribuendo alla crescita delle conoscenze nel campo, sfruttando sia le proprie tradizionali competenze ad esempio nel campo dell'attività stellare e della fotometria di precisione su grandi campi, che acquisendone di nuove, come la misura di velocità radiali di alta precisione o le tecniche di 'imaging' ad alto contrasto, e partecipa da protagonista a progetti con grandi prospettive già nel futuro vicino.

Infine, questa macroarea attraverso lo studio e lo sviluppo dei modelli di evoluzione chimica delle galassie e di sintesi di popolazione fornisce un contributo insostituibile per comprendere la storia e lo stato della materia nelle galassie remote e nell'universo.

## Nuovi strumenti

L'astronomia sfrutta il rapido progresso tecnologico per aprire nuovi fronti della ricerca. Benché in modo conciso e non esaustivo ricordiamo brevemente alcuni dei progetti chiave per la Macroarea 2.

Nel prossimo futuro saranno disponibili nuovi potenti strumenti: in particolare nell'astronomia stellare un ruolo fondamentale sarà svolto da Gaia, il nuovo satellite astrometrico dell'ESA. Grazie al fondamentale salto qualità nell'accuratezza delle misure astrometriche e all'enorme campione di stelle studiate, Gaia trasformerà la conoscenza della nostra galassia, porrà basi nuove e solidissime per la scala delle distanze locale e cosmologica e permetterà misure e test cruciali per la fisica e l'astrofisica. La comunità italiana ha investito moltissimo in termini scientifici su Gaia, e giunge perfettamente preparata a sfruttarne a pieno le potenzialità.

Da Terra, nuovi strumenti permetteranno una maggiore comprensione dei sistemi planetari e di come si formano. In particolare, tre strumenti con ampia partecipazione italiana entreranno in funzione entro la fine del 2012, e faranno compiere un balzo in avanti nel nostro settore: SPHERE al VLT dell'ESO, grazie al suo sistema di ottica adattiva estremamente spinto e agli strumenti ausiliari scelti in modo da ottimizzare le osservazioni differenziali, permetterà di ottenere immagini di sistemi planetari ad un livello di contrasto di oltre un ordine di grandezza migliore di quanto possibile finora. Queste immagini permetteranno per la prima volta uno studio sistematico delle regioni esterne dei sistemi planetari. Simili studi saranno possibili usando le eccezionali qualità del sistema di ottica adattiva del Large Binocular Telescope, realizzata col contributo preponderante di scienziati e tecnologi italiani. A distanze minori dalla stella, HARPS-N e GIANO rinnoveranno le capacità del Telescopio Nazionale Galileo, rendendolo uno strumento di punta nelle ricerche di pianeti extrasolari. L'estrema precisione delle velocità radiali fornite da HARPS-N permetterà di complementare la grande capacità del satellite NASA Kepler di scoprire pianeti in transito, fornendo le

masse di pianeti fino al limite di una massa terrestre e anche meno; mentre Giano permetterà di determinare le caratteristiche fisiche e chimiche delle atmosfere di pianeti in transito.

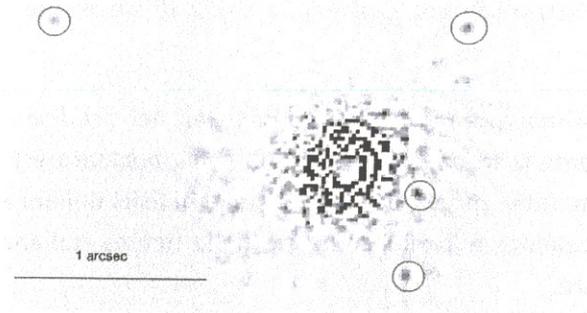


Figura 3. Immagine in banda K del sistema planetario attorno ad HR8799 ottenuta con l'ottica adattiva di LBT che permette di visualizzare le immagini dei pianeti, da 10000 a 100000 volte più deboli di quella della stella (da Esposito et al. 2012, in preparazione)

Sicuramente protagonista dei prossimi anni sarà ALMA. La sensibilità e la risoluzione spaziale di ALMA sono diversi ordini di grandezza superiori a quanto disponibile finora in questo intervallo di lunghezza d'onda e apriranno nuovi orizzonti nello studio delle componenti più fredde dell'universo, come le nubi interstellari e i dischi protostellari cruciali nella formazione delle stelle e dei sistemi planetari. Diversi gruppi italiani che si occupano di formazione stellare si stanno attivando per sfruttare appieno questa importante possibilità, sostenuti dal supporto dell'ARC (ALMA Regional Center)

gestito dall'INAF.

In una prospettiva futura grandi sfide ci aspettano: a partire dal 2018, il nuovo grande telescopio spaziale JWST sfrutterà il livello estremamente basso di background per fornire dati senza precedenti nel vicino e medio infrarosso; solo un paio di anni dopo, l'European - Extremely Large Telescope (E-ELT) dell'ESO, con le sue immagini al limite di diffrazione, potrà farci compiere un enorme salto nell'osservazione di pianeti simili alla Terra, di stelle risolte nelle galassie dell'Universo 'vicino'. In questo modo sarà possibile studiare l'età e la composizione chimica delle loro popolazioni stellari, fornendo così un quadro sperimentale unico per mettere alla prova le teorie di formazione ed evoluzione delle galassie. Nello spazio, missioni come Euclid ed Echo daranno uno stimolo enorme ad esempio allo studio delle supernovae e dei pianeti extrasolari. A tutto questo la comunità stellare si sta preparando per mantenere il ruolo di avanguardia della scienza italiana nel mondo.

### Un'era di surveys

Il prossimo triennio vedrà la piena affermazione di una nuova metodologia di lavoro astronomico: la disponibilità estensiva di strumenti a grande campo, come VISTA e VST, o LBC all'LBT – questi ultimi costruiti in Italia – permetteranno la raccolta di enormi quantità di dati sulle popolazioni stellari, sia nella Via Lattea che nelle galassie vicine. Insieme a Gaia, surveys come GES (Gaia ESO Survey, 300 notti al VLT) rivoluzioneranno la nostra visione della galassia, permettendo di verificare o falsificare i modelli di formazione delle galassie e di comprenderne meglio gli aspetti ancora poco chiari: il ruolo della materia oscura, dei meccanismi di "feedback" dovuti alla formazione stellare e dei buchi neri giganti al centro delle galassie, il contributo relativo dei meccanismi di accrescimento e dissipativi, il ruolo dell'evoluzione dinamica secolare, l'origine ed evoluzione delle diverse popolazioni galattiche (alone, disco sottile, disco spesso e bulge). Grazie alle competenze nella fotometria di campi estesi, nello studio delle popolazioni stellari risolte, all'utilizzo di strumenti in grado di modellizzare e sintetizzare le popolazioni stellari, e al grande investimento fatto in particolare in VST, la comunità italiana svolgerà un ruolo da protagonista in questa nuova era. A questo scopo, la nostra comunità si è negli ultimi anni riorganizzata in gruppi di dimensioni e con varietà di competenze adeguate ad affrontare queste importanti sfide. La partecipazione a surveys di larga scala come LSST o PANSTARRS sarebbe un complemento ideale a questi progetti.

## Macroarea 3: Sole e Sistema Solare

Nel prossimo triennio la comunità scientifica della MacroArea 3 dell'INAF sarà impegnata a mettere a frutto le proprie competenze scientifiche e tecnologiche, portando avanti numerosi progetti volti alla realizzazione di nuova strumentazione e allo sviluppo di linee di ricerca importanti, per consolidare ed estendere i risultati di eccellenza già ottenuti in passato.

### Astrofisica del Sole e interazione Sole-Terra

La comunità scientifica italiana è attivamente impegnata nello studio dei processi fisici che hanno luogo nell'interno del Sole e nella sua atmosfera e che possono avere effetti sugli ambienti circostanti. Essa utilizza regolarmente la strumentazione internazionale attualmente disponibile sia a Terra che dallo spazio, e alla cui realizzazione ha contribuito in questi anni in modo significativo. Sono due i progetti principali su cui si concentra attualmente la maggior parte dell'attività dell'INAF in questo settore della fisica: la missione spaziale Solar Orbiter, prima missione del nuovo programma ESA, Cosmic Vision 2015-2025, e la progettazione del telescopio di futura generazione EST (European Solar Telescope), un telescopio della classe 4 metri.

Le comunità solare INAF, infatti, ha un ruolo di primo piano nella realizzazione di alcuni strumenti a bordo della sonda **Solar Orbiter**, che verrà lanciata nel 2017 e che orbiterà intorno al Sole con minimo perielio di 0.28 unità astronomiche, inferiore a quello di Mercurio, e quindi sarà il 'pianeta' artificiale più vicino al Sole. La definizione dei requisiti scientifici e tecnici del coronografo METIS sono sotto la responsabilità italiana e la sua realizzazione sarà affidata interamente all'Industria Italiana, con prime contractor Thales Alenia Space Torino. METIS è uno strumento altamente innovativo che otterrà immagini della corona solare nelle tre bande del visibile, UV e EUV e avrà capacità spettroscopiche nel UV e EUV. Ha come obiettivo scientifico primario quello di studiare come si crea l'eliosfera, osservando l'accelerazione del vento solare e la propagazione delle sue perturbazioni in corona. La comunità solare italiana realizzerà anche un'importante componente, la DataProcessing Unit (DPU), della suite di plasma **SWA**.

L'INAF proseguirà la collaborazione nell'ambito del consorzio **EAST (European Association for Solar Telescopes)**, per assicurare l'accesso alle maggiori infrastrutture europee nel campo delle osservazioni da Terra ad alta risoluzione e per proseguire la progettazione del telescopio EST, attraverso il progetto **SOLARNET** che è in fase di valutazione da parte della Commissione Europea (CE), nell'ambito EU-FP7-2011-13-High-Resolution Solar Physics.

Proseguirà, altresì, la collaborazione con il National Solar Observatory (NSO) per il mantenimento e l'uso dello spettropolarimetro **IBIS** posto al fuoco del Dunn Solar Telescope (DST). Dal punto di vista dello sviluppo di infrastrutture l'INAF continua a svolgere un ruolo importante nel progetto **HELIO**, volto alla realizzazione di una rete di servizi per facilitare l'utilizzo di dati alla comunità scientifica internazionale dedicata allo studio dell'eliosfera. Continuano ad essere operative anche alcune infrastrutture osservative dislocate sul territorio nazionale (PSPT, Barra Solare Equatoriale, VAMOS, TsRT, osservatorio SVIRCO) e all'estero (SUPERDARN, ITACA2), costantemente impiegate per l'osservazione sistematica del Sole e la misura di quantità utili per il monitoraggio delle condizioni fisiche dell'eliosfera, per gli studi relativi allo Space weather, la Space Situational Awareness (SSA) e il clima terrestre.

Per quanto riguarda la ricerca scientifica pura, essa è articolata in diversi progetti alcuni dei quali già finanziati ed attivi a livello nazionale. In particolare alcune risorse sono dedicate allo **studio osservativo e teorico dei processi di interazione tra plasma e concentrazioni di campo magnetico** e del ruolo che essi giocano nel determinare i processi che si verificano nell'atmosfera solare a varie scale spaziali. Tale progetto è portato avanti attraverso fondi del PRIN INAF 2010. Un altro importante campo di grande interesse è lo **studio della corona solare**, della sua strutturazione fine e del riscaldamento a impulsi degli archi coronali portato avanti con fondi dell'ASI.

Nell'ambito del progetto **Analisi Dati Sole e Plasma**, si svolgono studi relativi a processi fondamentali di fisica del plasma quali la riconnessione magnetica e la formazione ed interazione di onde d'urto non collisionali. Tali studi sono condotti tramite l'analisi dei dati delle missioni **Cluster** (ESA) e **Double Star** (ESA-CNSA) che forniscono misure di particelle e di campi elettrici e magnetici, nelle regioni più importanti della magnetosfera terrestre, simultaneamente a diverse scale spaziali.

La comunità INAF è anche molto attiva nel contesto europeo e internazionale, con la partecipazione al progetto **SWIFF**, finanziato in ambito EU-FP7-2009-Space. Tale progetto ha come obiettivo principale quello di facilitare la comprensione di eventi di Space Weather attraverso simulazioni dei diversi processi fisici a diverse scale spaziali. Nello stesso ambito si collocano sia la partecipazione al progetto **eHEROES**, finanziato in ambito EU-FP7-2010- Space e dedicato allo studio e alla descrizione delle caratteristiche dello spazio interplanetario, al fine di fornire informazioni utili per la pianificazione e l'implementazione di future missioni spaziali, sia il contributo alla COST Action ES0803, "Developing Space Weather Tools and Services in Europe" e alla COST Action ES1005 "Towards a more complete assessment of the impact of Solar variability on the Earth's Climate". La comunità INAF è coinvolta anche nel progetto **IMPRES**, in fase di valutazione da parte della CE, ambito FP7-2011- I3 Space weather, con lo scopo di integrare le strutture di ricerca chiave in Europa per l'osservazione e lo studio sia del Sole che della ionosfera e magnetosfera terrestre. Altri progetti che vedono la partecipazione della comunità INAF, al momento in fase di valutazione nell'ambito EU-FP7-2011-Space, sono **F-CHROMA**, dedicato all'osservazione, modellizzazione ed interpretazione di brillamenti (flares) solari, con particolare enfasi al ruolo della cromosfera durante questi eventi impulsivi, e **SOLID**, finalizzato allo studio e alla modellizzazione delle misure d'irradianza solare acquisite con strumenti europei da Terra e dallo spazio. Sempre in ambito europeo (EU-FP7) è in attesa di valutazione il progetto **STORM** per lo studio sistematico della turbolenza di plasma da misure *in-situ* nell'eliosfera e negli ambienti magnetosferici.

## **Planetologia e interazione Sole-pianeti**

La comunità dei Planetologi italiani dell'INAF può vantare una tradizione di eccellenza, ed è attualmente impegnata in una serie di progetti che contribuiscono fortemente ad accrescere il prestigio dell'Istituto a livello internazionale. Una parte essenziale di queste attività è legata all'esplorazione spaziale del Sistema Solare nell'ambito di missioni dell'ESA e della NASA. L'Italia esprime attualmente una partecipazione di primo piano, con responsabilità diretta di strumenti di bordo, nelle missioni spaziali **Rosetta** e **DAWN**, attualmente in corso, che sono dedicate all'esplorazione in loco della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (Rosetta), del pianeta nano (1) Cerere e dell'asteroide (4) Vesta (DAWN). Da entrambe queste missioni si attendono risposte su alcune questioni fondamentali che riguardano la formazione del nostro sistema solare e la composizione originale del disco protoplanetario. In entrambe le missioni alcuni dei principali strumenti scientifici di bordo (VIRTIS e GIADA per Rosetta, VIR per DAWN) sono a responsabilità

italiana, con finanziamenti importanti da parte dell'ASI. L'INAF è ormai da anni pienamente inserito con responsabilità di prim'ordine nella partecipazione alle più grandi missioni spaziali internazionali di esplorazione planetaria, e si vuole qui ricordare il grande impulso in questa direzione dovuto all'intelligenza e alla grande determinazione della compianta Angioletta Coradini. Per quanto riguarda le attività legate alla partecipazione in missioni spaziali future, l'INAF esprime una partecipazione importante nelle attività planetologiche previste per la missione **Gaia**, una delle missioni *Cornerstone* dell'ESA, con responsabilità nel *Data Processing and Analysis Consortium* (DPAC), il consorzio europeo che sta preparando la pipeline di riduzione dei dati della missione per quanto riguarda gli oggetti del sistema solare. Gaia fornirà dati fondamentali sulla popolazione degli asteroidi, e in particolare le prime misure accurate di massa e densità per un campione importante della popolazione. Un altro progetto è poi lo sviluppo di **Marco Polo R**, un concetto di missione di esplorazione di un asteroide primitivo che viene portato avanti con finanziamenti dell'ASI. Sempre legata ad attività di tipo spaziale è la proposta di missione **JEM-Euso**, che prevede l'uso di un telescopio installato sulla Stazione Spaziale Internazionale puntato verso il nadir con lo scopo primario di osservare i raggi cosmici ultraenergetici, e che vede una partecipazione della comunità planetologica dell'INAF per quanto riguarda le applicazioni di questa missione allo studio di meteore e fireballs. Il progetto è finanziato principalmente dall'Università e dall'INFN. Un altro progetto in corso è **DUSTER**, un esperimento per la raccolta di materiale extraterrestre in alta stratosfera, usando uno strumento su pallone (fondi Prin MIUR).

Per quanto riguarda l'esplorazione spaziale dei pianeti maggiori, va citata la missione NASA **Juno**, dedicata allo studio di Giove, in cui l'INAF partecipa con uno spettrometro ad immagine (JIRAM), di cui è responsabile, a bordo della navicella e con una *Co-ship* nel *team* scientifico. La missione si propone lo studio globale del pianeta dalla magnetosfera, all'atmosfera fino al campo gravitazionale. La partecipazione italiana è finanziata dall'ASI. Un'altra missione con forte partecipazione italiana verso i pianeti esterni del nostro sistema solare è **Cassini**, dedicata allo studio di Saturno e del suo sistema di satelliti. L'INAF partecipa direttamente con vari *team members* nei comitati di missione e con strumentazione a bordo della sonda, di cui è responsabile (canale visibile strumento VIMS). Anche questa è una missione NASA in cui il contributo italiano è finanziato dall'ASI e vede una vasta partecipazione dell'INAF, con il coordinamento scientifico per la parte italiana stabilito a Roma. La partecipazione all'esplorazione di Marte si concretizza attraverso due missioni ESA: **Mars Express** e **EXOMARS**. La prima missione è già in corso da alcuni anni e i suoi obiettivi scientifici sono lo studio dell'atmosfera, della superficie e del sottosuolo del pianeta. L'Italia partecipa in modo significativo a cinque esperimenti (ASPERA, HRSC, MARSIS, OMEGA e PFS) e la partecipazione INAF è importante, con ricercatori che ricoprono ruoli di spicco in quattro di essi: *PI-ship* di PFS, *DeputyPI-ship* di MARSIS, *Co-ship* e responsabilità del canale visibile di OMEGA, *Co-ship* e responsabilità h/w nei sensori NPI e NPD di ASPERA. EXOMARS vede il contributo di diversi gruppi dell'INAF che hanno proposto sia strumentazione per l'*orbiter* (NOMAD) che per il *rover* con l'obiettivo di studiare *in situ* l'ambiente marziano (DREAMS), la struttura geologica superficiale del pianeta attraverso un sistema di telecamere (CLUPI) e la mineralogia del sottosuolo attraverso uno spettrometro miniaturizzato (Ma\_MISS). Queste attività rivolte a Marte sono finanziate dall'ASI. Un ulteriore progetto sull'**identificazione di minerali idrati** su Marte è stato finanziato nell'ambito del PRIN INAF 2011. Lo studio di Venere è realizzato attraverso un altro progetto ESA, **Venus Express**, con il finanziamento ASI per la parte Italiana. Anche questo progetto vede la partecipazione di strutture dell'INAF, che esprime la *CoPI-ship* dello spettrometro ad immagine VIRTIS che studia l'atmosfera del pianeta. L'attività spaziale sui pianeti maggiori si chiude con il progetto **Bepi Colombo**, missione 'cornerstone' ESA e JAXA per lo studio di Mercurio, con due satelliti che orbiteranno intorno al pianeta. Numerosi sono i contributi fondamentali dell'INAF con *PI* o *Co-PI* italiani che sono dati alla missione attraverso gli esperimenti SIMBIO-SYS, un sistema di telecamere per lo studio della

geologia del pianeta; SERENA, un consorzio internazionale composto da quattro strumenti per lo studio dell'esosfera, dei depositi polari e della magnetosfera; ISA, un accelerometro per rilevare la gravità del pianeta e MORE per studi di 'radio science' per verifiche della relatività generale. Tutte queste attività vedono un contributo significativo dei planetologi italiani. Nel prossimo triennio potrebbe avere grande rilevanza la missione **JUICE** dedicata allo studio del sistema planetario di Giove qualora venisse selezionata dall'ESA e che vedrebbe il contributo di varie strutture INAF. Anche la fattibilità di una futura missione spaziale ESA per la caratterizzazione degli esopianeti, **EChO**, è al momento sotto studio da un consorzio europeo a cui partecipano attivamente a vario titolo numerose strutture INAF.

Per quanto riguarda le attività di osservazione da Terra, interpretazione ed elaborazione teorica, tutte attività in cui la comunità italiana gioca da anni un ruolo da protagonista a livello internazionale (esprimendo anche l'attuale Presidenza della Commissione IAU che si occupa dello studio fisico di comete ed asteroidi) bisogna citare il progetto sugli **oggetti near-Earth**, finanziato con PRIN INAF (2009, ancora in corso), e quello di **Supporto alla missione DAWN** recentemente approvato nell'ambito dei progetti PRIN INAF 2011. Si segnalano poi il progetto sulla **Polarimetria di asteroidi** (fondi europei COST), la partecipazione in **EUROPLANET IDIS** (Osservatorio Virtuale Europeo delle Scienze Planetarie, fondi europei). Vanno citati anche il progetto sui **Crateri da Impatto** (fondi di Telespazio) e il nuovo progetto **Meteoriti e attività solare nel passato** di recente approvazione nell'ambito dei programmi PRIN INAF 2011.

Un altro capitolo ugualmente importante ed estremamente fecondo delle attività planetologiche dell'INAF è quello dell'*Astrobiologia*, che gode di molta popolarità a livello internazionale. Data l'intrinseca interdisciplinarietà di questa tematica, l'attività in questo campo si articola in un numero di progetti separati e già finanziati ed attivi, che comprendono **Exo-Mars** e **Bioteconologie** (entrambi con fondi ASI), ed il progetto **Materiale Extraterrestre Primitivo** (fondi Prin-MIUR 2008).

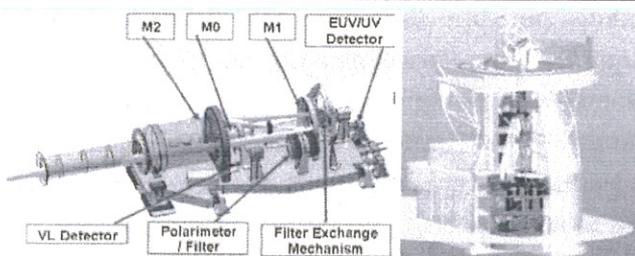
Allo scopo di rilevare e studiare materiale volatile e biogenico si sta sviluppando un **micro termo gravimetro/ biosensore** di possibile applicazione nelle missioni planetarie in situ. Questo progetto è finanziato nell'ambito del PRIN Tecno INAF 2010.

Degni di nota sono alcuni progetti finanziati dalla Commissione Europea che vedono un'attività di ricerca e formazione relativa ai processi chimici che hanno luogo nel mezzo interstellare, nelle regioni di formazione stellare e nel Sistema Solare, **LASSIE** e **CM0805**, e un'infrastruttura di archivi in rete per rendere disponibili dati atomici e molecolari a utenti sia nel campo della ricerca scientifica che industriale, **VAMDC**. L'INAF coordina anche un progetto per la realizzazione di un sistema automatico per il monitoraggio e la previsione della dispersione delle ceneri vulcaniche dell'Etna con l'installazione di strumenti per monitorarne l'attività esplosiva e l'applicazione di modelli di dispersione delle ceneri vulcaniche, **VAMOS SEGURO**. A questi progetti concorrono varie strutture dell'INAF. Tra i progetti europei è in fase di valutazione per la call SPACE 2012 il progetto **HyperPlanets** che potrà occupare un posto importante per la caratterizzazione della variabilità delle atmosfere di Venere, Giove, Saturno e Titano in base all'analisi statistica delle osservazioni iperspettrali nell'infrarosso vicino. Questo progetto avrebbe una partecipazione italiana prevalentemente INAF.

Infine, l'attività sulla stazione spaziale internazionale vede un coinvolgimento INAF nel progetto di ricerca **PSS** sui processi fotochimici su materiali meteorici esposti a radiazione UV solare e dei raggi cosmici, con la formazione di possibili precursori organici. Il progetto è finanziato dall'ASI.

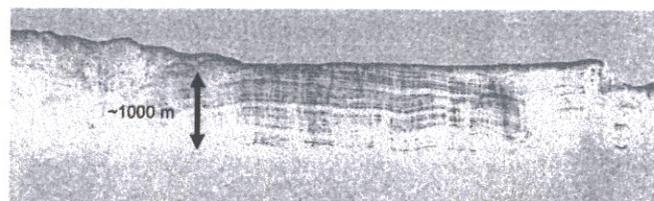
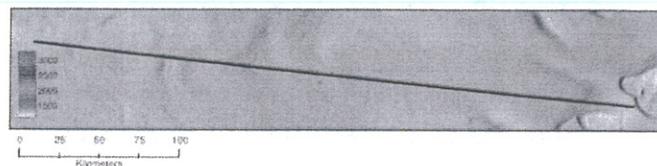
La maggior parte dei progetti menzionati nel presente documento, a fianco delle strutture dell'INAF, vede la partecipazione attiva del CNR e di diverse Università italiane: Università di Catania, Università di Palermo,

Università della Calabria, Università dell'Aquila, Università del Salento, Università di Firenze, Università di Pisa, Università di Urbino, Università di Roma "La Sapienza", Università di Roma "Tor Vergata", Università di Napoli "Federico II", Università di Torino e Politecnico di Torino.

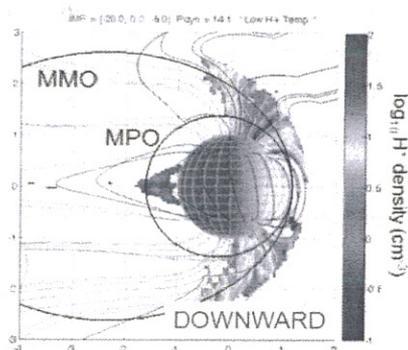


Design preliminare dei due progetti principali in cui la comunità scientifica solare dell'INAF è coinvolta in ambito europeo.

A sinistra: descrizione del coronografo METIS che verrà posto a bordo della sonda Solar Orbiter. Questo strumento otterrà immagini della corona solare nelle tre bande del visibile, UV e EUV e informazioni spettroscopiche nel UV e EUV.



Radargramma di SHARAD. SHARAD e MARSIS sono strumenti italiani molto innovativi, attualmente sono gli unici radar sounder a penetrazione in orbita. In alto: topografia di un'area del polo sud di Marte (ottenuta dal Laser altimetro MOLA) – la traccia nera indica il transetto di dati radar. In basso: Radargramma di dati radar che mostra le alternanze di fasi di deposizioni ed erosione dei ghiacci al polo sud di Marte (Seu ed al., *Science* 2007).



Interazione del vento solare con la magnetosfera di Mercurio. La scala di colori mostra il flusso di H<sup>+</sup> precipitante verso la superficie all'interno delle cusps. Le linee di campo magnetico chiuse sono indicate in blu, le aperte nella parte giorno in rosso, le linee aperte nella parte notte sono grigie. Le orbite previste per i due satelliti di Bepi Colombo sono riportate in nero. (Massetti presentazione al HEWG workshop 2010)

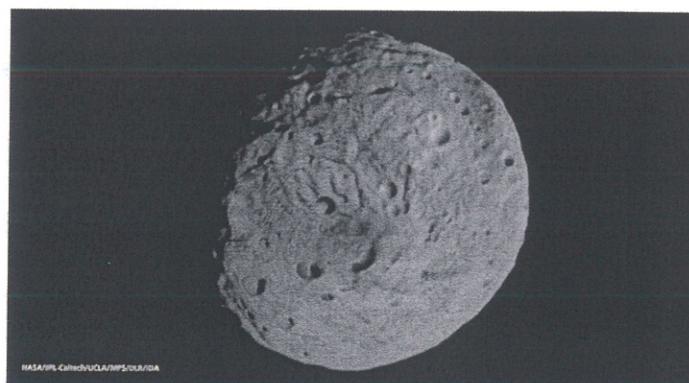
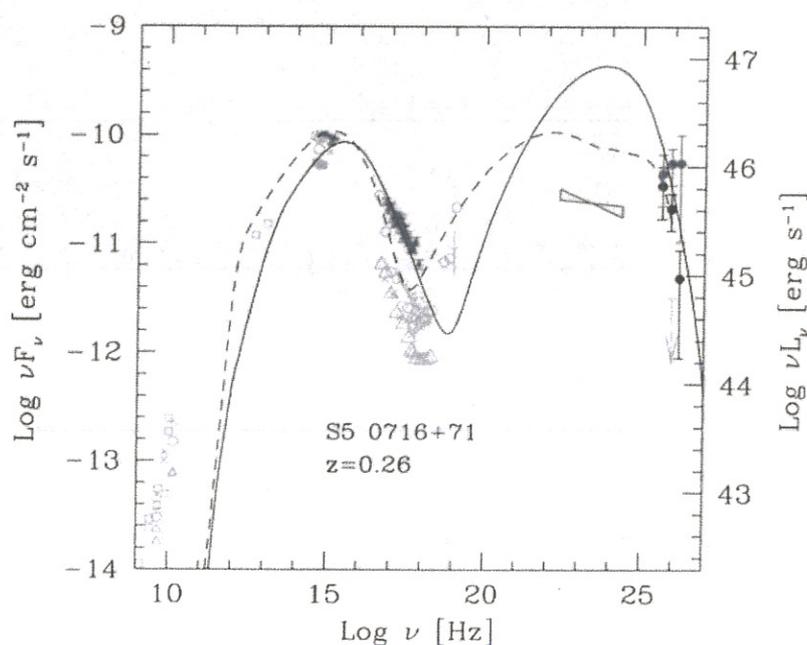


Immagine della regione intorno al polo sud di (4) Vesta, uno degli oggetti più grandi della fascia principale degli asteroidi, ottenuta nello scorso mese di settembre 2011 dalla sonda DAWN, una delle più importanti missioni di esplorazione planetaria degli ultimi anni, in cui la comunità dei planetologi italiani dell'INAF partecipa con responsabilità diretta della costruzione e della gestione di uno dei principali strumenti di bordo, lo spettrometro ad immagine VIR. Attualmente in orbita intorno a Vesta fino al prossimo mese di luglio, DAWN ripartirà per raggiungere il pianeta nano (1) Cerere nel 2015. I risultati di questa missione saranno cruciali per risolvere alcuni problemi dibattuti riguardo le fasi iniziali di evoluzione del nostro Sistema Solare.

## Macroarea 4: Astrofisica relativistica e particellare

L'astronomia delle alte energie e relativistica è stata ed è tutt'ora protagonista di un'epoca d'oro caratterizzata dalla continua entrata in fruizione di nuove strumentazioni sia da satellite che da terra che ha permesso di aprire nuovi e rivoluzionari scenari interpretativi per varie classi di sorgenti e che ha visto in molti casi un'ampia e qualificata partecipazione di scienziati dell'ente. Parallelamente, si è assistito ad una continua crescita delle competenze teoriche, modellistiche ed interpretative fino a portare questo settore di ricerca ad essere certamente uno dei punti di eccellenza dell'INAF nel suo complesso. Per altro tutte queste attività si sviluppano a partire da una consolidata tradizione strumentale dell'INAF in questo settore e diversi grandi progetti sono supportati da INAF ma anche da ASI e MIUR.

**Astronomia dai Raggi Gamma al TeV:** I risultati ottenuti in questi ultimi 4 anni dalle missioni FERMI e AGILE, come anche dai telescopi Cherenkov come MAGIC, sono tali da rappresentare una vera rivoluzione nel campo dell'astronomia gamma (figura 1). L'ultimo catalogo di sorgenti gamma rivelate da FERMI, che comprende circa 2000 sorgenti, ha permesso di aprire il campo allo studio delle proprietà statistiche in banda gamma di diverse popolazioni di oggetti astrofisici. I più rilevanti risultati di FERMI sono (i) i limiti alla DM (sia da emissione isotropa diffusa che da emissione della galassia), (ii) la conferma dell'eccesso positrone/elettrone con rilevanti conseguenze sulla sua origine, (iii) la scoperta delle "Fermi Bubbles" emissione gamma diffusa probabilmente connessa con l'attività del nucleo della nostra galassia, (iv) l'identificazione e lo studio di più di 100 pulsar nuove, con una frazione significativa di oggetti senza una controparte radio, modificando profondamente la comprensione di questa classe di stelle di neutroni



**Figura 1:** Spettro del Blazar S5 0716+714 dal radio ai TeV (Anderhub et al. 2009, ApJ)

isolato, ed infine (v) l'osservazione dell'emissione GeV dai GRB. Molto importanti e promettenti sono anche gli studi sulle Wind Nebulae delle pulsar, sui fenomeni transienti e/o di variabilità sia da oggetti noti che non classificati nella nostra Galassia. L'INAF è anche coinvolta nell'esperimento MAGIC, uno fra i telescopi Cherenkov più avanzati attualmente in funzione; fra i risultati più rilevanti spiccano (i) la scoperta di pulsazioni della Crab Nebula ad energie fino a 25 GeV e (ii) la definizione di importanti limiti osservativi sulla presenza di materia oscura in galassie vicine e (iii) lo studio delle SED di molti AGN. Tali studi dimostrano come sia fondamentale poter avere accesso a strumenti che

possano svolgere un lavoro di monitoraggio continuo del cielo a queste energie.

**Accelerazione di particelle in astrofisica e fenomeni non termici:** Diversi gruppi di ricerca INAF sono riconosciuti a livello internazionale per gli studi nell'ambito dell'accelerazione di particelle in diversi ambienti astrofisici, dalle SN ed i GRB agli AGN e gli ammassi di galassie. Uno dei campi di attività principali riguarda lo studio dell'accelerazione di particelle in resti di SN e la loro connessione con l'origine dei CR. Importanti risultati sono stati ottenuti nello studio dell'accelerazione "non-lineare" di particelle da shock e delle sue implicazioni sull'amplificazione di campi magnetici agli shock e alla massima energia accelerabile. Altre ricerche negli ultimi anni sono state orientate allo studio dell'accelerazione di particelle negli shock delle PWN mediante uso di simulazioni numeriche di tipo MHD. Un impulso importante a queste ricerche negli ultimi anni è venuto dalla possibilità di studiare in maniera dettagliata lo spettro di emissione delle SN e PWN fino ai raggi gamma di alta e altissima energia. Su più grandi scale, negli ammassi di galassie e filamenti, risultati importanti sono stati ottenuti sulla fisica dell'accelerazione di particelle e dei fenomeni non termici. Uno dei campi di attività principali riguarda lo studio dell'interazione non lineare fra particelle e turbolenza MHD e l'accelerazione di particelle da shock cosmologici. In questo campo i dati derivano principalmente da osservazioni in banda radio di ammassi e filamenti (VLA, GMRT, WSRT), ambito nel quale gruppi INAF sono estremamente attivi e internazionalmente riconosciuti, ma anche da recenti limiti ottenuti da osservazioni alle alte e altissime energie (Swift, INTEGRAL, FERMI-LAT, MAGIC, HESS).

La problematica dell'accrescimento su oggetti compatti e la espulsione di getti relativistici coinvolge fenomenologie estremamente differenti dal punto di vista osservativo. Ad esempio le sorgenti blazar, in cui il getto domina il sistema, le binarie X e gli AGN in generale, in cui le proprietà di accrescimento e getto sono strettamente legate anche se su scale spaziali molto differenti. Oppure il comportamento della materia nelle vicinanze di buchi neri di taglia intermedia o per finire l'ampia fenomenologia legata ai GRB ed alle supernove ad essi a volte associati.

Caratteristica comune di questo settore di ricerca è l'estrema dinamicità temporale dei fenomeni studiati che ha generato lo sviluppo e l'applicazione di specifiche tecniche osservative e strumentali. Si tratta comunque di settori di ricerca in cui l'approccio multi-frequenza è fondamentale come è testimoniato dall'ampia varietà di competenze osservative applicate, sia da terra che dallo spazio.

**La missione AGILE:** Fra i più importanti risultati di AGILE menzioniamo (i) la scoperta di emissione gamma transiente dalla Crab Nebula, con importanti ripercussioni nel campo della fisica dell'accelerazione di

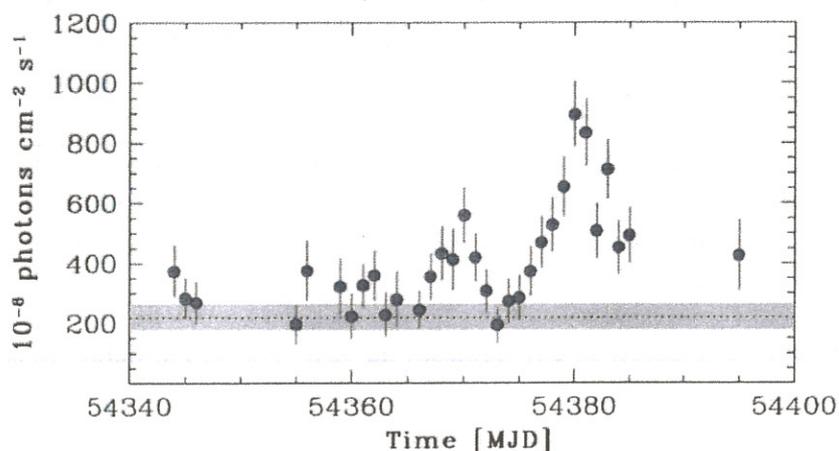


Figura 2: Crab Nebula lightcurve of the total flux (units of  $10^{-8}$  ph  $\text{cm}^{-2}$   $\text{s}^{-1}$ ) detected by AGILE in the energy range 100 MeV – 5 GeV during the period Sept. 27 – Oct. 12, 2007. Time bins are 1 day. The dotted line and band marked in grey color show the average Crab flux and the 3 sigma uncertainty range (adapted from Tavani et al. 2011 Science).

particelle (figura 2), e (ii) la scoperta e la caratterizzazione di processi di emissione adronica in diversi resti di supernova. Inoltre (iii) la rivelazione e l'annuncio rapido del super-flare gamma del blazar 3C454.3 ("Crazy Diamond") ha permesso di effettuare una campagna a multifrequenza di grande precisione monitorando il flare più intenso mai rivelato nella banda gamma. Infine (iv) la

scoperta di emissione a energie fino a 100 MeV da parte dei Flash Gamma Terrestri (TGF) sta avendo un grande impatto sugli studi di fisica dell'atmosfera.

**La missione Swift ed i GRB:** Anche la missione Swift merita attenzione particolare per il perdurante elevato contributo scientifico a diversi anni dal lancio, principalmente nel settore dei GRB ma anche in altri campi della fisica delle alte energie. Si tratta di una missione che vede INAF direttamente coinvolta nella gestione e progettazione della stessa, e che prosegue con la continua attività di rivelazione e caratterizzazione di circa un centinaio di GRB per anno. Questo ha portato a studi dettagliati sulla definizione delle varie categorie di eventi di questa natura ed al loro possibile uso come indicatori cosmologici. In aggiunta, una parte importante del tempo di osservazione è dedicato a sorgenti di altra natura e riportiamo l'eccezionale

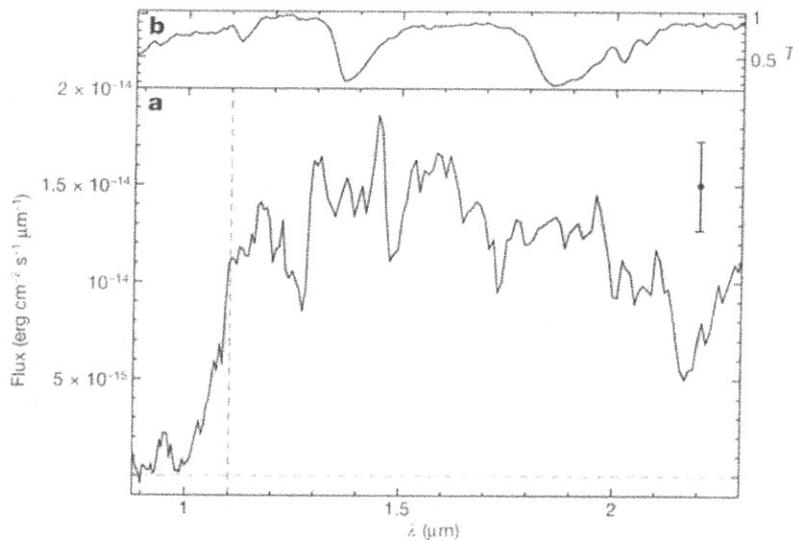


Figura 3: Spettro del GRB 090423 ottenuto utilizzando il prisma di AMICI con il TNG. Il taglio netto a circa 1.1 micron, dovuto all'assorbimento dell'idrogeno neutro nel mezzo intergalattico, implica  $z \sim 8.1$  (da Salvaterra et al. 2009).

scoperta di sorgenti alimentate dalla distruzione mareale di oggetti di varia taglia, da asteroidi a stelle, seguiti per tutta la durata dell'evento. Grazie alla disponibilità di possibili target identificati da Swift studi di polarizzazione in ottico per GRB ed AGN e le attività legate allo sviluppo degli studi dedicati ai GRB alla luce di possibili applicazioni cosmologiche (figura 3) sono particolarmente sviluppati con interessanti ramificazioni nel campo della fisica fondamentale. Di rilievo per il ruolo in ambito ESO sono le attività osservative dedicate ai GRB, le SN e le galassie ospiti di questi oggetti in corso con lo strumento ESO X-shooter.

**Studio di Oggetti Compatti con proprietà estreme:** i ricercatori dell'INAF hanno una lunga tradizione con riconoscimenti sia nazionali che internazionali per quello che riguarda lo studio, sia osservativo che teorico, degli oggetti compatti galattici. Tra le classi di oggetti compatti identificate negli ultimi anni e oggetto di approfonditi studi, finanziati da diverse fonti, spiccano i Transienti X veloci con compagna super-massiccia (SFXT) e i Transienti X estremamente deboli (VFXT). Tra le classi con proprietà fisiche estreme spiccano le Magnetar, le pulsar (radio o in accrescimento) con periodi di spin al millisecondo e i candidati buchi neri di massa stellare. Lo studio degli oggetti relativi alle prime due classi hanno anche un impatto diretto su alcuni degli argomenti più caldi dell'astronomia moderna, ovvero la determinazione dell'equazione di stato che governa la materia di una stella di neutroni e il calcolo del momento angolare di un buco nero.

In molti casi gli studi degli oggetti compatti sono basati su dati acquisiti da strumenti in più bande dello spettro elettromagnetico (dal radio all'infrarosso, all'ottico, alla banda X e Gamma) in molti dei quali c'è un coinvolgimento significativo dei ricercatori INAF (come ad esempio AGILE, Fermi, Swift, MAGIC, IquEYE, EPTA). In tali studi si inseriscono anche quei progetti che sfruttano ingenti moli di dati archiviati da diverse missioni (come, ad esempio INTEGRAL e Swift) allo scopo di identificare, in maniera sistematica, nuove sorgenti appartenenti a diverse classi di oggetti compatti. In aggiunta ricordiamo che lo studio di questa categoria di fenomeni offre anche strumenti unici per indagare su problematiche di fisica fondamentale.

**Raggi Cosmici:** I ricercatori INAF hanno una grande tradizione nello studio dell'origine dei CR, anche con la partecipazione a grandi progetti strumentali in questi anni. Gruppi di ricerca INAF sono coinvolti nell'osservatorio Pierre Auger che ha fra i suoi obiettivi principali l'osservazione dello spettro dei CR (in particolare il cut-off a  $5 \times 10^{19}$  eV) e lo studio dell'anisotropia nei CR. Auger è ad oggi l'esperimento dominante nel mondo per lo studio dell'astrofisica particellare alle altissime energie. Personale INAF è coinvolto nell'esperimento ARGO-YBJ per lo studio dei CR tramite la rivelazione al suolo di sciami atmosferici, che ha fra i principali obiettivi scientifici (i) la misura dello spettro primari di CR fra 5-200 TeV e (ii) lo studio del rapporto antip/p ad energie 1-10 TeV.

L'INAF è anche coinvolta in LVD-XEON, l'osservatorio neutronico per la rivelazione di collassi gravitazionali stellari. LVD è membro della rete di rivelatori di neutrini da SN denominata SNEWS a cui partecipano SuperKamiokande (Giappone), IceCube (Antartide) e Borexino (Gran Sasso).

Negli ultimi anni fra le ricerche e interessi INAF nel campo dei CR spiccano i risultati in campo teorico sull'eccesso positroni/elettroni misurato da PAMELA e da FERMI-LAT, che hanno fornito un'interpretazione "astrofisica" non legata a DM, gli studi di nucleosintesi con INTEGRAL attraverso le righe gamma da elementi che si formano in SN, e lo studio della variazione del flusso di CR su scala centennale-millennaria tramite misure di isotopi in meteoriti.

**Il futuro:** In un discorso ad ampio respiro, proiettato anche agli anni futuri, lo studio degli oggetti compatti galattici trarrà notevole giovamento dall'attuale sviluppo, con forte coinvolgimento dell'INAF, di strumenti e missioni dedicate alle diverse bande energetiche. Tra queste vi sono il CTA nella banda TeV, LOFT (selezionata nell'ambito del bando ESA-M3 Cosmic Vision) e ATHENA (selezionata in ESA-L1) nella banda X, SRT nel radio (le cui operazioni inizieranno nel 2012). I ricercatori INAF stanno dando un notevole impulso all'identificazione e ottimizzazione dei progetti primari e secondari di questi nuovi strumenti e nuove missioni. Gruppi di ricerca INAF sono anche coinvolti in LOFAR che sta aprendo una nuova finestra all'osservazione dell'universo, alle bassissime frequenze radio, e che dovrebbe portare ad una rivoluzione nella nostra comprensione dei fenomeni non termici in diversi ambiti astrofisici. INAF è anche coinvolta nella rete EVN e VLBI e in progetti in preparazione al VLBI spaziale, compreso il progetto Radioastron, con osservazioni radio ad altissima risoluzione spaziale e nella banda delle alte frequenze radio. Personale INAF è anche coinvolto nei progetti LAGEOS e LAGEOS II per lo studio delle onde gravitazionali.

Un elenco completo dei progetti di interesse dell'astrofisica relativistica e delle alte energie è reperibile all'indirizzo: <https://sites.google.com/site/inafmacroarea4/home/progetti2012>.

## Macroarea 5: Attività tecnologiche

Le attività tecnologiche dell'INAF hanno come denominatore comune lo sviluppo di strumentazione e software per la ricerca astrofisica. Esse sono svolte dal personale INAF spesso in stretto contatto con l'industria nazionale, con la quale si collabora attraverso partnership strategiche, specifiche commesse e iniziative di trasferimento tecnologico. Nel seguito i numerosissimi programmi tecnologici di rilevanza internazionale sono condensati in una breve descrizione, che si propone di offrire un panorama delle attività del prossimo triennio senza pretesa di esaustività.

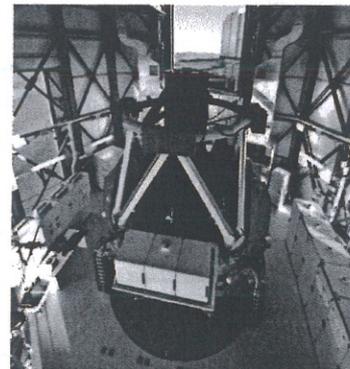
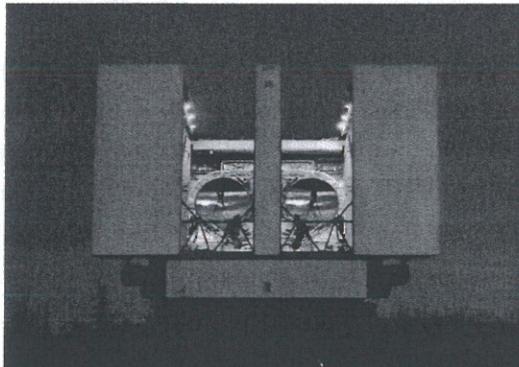
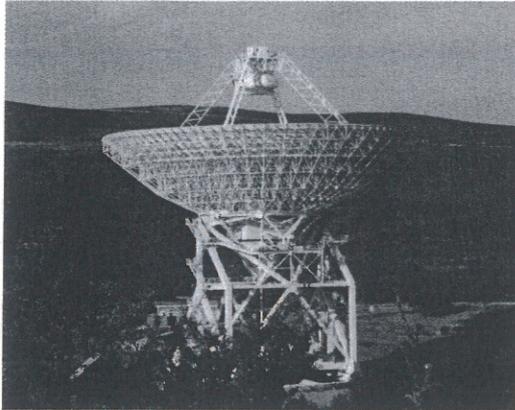


Fig. 1 – Esempi di progetti tecnologici ground-based (SRT, VLT, LBT, VST)

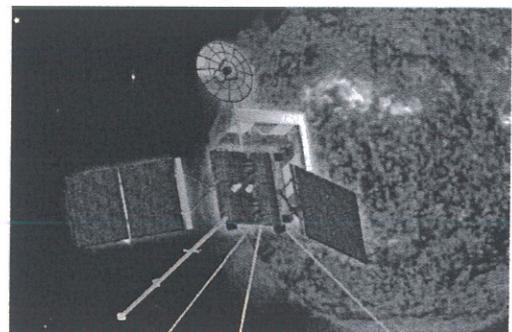
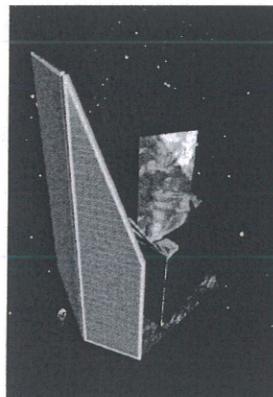
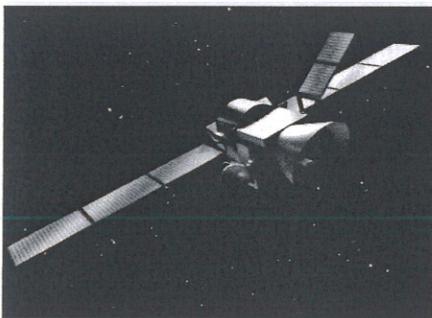


Fig. 2 – Esempi di progetti tecnologici dallo spazio (BepiColombo, Euclid, Solar Orbiter)

## Tecnologie per telescopi e strumentazione nelle bande infrarossa, ottica e UV

Nel campo dei telescopi e della strumentazione ottica, infrarossa e UV, le attività tecnologiche dell'INAF sono estremamente variegata. INAF ha in corso importanti programmi tecnologici su telescopi di assoluto livello internazionale di classe medio-grande. Alcuni sono stati realizzati interamente da INAF, quali il TNG (Telescopio Nazionale Galileo) ed il VST (VLT Survey Telescope). Altri sono frutto di collaborazioni internazionali come LBT (Large Binocular Telescope). In altri casi, INAF ha in corso programmi di sviluppo di strumenti per equipaggiare telescopi realizzati da altre organizzazioni internazionali. Fra questi i telescopi ESO come VLT (Very Large Telescope) e lo E-ELT (European Extremely Large Telescope), telescopio da 39m di diametro: il principale progetto per l'astronomia ottica da terra mai concepito, che sarà realizzato nella prossima decade. A titolo esemplificativo, il personale INAF è coinvolto, a stretto contatto con l'industria nazionale, nei seguenti programmi tecnologici.

- Strumentazione per TNG: Il piano di upgrade della strumentazione di TNG prevede l'installazione di alcuni strumenti di "seconda luce" tra cui GIANO (spettrografo ad alta risoluzione) ed HARPS-N (per lo studio di pianeti extrasolari). Verranno installati anche strumenti dimostrativi come lo spettrometro BATMAN.
- Strumentazione per LBT: lo sviluppo di NIRVANA, uno strumento italo-tedesco funzionante in modalità interferometrica, permetterà di utilizzare tutta la superficie ottica come se LBT avesse uno specchio di 22m di diametro. I ricercatori INAF stanno inoltre studiando per LBT un coronografo che sfrutti il sistema di ottica adattiva per neutralizzare la luce abbagliante di una stella e permettere di osservare la flebile luce degli eventuali oggetti orbitanti intorno ad essa, quali i pianeti extra-solari.
- Strumentazione per VLT: INAF partecipa nell'ambito di consorzi allo studio e alla realizzazione di strumenti di seconda luce per VLT come ESPRESSO (spettrografo ad alta risoluzione), MOONS (Multi Objects Optical Near-Infrared Spectrograph) e SPHERE.
- Strumentazione per E-ELT: INAF partecipa agli studi per la strumentazione di E-ELT. Nel piano di strumentazione attualmente consolidato, MAORY (Multi conjugate Adaptive Optics Relay) è il modulo di ottica adattiva multi-coniugata.
- Telescopio VST: appena entrato in funzione nel 2011 in Cile, è uno strumento di rilevanza internazionale. E' il più grande telescopio al mondo dedicato esclusivamente a survey nella banda del visibile, e manterrà questo primato per tutta la decade corrente.
- Ottica Adattiva: molteplici attività sono in corso su vari fronti: specchi adattivi, in grado cioè di deformarsi ad alta frequenza per compensare i difetti introdotti dalla turbolenza atmosferica (ad es. su LBT, VLT, E-ELT); sensori di fronte d'onda in grado di misurare la turbolenza; sviluppo di tecniche di misura della turbolenza ottica e progetti per la previsione della stessa per il sito di VLT e E-ELT (MOSE) e per la previsione della turbolenza ottica e copertura nuvolosa per il sito di LBT. Ad es: FLAO per LBT e ARGOS.
- Altri progetti: fra gli svariati altri progetti in corso, sono previsti nel corso del triennio programmi di manutenzione e upgrade dei telescopi TNG e REM (Rapid Eye Mount). E' attesa per il 2013 la prima luce infrarossa di AMICA (Antarctic Multiband Infrared Camera) al telescopio ITM (Infrared Telescope "Maffei", un telescopio infrarosso da 80 cm in fase di ultimazione presso la Base Antartica italo-francese "Concordia" situata a Dome-C).

## Tecnologie per la Radioastronomia e la Cosmologia Sperimentale

Nell'ambito delle tecnologie per la radioastronomia, INAF recita una parte da protagonista in diversi programmi per la realizzazione di radiotelescopi e strumentazione relativa, alcuni dei quali sono citati nel seguito.

- Radiotelescopio SRT: in Sardegna sta per sorgere SRT (Sardinia Radio Telescope), un radiotelescopio con specchio primario del diametro di 64m. Grazie alla sua grande superficie attiva SRT contribuirà significativamente alle reti VLBI e rappresenterà un potente radiotelescopio single-dish in molti campi di ricerca. La combinazione di posizioni focali multiple permetterà agli astronomi di osservare con grande flessibilità in un vasto range di frequenze nell'intervallo da 300 MHz a 100 GHz.
- SKA: INAF partecipa a un consorzio mondiale per la costruzione di un radiotelescopio di nuova generazione che si chiamerà SKA (Square Kilometer Array) che, come dice il nome, avrà una superficie di raccolta del segnale di 1 km<sup>2</sup> (equivalente a 200 campi da calcio). Sarà il più grande radiotelescopio del mondo, e permetterà di captare segnali 100 volte più deboli di quelli che finora è possibile registrare con i migliori radiotelescopi. Per arrivare al progetto definitivo di SKA, istituti di ricerca di tutto il mondo stanno sviluppando nuove tecnologie ed algoritmi che saranno sperimentati su antenne di dimensioni ridotte. INAF è attivo all'interno di tali progetti dimostratori utilizzando anche i suoi radiotelescopi come la Croce del Nord.
- Altri progetti: sono in corso inoltre programmi di upgrade dei radiotelescopi italiani esistenti, per osservazioni single-dish ad alta frequenza. INAF sta rispondendo alle richieste della comunità scientifica attraverso un major upgrade software e hardware dei propri radiotelescopi di Medicina e Noto, per consentire osservazioni in modalità single-dish con una sensibilità in continuo (inclusa polarimetria) sinora mai raggiunta. Infine, fra gli altri, sono in corso altri programmi quali Uniboard, per la realizzazione di sistemi digitali veloci per trattazione ed elaborazione di segnali radioastronomici basate su logiche programmabili, DBBC3 (Digital Base Band Converter), tecnologia coperta da un brevetto INAF che consente di realizzare numericamente operazioni tradizionalmente analogiche nel campo dei sistemi radio riceventi, CRYO\_MMIC, ricerca sui componenti elettronici monolitici per applicazioni a microonde in ambiente criogenico.

La Cosmologia sperimentale rappresenta tradizionalmente uno dei campi di maggior importanza nell'ambito delle attività scientifiche e tecnologiche condotte dagli istituti INAF.

I principali progetti tecnologici in corso in questo settore sono:

- progetto finanziato dall'ASI per lo sviluppo di tecnologie abilitanti per future missioni spaziali dedicate alla misura della polarizzazione della radiazione di fondo cosmico a microonde (CMB) nell'ambito della quale è previsto lo studio di componenti passivi di front-end, di rivelatori radiometrici coerenti e di rivelatori bolometrici;
- missione su pallone stratosferico LSPE finanziata dell'ASI e dedicata alla misura della polarizzazione della CMB a grandi scale angolari nell'ambito della quale INAF partecipa in modo significativo allo sviluppo dello strumento coerente a bassa frequenza STRIP costituito da un array di polarimetri a 40GHz con un canale addizionale a 90GHz.

## Tecnologie per le Alte Energie

Lo sviluppo di tecnologie e strumentazione per l'Astrofisica delle Alte Energie costituisce da sempre uno dei campi di eccellenza degli istituti INAF. Tale sviluppo si esprime tradizionalmente sia in attività di ricerca e

sviluppo che nella partecipazione a grandi progetti terrestri e spaziali. Le linee lungo le quali, negli ultimi anni, si sono concentrati prevalentemente gli interessi della comunità tecnologica INAF sono:

- microcalorimetri a transizione di fase superconduttiva Transition Edge Sensor (TES);
- polarimetri ad effetto fotoelettrico basato su tecnologia Gas Pixel Detector (GPD) e polarimetri Compton nella banda X duri/gamma molli;
- Single Photon Avalanche Diode (SPAD) e SiPM sia per la rivelazione di fotoni X e gamma che per la rivelazione di luce Cherenkov;
- Silicon Drift Detectors (SDD) per timing ed imaging nella banda 2-50 keV;
- calorimetri basati su nuovi cristalli scintillatori di nuova generazione come il LaBr<sub>3</sub>[Ce];
- lenti di Laue per la focalizzazione di raggi X e gamma;
- sensori 3D di CZT/CdTe per spettroscopia ed imaging in raggi X duri/gamma molli;
- sviluppo di ottiche multilayer per raggi X molli e duri;
- segmenti di specchi sottili (0.4 mm) formati a caldo;
- sviluppo di specchi polinomiali sottili (2 mm, 50 cm diametro) con risposta piatta su grande campo (1 deg).

A tali attività prettamente legate allo sviluppo di rivelatori ed ottiche per l'Astrofisica delle Alte Energie viene affiancato un significativo sviluppo nell'ambito di componenti elettronici come ASIC ed FPGA, complemento fondamentale per la realizzazione della strumentazione.

Nel loro complesso le linee di sviluppo perseguite hanno permesso oggi alla comunità INAF delle Alte Energie di partecipare attivamente allo sviluppo di missioni spaziali ESA come ATHENA (classe "Large") e LOFT (classe "Medium") oppure a missioni di opportunità come MIRAX in fase di studio da parte della Agenzia Spaziale Brasiliana, oppure ancora, grazie allo sviluppo di specifiche tecnologie per la focalizzazione e la rivelazione della luce Cherenkov, alla missione spaziale JEM-EUSO insieme con la JAXA ed al progetto internazionale CTA. Strettamente connesso con quest'ultimo va ricordato che è in corso di sviluppo il progetto bandiera del MIUR ASTRI.

## **Tecnologie del Sole, del plasma interplanetario e dei pianeti**

Nell'ambito della ricerca sul Sole, sul Sistema Solare e sistemi extrasolari e sul plasma interplanetario, lo sviluppo di tecnologie e strumentazione costituisce, nel contesto degli istituti INAF, un complemento fondamentale allo svolgimento dell'attività scientifica. Gli istituti coinvolti propongono e promuovono, in collaborazione con le industrie che realizzano la strumentazione, nuove tecnologie o soluzioni di design che rendono competitive le proposte italiane a livello internazionale. In virtù dell'attività condotta negli ultimi anni, la comunità INAF partecipa oggi attivamente allo sviluppo di grandi progetti sia terrestri che spaziali. Tra questi vanno ricordati i seguenti programmi spaziali:

- BepiColombo: missione ESA, in fase D nel 2012, dedicata all'esplorazione di Mercurio nell'ambito della quale INAF ha la responsabilità dell'accelerometro ISA, dell'analizzatore di neutri e ioni SERENA e di due canali dello strumento SIMBIO-SYS che integra in un unico consorzio 3 strumenti di remote sensing, due dei quali a responsabilità INAF e un terzo con importante partecipazione INAF: uno spettrometro ad imaging VIS-NIR, una stereo camera e una camera ad alta risoluzione. Inoltre INAF ha importanti partecipazioni scientifiche nello spettrometro a raggi X MIX, nel Solar monitor SIXS e nell'analizzatore di elettroni MEA;
- Solar Orbiter: missione ESA di classe M, in fase B nel 2012, dedicata allo studio del Sole e dello spazio circostante nell'ambito della quale INAF è coinvolta nello sviluppo del telescopio METIS e l'analizzatore di plasma SWA;

- ExoMars: missione ESA dedicata alla ricerca di segni di vita, passata o presente, su Marte e allo studio dell'ambiente marziano in generale, in cui l'INAF è fortemente coinvolta con la responsabilità degli strumenti *Ma\_MISS* e del pacchetto di sensori *DREAMS* presente sul lander 2016, e con il coinvolgimento nello sviluppo degli strumenti *Life Marker Chip* e *CLUPI*, alloggiati sul rover.
- JUICE: studio di missione ESA classe L per lo studio del sistema di Giove nell'ambito della quale INAF partecipa alla realizzazione dello spettrometro ad immagini VIRHIS, delle camere WAC e NAC, del radar IPR, della radio scienza RST, del sensore di atomi neutri PEP e del Thermal Mapper TM;
- Marco Polo-R: studio di missione ESA classe M per studio di uno degli asteroidi della popolazione Near Earth Asteroids nell'ambito della quale INAF partecipa allo sviluppo delle camere MPR, dell'analizzatore di neutri e ioni RAMON, dell'analizzatore termogravimetrico VISTA e della "storage and curation" facility;
- PLATO: studio di missione ESA classe M dedicata alla scoperta di sistemi planetari extrasolari tramite l'identificazione e l'analisi dei transiti nell'ambito della quale l'INAF ha la responsabilità della progettazione e fornitura della batteria di telescopi a largo campo di vista e dell'Instrument Control Unit;
- ECHO: studio di missione ESA classe M dedicata alle osservazioni di atmosfere esoplanetarie nell'ambito della quale l'INAF partecipa alla realizzazione dello spettrometro nel canale visibile e vicino infrarosso, dell'elettronica e del software di processamento principale e delle attività di laboratorio.

All'attività spaziale si affianca quella legata ad apparati di terra come:

- il progetto EST di cui si è recentemente conclusa la fase di disegno concettuale e che prevede la realizzazione di un telescopio solare per misure sia spettrali che polarimetriche dell'atmosfera solare dal vicino ultravioletto al vicino infrarosso;
- gli strumenti GIANO e HARPS-N al telescopio TNG, impiegati per lo studio dei pianeti extrasolari.

## Informatica astronomica

Per Informatica Astronomica si intende tutte quelle attività di R&D nel campo delle tecnologie informatiche, delle comunicazioni, e dello sviluppo ed implementazione di algoritmi indirizzate ad incrementare la capacità della comunità astrofisica nel campo del calcolo e della gestione ed analisi dei dati. Si tratta dello studio e dell'applicazione all'astronomia di tecnologie informatiche, da eventualmente trasformare nel futuro in infrastrutture informatiche standard di supporto alle sedi dell'Ente e ai progetti scientifici e tecnologici che ne abbiano necessità. In questo campo, i filoni da supportare nel prossimo triennio sono:

- Calcolo ad alte prestazioni (HPC) o di tipo "commodity" (Grid, Cloud);
- Gestione ed archiviazione di dati e Osservatorio Virtuale internazionale (VO);
- Sistemi di controllo per strumentazione;
- Reti telematiche;
- Sistemi per la simulazione e l'elaborazione/analisi dei dati.
- Definizione e sviluppo dell'architettura dei Data Processing Center (DPC)

Su questi campi di attività, non sempre facilmente delineabili e spesso interagenti, si appoggiano pesantemente i progetti scientifici e tecnologici dell'Ente.

L'INAF è fortemente coinvolta in diverse sedi in tutte queste attività, localmente e tramite coordinamenti internazionali, sia legati a progetti specifici (ad es. legati a progetti internazionali come EUCLID, PLANCK,

GAIA, CTA, VST, LBT, E-EST) sia legati ad organizzazioni internazionali come EGI ( European Grid Infrastructure) o IVOA (International Virtual Observatory Alliance).

Non bisogna inoltre dimenticare il lavoro svolto e da svolgere all'interno di OPTICON, ed in particolare quello legato al "Future Astronomical Software Environment", allo sviluppo di software dedicato all'uso di particolari sistemi, quali l'ottica adattiva. Continuerà lo sviluppo delle pipeline per l'analisi dei dati astronomici (survey dei dati dal VST, pipeline per VIMOS al VLT e LUCIFER/LBC al LBT ), per il supporto a large programs di ESO e per lo sviluppo di sistemi di Data Mining (DAME).

Nel corso del triennio si mira inoltre a definire, e incominciare a realizzare, una infrastruttura informatica di ricerca integrata partendo dai progetti esistenti quali EDGI, EGI-InSPIRE e SCI-BUS. Verrà sviluppata l'interoperabilità con i centri dati tramite l'Osservatorio Virtuale (VObs.it) facendo sì che centri come IA2 (centro Italiano Archivi Astronomici) ed ASDC (Asi Science Data Center) si sviluppino e si ottimizzino per supportare l'impatto della grande mole di dati che arriverà con i nuovi strumenti da terra, dallo spazio e dalle simulazioni teoriche.

Infine, merita di essere ricordato l'expertise sviluppato negli anni dall'INAF nella produzione di software per il controllo della strumentazione sia spaziale che da terra, per mezzo del quale è stato possibile acquisire ruoli di responsabilità, ad esempio, nelle missioni della Cosmic Vision ESA e nei progetti ESO.

## Tecnologie multidisciplinari

Le tecnologie cosiddette multidisciplinari sono quelle sviluppate all'interno di INAF per problematiche affini alla strumentazione astrofisica che vengono messe a disposizione delle aziende destinatarie di contratti industriali per favorire un'attività di sviluppo sperimentale, recuperando innovazione e competitività internazionale delle aziende Italiane. L'INAF, sensibile alle problematiche di sviluppo e competitività dei territori, ha istituito anche un Servizio di Innovazione Tecnologica (SIT) per trasferire tecnologia all'industria nazionale e per far crescere nuove imprese tecnologiche in grado di assorbire gli esiti della Ricerca. Tra le tecnologie multidisciplinari dell'INAF attualmente e per i prossimi anni si possono individuare essenzialmente tre categorie: progetti di ricerca industriali finanziati dal MIUR e dalle Regioni, progetti ESA ed FP7 e progetti finanziati dal SIT.

Esempi di progetti finanziati dal MIUR, dalle Regioni, da ESA o da Fondi Europei sono:

- *Nuclear Portal*. Progetto di ricerca industriale finanziato dal MIUR che ha come scopo lo sviluppo di un sistema di rivelazione (PORTALE) di materiale fissile nei container, basato su tecniche innovative, facenti uso della tomografia muonica.
- *Studio di concentratori solari ad alta efficienza*. Finanziato dal MIUR (Fondo Giovani) ha l'obiettivo di massimizzare l'efficienza dei concentratori solari mediante l'utilizzo di tecniche di compensazione simili alle ottiche attive dei telescopi astronomici.
- *MITO (Materiali Innovativi per ottiche Olografiche)*. Finanziato dalla regione Lombardia consiste nello studio e sperimentazione di materiali innovativi fotosensibili da utilizzare come supporti per la realizzazione di componenti ottici diffrattivi di natura olografica
- *PANDION*. Finanziato nell'ambito dei PON R&C della regione Campania, questo progetto consiste nello studio di sottosistemi per impieghi spaziali, integrati in pannelli dispiegabili dotati di sensoristica in fibra ottica.

- *STAR (Solare Termodinamico ad Alto Rendimento)*. Finanziato dalla Regione Toscana, consiste nello sviluppo di tecnologie (le stesse dell'Ottica Adattiva Astronomica) per la modifica della forma degli specchi per energie alternative.
- *Progettazione di sistemi elettronici con FPGA*. Nell'ambito del progetto ESA High Reliability COTS (Commercial Off The Shelf) Based Computer, l'attività prevede per il prossimo triennio la realizzazione di un computer di bordo da impiegare in future missioni dell'Agenzia, basato su tecnologia COTS, tra cui FPGA.

Sono in corso anche progetti finanziati da SIT-INAF come la realizzazione di un sistema di illuminazione artificiale tramite specchi concentratori e fibre ottiche volto alla problematica del risparmio energetico ed energie alternative (collaborazione con PMI della Sicilia) e la realizzazione di un telescopio amatoriale in configurazione alt-alt che prevede la sostituzione dei classici motori rotativi accoppiati a costosi cuscinetti di precisione con due semplici attuatori lineari accoppiati ad un giunto cardanico opportunamente precaricato (collaborazione con PMI del Veneto).