

# ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA

## 1. INTRODUZIONE

L'Istituto di Radioastronomia (IRA) è in questo momento l'unica struttura dell'INAF con più sezioni e personale distribuite sul territorio nazionale. Oltre alla Sede di Bologna, dove risiede la direzione e l'amministrazione centrale, e che include la Stazione Radioastronomica di Medicina, l'IRA ha una Sezione a Firenze, presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri e una Sezione a Noto (Siracusa). Nell'ambito del progetto Sardinia Radio Telescope (SRT), vi sono poi 6 unità di personale IRA temporaneamente assegnate presso l'Osservatorio Astronomico di Cagliari. Queste ultime unità non sono computate nelle tabelle attuali del personale dell'IRA, ma appaiono nel personale di Cagliari.

L'IRA gestisce tre radiotelescopi, la "Croce del Nord" e due parabole di 32-m di diametro e partecipa alla realizzazione di SRT, una antenna di nuova concezione di 64-m di diametro.

L'IRA è la struttura dove attualmente sono concentrate le attività di ricerca, di sviluppo tecnologico, di osservazioni e relativi servizi per la radioastronomia in Italia. Il suo ruolo è riconosciuto a livello internazionale, per questa ragione l'IRA viene ritenuto l'unico interlocutore per la ricerca radioastronomica nel nostro paese. L'IRA ha in media 100 pubblicazioni ogni anno su riviste internazionali con "referee". Ha inserito le sue antenne in attività osservative rispondenti alle richieste della comunità scientifica italiana, partecipando a consorzi come lo European VLBI Network (EVN) e lo International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS). L'Istituto gioca poi un ruolo importante nell'ambito di progetti futuri quali ALMA, e-VLBI, SKA, LOFAR. E' uno dei partner principali in progetti finanziati dalla Comunità Europea nei vari FP5 e FP6 quali FARADAY, RadioNet, SKADS, EXPReS, ESTRELA. L'IRA svolge questa attività in collaborazione con diversi Dipartimenti Universitari di Astronomia, Fisica, Ingegneria e ha contatti con industrie ad alto contenuto tecnologico.

Per conto dell'INAF ha organizzato ed ospita il Centro Elaborazioni Dati (CED) per la contabilità e l'ALMA Regional Centre (ARC).

## 2. PRINCIPALI LINEE DI RICERCA

### a) Linee di ricerca scientifiche

#### ***Fisica degli AGN Radio Loud ed evoluzione delle radiosorgenti da piccola a grande scala***

Gli obiettivi del programma fanno riferimento ai processi fisici ed evolutivi delle radiosorgenti extragalattiche. Le radiosorgenti extragalattiche hanno origine da processi legati ai Buchi Neri (BN) massicci presenti nei nuclei delle galassie ellittiche. Osservazioni VLBI di MegaMaser H<sub>2</sub>O saranno usate per derivare con considerazioni cinematiche la massa dei BN. In aggiunta le distribuzioni delle masse dei BN saranno ottenute da osservazioni ottiche delle galassie e da correlazioni con le caratteristiche radio. Le radiosorgenti sono alimentate da getti relativistici che trasportano particelle e campi magnetici. Ci si propone di studiare mediante il VLBI le regioni più interne dei getti in campioni di radiosorgenti in un ampio intervallo di luminosità radio anche in connessione con osservazioni sulla variabilità in banda X. La alta risoluzione del VLBI ha anche permesso di effettuare una analisi su scala del parsec di un campione completo di radiosorgenti a basso redshift.

La comprensione della evoluzione delle radiosorgenti dalla fase giovanile (dimensioni < 1 kpc) a quella adulta (dimensioni > 100 kpc) è uno dei temi centrali nello studio delle radiosorgenti: parametri importanti sono la loro età e la loro energetica. L'età verrà determinata tramite studi spettrali di sincrotrone, l'energetica con studi di Compton inverso in banda X. Lo studio di campioni completi di radiosorgenti giovani e in fase avanzata permetterà di verificare i modelli

evolutive delle radiosorgenti. In questo contesto è importante anche approfondire la conoscenza del mezzo esterno (gas interstellare e intergalattico) con lo studio delle proprietà del mezzo tramite la misura dell'effetto Faraday sulla polarizzazione con osservazioni VLBI e VLA. Allo stesso tempo vengono portati avanti studi di radiogalassie in ottico per analizzare le loro proprietà in questa banda. Si è costruito e studiato il piano fondamentale nucleare delle radiogalassie.

### ***Cosmologia con Survey radio, X ed infrarosse***

Il progetto si propone di effettuare indagini di tipo statistico per mezzo di campioni extragalattici/radio/X-ray/FIR/MIR, con larga copertura in altre bande dello spettro elettromagnetico, estratti da survey ad hoc (ATESP, ATESP5, VVDS-VLA, VLA-COSMOS, CDF-S, ELIAS S1/SWIRE, NEP, First Look Survey, etc...) e/o da survey all-sky pubbliche (NVSS, FIRST, WENSS, ROSAT All Sky Survey, etc.).

Le tematiche sono:

- 1) Natura ed evoluzione della popolazione radio/FIR/MIR debole: studio multi-frequenza per la determinazione delle proprietà fisiche di radiosorgenti in campioni radio e IR profondi (sub-mJy e microJy) e la loro evoluzione cosmologica. Confronto tra l'evoluzione cosmologica di AGN radioemittenti di bassa ed alta luminosità. Determinazione in funzione del redshift della correlazione radio/FIR per le galassie sturburst. Studiare campioni oscurati da polvere.
- 2) Radiosorgenti e ambiente: ci si propone di verificare l'importanza di effetti ambientali sulla produzione/soppressione di radio sorgenti attraverso lo studio in banda radio di ammassi di galassie in diverse condizioni fisiche. Sono stati osservati in radio anche ammassi di galassie selezionati in X dalla North Ecliptic Pole di ROSAT che hanno mostrato per la prima volta una evoluzione cosmologica della funzione di luminosità radio delle radiosorgenti in ammassi.
- 3) Evoluzione fisica delle radiosorgenti: ci si propone di comprendere il meccanismo di accensione delle radiosorgenti in AGN attraverso lo studio di campioni di radiosorgenti giovani estratti dalle survey all-sky. Sono state fatte nuove survey a frequenze > 10 GHz per selezionare le sorgenti più giovani: High Frequency Peakers.
- 4) Sono state anche selezionati campioni completi di radiosorgenti nelle ultime fasi di attività per paragone con le radiosorgenti giovani.

### ***Fenomeni non termici in ammassi di galassie e connessione con emissione termica***

Il progetto si propone di analizzare le proprietà dell'emissione termica e non termica in ammassi di galassie, dal punto di vista sia osservativo che teorico. L'aspetto osservativo comprende nuove osservazioni radio con GMRT, VLA, WSRT e osservazioni X con i satelliti CHANDRA, XMM, e AstroE-2.

Verranno pianificate osservazioni con strumenti di nuova generazione radio come LOFAR, (LWA, o SKA,) X con NEXT, NuSTAR, SIMBOL-X e Gamma con GLAST.

L'aspetto teorico riguarda modelli teorici per la riaccelerazione delle particelle relativistiche responsabili dell'emissione alle varie bande. Il confronto tra i risultati osservativi e le previsioni dei modelli teorici permetterà di capire i processi fisici collegati all'emissione non termica negli ammassi di galassie. Gli scopi scientifici si possono riassumere come segue:

- studio delle relazioni di scala degli ammassi, quali la  $L_x$ -T (luminosità-temperatura), e funzioni di luminosità X, e loro evoluzione con il redshift;
- analisi della incidenza delle sorgenti X puntiformi (emissione non termica) rivelate in ammassi di galassie osservati da Chandra sulla emissione termica dell'ammasso stesso e loro effetto sulle relazioni di scala degli ammassi;
- studio delle proprietà degli aloni radio da immagini, spettri radio integrati e mappe di spettri radio; analisi delle proprietà statistiche e confronto con le previsioni teoriche;
- analisi delle proprietà dei campi magnetici e del loro ruolo nel trasporto delle particelle relativistiche e nella produzione di emissione non termica;

- acquisizione di nuove misure dell'emissione non termica in X duri e confronto dei parametri fisici con quelli derivati dall'emissione radio;
- studio dei possibili meccanismi di produzione delle particelle relativistiche da processi in situ;
- creazione di modelli autoconsistenti e dipendenti dal tempo della componente non termica degli ammassi, in modo da descrivere l'evoluzione delle particelle relativistiche e dei modi MHD, considerando il contributo dei diversi processi radiativi nelle varie bande.

### ***VLBI geodetico e geodesia spaziale***

L'uso geodetico delle antenne VLBI dell'INAF è strettamente connesso alle attività della rete internazionale, sia per la ricerca scientifica che di sviluppo tecnologico. Le attività sono:

- 1) continuazione della attività osservative di VLBI geodetico partecipando alle campagne promosse dall'International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS);
- 2) misure terrestri con a) ottimizzazione del metodo sviluppato presso l'IRA per misure di local ties e gestione delle co-localizzazioni; b) uso della topologia e di tecniche geomatiche per lo studio e il monitoraggio delle caratteristiche dei radiotelescopi da inserire nelle osservazioni astronomiche e geodetiche;
- 3) valorizzazione degli osservatori VLBI in ambito nazionale: promozione dell'uso di serie storiche di dati, delle reti geodetiche locali, ecc... Si intende avviare una collaborazione con IGMI per il miglioramento del datum nazionale;
- 4) deformazione crostale e geodinamica dell'area mediterranea con integrazione di GPS e VLBI. Si intende promuovere una collaborazione con INGV;
- 5) vapore acqueo in atmosfera: prosecuzione dell'attività di calcolo del vapore acqueo derivata da osservazioni VLBI e GPS;
- 6) geodesia in Antartide: stima delle deformazioni crostali e calcolo del contenuto di vapore acqueo tramite GPS.

### ***L'Universo Oscurato***

Il presente progetto è mirato all'esame del ruolo della polvere nella evoluzione di stelle, galassie e il mezzo interstellare. La maggior parte del lavoro svolto è mirato allo studio dei processi che determinano la formazione e l'evoluzione delle stelle, galassie e proto-galassie, e come la polvere possa influenzare questi processi. Una tale comprensione permetterebbe di quantificare la relativa importanza di formazione stellare e AGN in oggetti prossimi all'epoca di re-ionizzazione, di stimare quanta energia prodotta sia stata oscurata, e come queste quantità cambino col redshift. In relazione stretta alla polvere sono sia la metallicità del mezzo interstellare (ISM) che la "depletion" dei metalli sui grani. Argomenti centrali del nostro lavoro sono la evoluzione delle abbondanze nelle epoche cosmiche di formazione primordiale delle strutture e l'arricchimento dell'ISM durante questi processi. Essendo una grossa frazione del lavoro puramente osservativa, si sottolinea l'uso di diversi telescopi terrestri, come il PdB, il JCMT, il VLA, il VLT, e dei telescopi spaziali come Spitzer. Si è anche collaborato alla preparazione tecnica e scientifica per il SRT, Herschel, ALMA, ed ASO. Onde superare gli effetti di estinzione dovuti alla polvere, che è anche oggetto di studio, si preferiscono le lunghezze d'onda che vanno dall'infrarosso al millimetrico e radio.

In particolare, nel 2006, si è studiato:

- Processi di formazione di stelle massicce: tramite osservazioni spettrali nel sub-millimetrico si è visto che stelle molto massicce possono formarsi accrescendo in modo non sferico, in accordo con le predizioni teoriche.
- Gradienti di abbondanze tracciati dalle nebulose planetarie (PNe): tramite una compilazione di dati di più di 300 PNe, è stata suggerita la possibilità che l'evoluzione e l'arricchimento chimico non siano ben tracciati dalle PNe per via di possibili effetti di "mixing" durante le fasi di evoluzione della stella progenitrice.

- Le proprietà della polvere in ambienti estremamente poveri di metalli: le osservazioni proprietarie con Spitzer hanno rivelato differenze fra la polvere non chimicamente arricchita e quella nella vicinanza del sole, e effetti importanti di estinzione dove non ci sono molti metalli.
- Tassi di esplosione di Supernovae (SN) e l'arricchimento dell'ISM tramite queste esplosioni: lo studio dei tassi di esplosione di SN nelle diverse popolazioni stellari ha permesso l'identificazione di 2 classi di SNIa, risultato che è stato inserito tra gli "Scientific highlights" della rivista Nature.

### ***RadioAstronomia Galattica***

Nell'ambito di questo progetto sono stati investigati i seguenti argomenti specifici:

- studio della formazione stellare attraverso osservazioni (sub)millimetriche in varie regioni di formazione di stelle di alta massa, e confronto tra le abbondanze molecolari osservate e quelle aspettate da modelli chimici. Si è cominciata la ricerca di formazione stellare secondaria, ai bordi delle regioni HII, causata dall'espansione del gas ionizzato, e ai bordi della Galassia. Un fattore importante nel contesto di formazione stellare è rappresentato da outflows e jets altamente collimati, che contribuiscono a dissipare momento angolare dal sistema protostellare. Un'analisi dettagliata dei jets ad alta velocità è stata ottenuta tramite osservazione ad alta risoluzione spaziale e spettrale di emissione dovute a molecole come per esempio la molecola di SiO, la cui abbondanza aumenta considerevolmente come conseguenza di passaggi di onde di shocks associate al processo di perdita di massa.
- studio della variabilità dei maser di H<sub>2</sub>O associati con regioni di formazione stellare. Il campione in esame è il più grande conosciuto e consente di individuare ed analizzare i burst in grande dettaglio.
- studio del mezzo interstellare attraverso l'analisi dell'abbondanza di isotopi, della quantità di polvere nelle nubi molecolari, dell'abbondanza di formaldeide (a 140.8 GHz) nella parte esterna della Galassia. La distribuzione di questa molecola prebiotica verrà usata per delineare la "Galactic Habitable Zone", ovvero la regione dove si hanno condizioni favorevoli per la formazione della vita.
- monitoraggio dell'emissione del maser di H<sub>2</sub>O in un campione di ca. 20 stelle evolute. Per la maggior parte delle sorgenti i dati disponibili ormai coprono più di 15 anni.

### b) Linee di ricerca tecnologiche e infrastrutture innovative

#### ***Sardinia Radio Telescope***

Questo progetto prevede il completamento del radiotelescopio di 64-m in Sardegna denominato Sardinia Radio Telescope (SRT). Il progetto, a carico dell'Istituto di Radioastronomia, era stato inserito nel primo piano triennale dell'INAF. Il progetto è stato trasferito all'OA di Cagliari sotto la guida gestionale e amministrativa del Prof. Nichi D'Amico, ma resta in carico all'IRA gran parte del lavoro tecnologico relativo.

#### ***ItaVLBI – Progetto di Ammodernamento e Sviluppo della Rete Nazionale VLBI***

La partecipazione italiana alle osservazioni VLBI con l'EVN e globali è di grande rilevanza per il coinvolgimento delle antenne di Medicina e Noto. Notevole è l'attesa nella comunità radioastronomica per l'entrata in funzione di SRT. Inoltre, l'Italia dispone di un altro radiotelescopio gestito dall'ASI a Matera. I tre strumenti (+1) devono essere visti nel loro insieme come un unico strumento dalle grandi potenzialità. Si sta attualmente realizzando un progetto di ammodernamento che punta a renderlo capace di operare a frequenze fino a 100 GHz, con le antenne connesse in fibra ottica a larga banda, di dotarlo di back-end di nuova generazione e di dotarlo di un correlatore. In sintesi:

- 1) È stata effettuata la connessione in fibra ottica a larga banda dei radiotelescopi con la rete GARR. In futuro si procederà a ottimizzare le capacità di trasmissione. In questo

ambito esiste una nostra partecipazione al progetto EXPReS finanziato dalla EC che punta al collegamento in fibra ottica dei radiotelescopi dell'European VLBI Network.

- 2) Si sta procedendo al completamento del progetto Digital Base Band Converter. Questo progetto si propone di utilizzare tecniche digitali innovative per back-end VLBI ora operanti in forma analogica. Questo progetto ha ottenuto il patrocinio dell'EVN e vede coinvolti partner di diversi paesi compresa la Cina. Il suo completamento è atteso dalle reti europee e americane che usano la tecnica VLBI per l'astronomia e la geodesia. Le applicazioni industriali sono notevoli;
- 3) Si sono poste le basi per il correlatore VLBI a naturale completamento della rete VLBI. Esso consente di rendere indipendenti le strutture italiane per uno strumento nazionale autonomo ed efficiente di grande rilevanza scientifica, in particolare per osservazioni in riga ad alta risoluzione;
- 4) Si intende dotare il radiotelescopio di Medicina di superficie attiva replicando il sistema (brevettato e con possibili sviluppi di applicazioni industriali) già installato a Noto che si è dimostrato efficiente ed affidabile.

### ***Ricevitori per Radioastronomia***

Sono stati realizzati ricevitori di nuova generazione allo stato dell'arte per avere una copertura continua in frequenza, una commutazione tra ricevitori automatica, remota e veloce (da pochi secondi ai 4 minuti) ed una agilità nel cambio frequenza. L'obiettivo è quello di dotarsi di sistemi riceventi che possono competere a livello mondiale in termini di capacità di progetto e realizzazione di ricevitori multi-feed e mono-feed. I campi applicativi sono:

- dispositivi passivi di illuminazione d'antenna a larga banda, tipicamente del 30%;
- controlli remoti di commutazione tra ricevitori e acquisizione di dati housekeeping;
- raffreddamento criogenico sia del LNA che del feed system, con dewar contenenti masse notevoli.

Globalmente le frequenze da coprire vanno da 300 MHz a 100 GHz. Il ricevitore di nuova generazione operante da 4.3 GHz a 5.8 GHz è stato installato sull'antenna di Medicina e sono stati effettuati i test di verifica. È stato avviato lo studio di fattibilità per sistemi multi-feed a frequenze 35-50 GHz; il prossimo passo riguarda l'intervallo di frequenze 70-115 GHz con relativi sistemi di iniezione di rumore calibrato. La dotazione di accurati strumenti di simulazione elettromagnetica saranno la chiave di verifica della professionalità raggiunta.

È stata inoltre effettuata l'indagine sulla situazione di trasparenza atmosferica ai siti di Medicina e Noto in vista delle osservazioni ad alta frequenza.

### ***Back-end per radioastronomia***

È in corso d'opera la realizzazione dei back-end di nuova generazione, sia per il continuo che per la spettroscopia. Il back-end nel continuo è in fase di prototipo e comprende in un'unica scheda il total-power, un polarimetro e un video-converter. Un back-end spettroscopico è necessario in qualsiasi radiotelescopio operante a lunghezze d'onda centimetriche e millimetriche. Considerate le caratteristiche dei radiotelescopi italiani, in particolare SRT, per poter fornire prestazioni operative allo stato dell'arte, uno strumento di questo tipo deve avere:

- una banda passante istantanea compresa tra 100 MHz e 2 GHz, in modo da coprire la massima banda passante fornita da un ricevitore radioastronomico moderno;
- un numero di almeno alcune decine di canali indipendenti, per analizzare le uscite dei singoli pixel di un ricevitore multi-beam;
- una risoluzione spettrale pari ad almeno alcune migliaia di punti nella banda passante analizzata.

Sono in via di realizzazione strumenti di uso generale, costituiti da una piccola serie di moduli identici, replicabili in maniera economica, ciascuno dei quali in grado di analizzare con adeguata risoluzione una banda istantanea dell'ordine di 100 MHz su un singolo canale. I moduli sono realizzati come schede su uno standard industriale, utilizzando logiche

programmabili veloci, combinabili per realizzare uno strumento a banda istantanea, risoluzione (o numero di canali) maggiore.

L'analisi spettrale viene effettuata utilizzando sistemi FFT polifasici. Per limitare i costi della sezione a radiofrequenza dello strumento si intende utilizzare un sistema di ricevitori digitali sintonizzabili, utilizzando l'esperienza acquisita partecipando al progetto ALMA.

Con un sistema con queste caratteristiche si è in grado di coprire tutte le esigenze osservative in antenna singola, di tipo spettroscopico, polarimetrico e come sistema di sintonizzazione per altre applicazioni come il VLBI. Si intende esplorare la possibilità di un coinvolgimento di industrie nel programma.

### ***Square Kilometre Array (SKA)***

I radiotelescopi di prossima generazione offriranno aree di raccolta di 1 km quadrato con possibilità di osservare grandi porzioni di cielo (FOV) con un grande numero di fasci indipendenti. La formazione di ciascun beam avverrà tramite l'applicazione di algoritmi che permetteranno di puntare gli "zeri" del diagramma di risposta dell'antenna nella varie direzioni, limitandone al massimo gli effetti deleteri. Per dotare lo strumento di queste potenzialità occorre una tecnologia e una capacità di calcolo non ottenibile attualmente. Per lo sviluppo delle tecnologie necessarie per la costruzione dello Square Kilometre Array, il progetto internazionale di radiotelescopio in grado di fare questo, si stanno approntando banchi di prova relativi alle varie tecnologie di sensori più adatti per creare l'array che costituirà il sistema di antenna. Il dimostratore italiano Basic Element for SKA Training (BEST) si basa sul concetto di sensore cilindrico parabolico ottenuto re-ingegnerizzando parte dell'esistente Croce del Nord della Stazione Radioastronomia di Medicina. E' stato ultimato il primo dimostratore relativo a 1 cilindro del ramo Nord/Sud, con 4 ricevitori (170 metri quadri), e si sono fatti test osservativi. E' stata completata la modifica meccanica che permetterà la realizzazione del secondo dimostratore, comprendente 8 cilindri N/S con 32 ricevitori (1410 metri quadri). Il progetto finale prevede la realizzazione di un terzo dimostratore che comprende 14 cilindri N/S e 6 linee sul ramo Est/Ovest, per un totale di 80 ricevitori e 7260 metri quadri di area di raccolta.

### ***ALMA Project: ALMA Regional Centre***

Per favorire lo sviluppo di competenze nel campo dell'astronomia millimetrica ed assicurare un proficuo utilizzo di ALMA, l'INAF ha deciso di partecipare all'attivazione della rete europea degli ALMA Regional Centre (ARC) dell'ESO. ESO si farà carico dei servizi primari di supporto. Una rete di piccoli centri di supporto scientifico distribuiti in diversi paesi costituirà l'interfaccia con gli utenti.

L'IRA con contributo INAF è un nodo ARC che ha come obiettivo primario il supporto agli utenti italiani e anche stranieri. In particolare ARC darà supporto individuale agli utenti nella calibrazione e nella riduzione avanzata dei dati, istruirà i potenziali utenti ALMA, cercherà di incrementare l'utilizzo di ALMA da parte della comunità astronomica italiana.

Per conseguire gli scopi, ARC di IRA dovrà rimanere in funzione per almeno 10 anni a partire da almeno un anno prima delle prime osservazioni, dovrà contare su astronomi esperti, essere dotato di hardware adeguato e mantenere uno stretto contatto con ESO ALMA Centre per gli aggiornamenti sui servizi a carico ESO. Dovrà infine organizzare scuole e congressi inerenti ad ALMA su argomenti specifici che di carattere generale.

E' stato recentemente acquisito un post-doc per questo progetto, col compito di provare la 'pipeline' per la riduzione dei dati (CASA), e di preparare la documentazione per gli utenti dell'ARC di Bologna

### ***Nodo Bolognese di Calcolo***

Da alcuni anni è tornato il bisogno di disporre di strumenti di calcolo con capacità molto superiori a quelle della singola work-station. Questa domanda di potenza elaborativa, che nel caso di correlazione real-time di dati VLBI è  $10^3$ - $10^4$  volte la capacità delle attuali CPU, trova risposta in nodi di calcolo paralleli su reti veloci e con software di nuova concezione in ambienti GRID. La comunità astronomica sta già maturando esperienze nel GRID e, con i PON nel Sud, si sta dotando di avanzati nodi di elaborazione.

L'Istituto di Radioastronomia partecipa all' e-VLBI, al progetto SKA, organizza l'ALMA Regional Centre e deve attrezzarsi per l'analisi dei dati SRT. Il progetto vede la partecipazione dell' OA Bologna che è inserito nel progetto GAIA e coinvolto nello sviluppo di pipeline di riduzione dati per la Ground Base Filter Testing Unit e dello IASF-BO che partecipa alle missioni XMM, Integral, Agile, Planck per la simulazione, riduzione e analisi dati.

Ci si propone di sviluppare la rete in modo da rendere possibile il link ottico di strumenti e di nodi di calcolo dell' INAF. E' stato realizzato il primo nodo di calcolo operante in tecnologia GRID che sarà collegato alle altre infrastrutture dell'area bolognese. Questo rappresenta il primo passo per la realizzazione di un nodo di calcolo parallelo distribuito su tre sedi collegate ad alta velocità e gestito in modo coordinato al fine di offrire un servizio immediato alla comunità astronomica.

In collaborazione con l'osservatorio di Arcetri e l'osservatorio di Trieste, e' stato attivato il servizio sperimentale di VOIP, che permette di convogliare a costo zero le chiamate telefoniche sulle reti di trasmissione dati.

### ***Uso Scientifico delle Osservazioni di Ottica Adattiva***

L'ottica adattiva (OA) è una delle tecnologie di punta dell'astronomia moderna. Alcuni strumenti con ottica adattiva sono già a disposizione della comunità italiana ad ESO e al TNG. Altri saranno disponibili in futuro (LBT).

INAF è molto impegnato in questo settore dal punto di vista tecnologico, ospitando uno dei gruppi leader nel mondo. E' necessario affiancare questa attività tecnologica con iniziative volte a supportare l'attività scientifica in questo settore, far conoscere gli strumenti a disposizione e a preparare la comunità all'uso dei nuovi strumenti. Nel'ambito di questo progetto, e' stato organizzato un meeting per:

- discutere i futuri strumenti di OA per LBT
- favorire il coordinamento tra i gruppi tecnologici e scientifici;
- favorire lo scambio di esperienze tra i gruppi che già usano OA;
- favorire il coordinamento con i gruppi internazionali in questo settore;
- sviluppare i casi scientifici per l'uso dei nuovi strumenti di OA, sia single che multi-conjugated.

E' stato inoltre approntato un software per l'identificazione delle stelle di guida.

### ***Protezione Frequenze Radioastronomia***

La protezione delle frequenze assegnate al servizio di radioastronomia necessita di varie attività da svolgersi sui seguenti livelli di intervento:

- 1) LOCALE presso le stazioni radioastronomiche INAF di Medicina, Noto, SRT e Trieste con attività: a) sperimentale con la progettazione ed allestimento della strumentazione; b) operativa con campagne di monitoraggio giornaliero delle bande riservate alla radioastronomia e identificazione delle interferenze e della loro ubicazione; c) decisionale ed amministrativa per azioni attraverso gli Uffici Territoriali competenti;
- 2) NAZIONALE mediante contatti diretti con l'Amministrazione Nazionale (Ministero Comunicazioni);
- 3) INTERNAZIONALE con la partecipazione alle azioni del Committee for Astronomical Frequencies (CRAF) fondato dagli Osservatori radioastronomici europei.

Sono state identificate circa 70 stazioni interferenti e inoltre si sono mantenute le relazioni a livello nazionale e internazionale attraverso la partecipazione a gruppi di lavoro.

### ***Attività osservativa***

Le antenne di Medicina e Noto hanno portato avanti regolarmente l'attività osservativa effettuando :

- circa 90 giorni di osservazioni entro la rete VLBI, a frequenze da 1.4 GHz fino a 22 GHz;
- circa 25 giorni per osservazioni nella rete geodinamica.

L'antenna di Medicina ha inoltre partecipato alle osservazioni e-VLBI (cioè nella rete di VLBI in real time) per 10 run di 24h ciascuno. Da notare che pochissime antenne della rete sono in grado di fare queste osservazioni e quindi ciascuna di queste è cruciale.

Nel 2006 sono state inoltre approvate 29 richieste di tempo di osservazione, per un ammontare di ~150 giorni di tempo totale. Tali richieste coinvolgono sia progetti italiani che progetti stranieri. I progetti approvati sono sia di carattere astronomico che geodinamico. Alcuni progetti chiedono simultaneamente l'utilizzo sia di Medicina che di Noto. Quasi la metà dei programmi richiesti sono di tipo "monitoring radio" e fanno parte di progetti di più ampio respiro che coinvolgono collaborazioni con ricercatori appartenenti alla comunità ottica e X.

Va rilevata l'importanza del ricevitore a 43 GHz a Noto che è stato ampiamente utilizzato in quanto, combinato con la presenza di superficie attiva, offre prestazioni di altissimo livello.

### **3. ATTIVITA' DI ALTA FORMAZIONE E INTERAZIONE CON LE UNIVERSITA'**

Le interazioni della Struttura IRA con le Università sono forti in tutte le sedi in cui l'IRA ha una sezione o un gruppo di ricercatori: Catania, Cagliari, Firenze e, in particolare, Bologna.

*Corsi* - attualmente il personale IRA ed associati tengono otto corsi universitari per un totale superiore alle 350 ore di lezioni annue.

*Tesi di Laurea* – Sono state assegnate 7 Tesi di laurea nel 2006 di cui 2 laurea Triennale, 3 laurea Quadriennale (vecchio ordinamento) e 2 laurea Specialistica. Ci sono inoltre ulteriori 9 tesi di laurea in corso.

*Tesi di dottorato* – L'IRA ha seguito 11 Tesi di Dottorato di cui 4 già discusse nel 2006.

*Seminari* – Nel 2006 sono stati presentati all'IRA circa 65 seminari, comprendenti quelli da parte di personale interno e circa 25 da parte di ricercatori di altri istituti sia italiani che stranieri.

*Scuole e congressi* – L'IRA è coinvolto in progetti europei che presuppongono l'organizzazione di workshop, scuole, meeting con molta frequenza, sia presso le sedi della struttura sia partecipando alla loro realizzazione. Organizzati in sede uno o due all'anno.

### **4. ATTIVITA' DI OUTREACH E MUSEALI**

L'IRA gestisce il Centro Visite "Marcello Ceccarelli" aperto al pubblico sin dal 15 Ottobre 2005. Il Centro è situato presso la Stazione Radioastronomica di Medicina. Per il 2006 questa attività è stata assicurata dal supporto del Dipartimento Strutture di ricerca dell'INAF che ha finanziato una borsa di studio per la gestione e lo sviluppo del centro. La persona incaricata è coadiuvata nel suo lavoro da diversi ricercatori e tecnici dell'IRA. Nel 2006 si è proceduto a un aggiornamento dell'allestimento e dell'esposizione nella mostra permanente del Centro Visite. Sono state organizzate visite guidate per le scuole e per il pubblico. L'afflusso di scolaresche e pubblico è stato di oltre 5000 visitatori, di cui circa 700 privati.

Sono stati organizzati eventi di divulgazione e comunicazione, tra cui la manifestazione "Al centro della Radioastronomia" (5 serate di conferenze aperte al pubblico).

Ci si propone in futuro di aumentare le sinergie nell'attività di outreach con l'Osservatorio Astronomico di Bologna e lo IASF-Bologna.

Il personale dell' IRA è da sempre impegnato in attività di divulgazione attraverso conferenze, visite nelle scuole e articoli su giornali e riviste. Una quantificazione di quanta attività si pensa di fare in questo settore è difficilmente stimabile al momento attuale.

## **5. PERSONALE**

Nel corso del 2006 ci sono stati i seguenti cambiamenti:

- cessazione di 1 operatore tecnico, che è stato collocato in pensione;
- acquisizione di un ricercatore (III livello) per trasferimento dallo IASF di Bologna;
- avanzamenti di livello, conseguenti all'espletamento dei concorsi CNR-art 64; in particolare 3 Primi Ricercatori sono transitati a Dirigente di Ricerca (I livello) e 3 ricercatori sono transitati a Primo Ricercatore (II livello).

E' stato espletato il concorso per 2 collaboratori di amministrazione VII livello, a TD, indetti con bando 06/2005/IRA/ART15, ma non si è ancora potuto procedere all'assunzione, in quanto manca l'autorizzazione dell'INAF.

E' stato espletato il concorso CNR per ricerche nelle aree del Mezzogiorno per 2 Tecnologi (III livello). Questi posti erano stati acquisiti per la costituenda sezione di Cagliari dell'IRA, resta da determinare dove verranno assegnati i vincitori dopo l'assunzione.

Nella stima del fabbisogno di personale si tiene conto, tra l'altro, del fatto che nel prossimo biennio 12 unità di personale matureranno i requisiti necessari per il pensionamento (11 ricercatori e tecnologi, 1 tecnico).

### Fabbisogno di personale

Per lo sviluppo dell'attività di ricerca e tecnologica, e per il supporto amministrativo e i servizi, si ritiene un fabbisogno di personale come segue:

#### a) Amministrazione e Servizi

Segreteria	2	
Servizi generali	1	
Amministrazione	2	(di cui 1 da concorso già espletato)
Gestione Personale	1	(da concorso già espletato)

#### b) Ricercatori e tecnologi

Ricercatori	10
Tecnologi	5
Tecnici	5

### Situazione del personale

Si indica tra parentesi l'eventuale variazione rispetto alle tabelle dell'anno precedente.

DR	6 (invece di 4)
PR	10 (ok)
Ric	17 (invece di 22)
Ric TD	0 (invece di 2)
DT	1 (ok)
PT	5 (ok)
Tecnol	3 (invece di 5)
Tecnol TD	7 (invece di 3)
Assegnisti	8 (invece di 5)
Borsisti	5 (invece di 2)
Funz.Amm.	1 MA AL 50% QUINDI DIVENTA 0.5
CTER	22 (invece di 23) MA 1 E' AL 70% QUINDI DIVENTA 21.7
Coll.Amm	4 MA 1 E' AL 70% E 1 AL 60% QUINDI DIVENTA 3.3
Op.Tec.	4 (invece di 5)
CTER TD	2 (invece di 1)
Coll.Amm TD	1 (ok)

## 6. FINANZIAMENTI

*Finanziamenti ricevuti nel 2006 (in kEuro): un asterisco indica i fondi a durata pluriennale*

	<b>2006</b>
FFO INAF	1230
Ricerca di base	290
Dip Progetti INAF	300
Altri fondi INAF (UIT, altri)	145
PRIN	65*
ASI	115*
UE	495*

## 7. PUBBLICAZIONI 2006

Le pubblicazioni 2006 dell'IRA (vedi allegato) sono riassunte in Tabella.

<b>Tipo</b>	<b>Numero</b>
Riviste con referee: pubblicati	74
“ in stampa	29
“ sottomessi	7
Relazioni su invito	14
Presentazioni a congressi	109
Rapporti tecnici	21

Altre pubblicazioni	3
<b>TOTALE</b>	<b>257</b>

## **8. PUNTI DI FORZA ED ELEMENTI DI CRITICITA'**

Punti di forza della Struttura:

- Distribuzione sul territorio nazionale
- Punto di riferimento interno ed internazionale per le attività radioastronomiche
- Buoni e intensi rapporti con l'Università (in tutti i luoghi dove IRA ha una sede)
- Produzione scientifica numericamente elevata e di punta
- Ottimo inserimento nei progetti finanziati EC
- Ottimi rapporti internazionali
- Forte gruppo tecnologico capace di realizzazioni innovative
- Unico soggetto capace di gestire la realizzazione di grandi strumentazioni radioastronomiche

Elementi di criticità:

- Carenza prolungata di assunzioni di giovani ricercatori
- Alta età media del personale di ricerca (in particolare nella sede di Bologna)
- Eccessive attività di tipo burocratico affidate a ricercatori
- Carenza di personale di segreteria ed amministrativo
- Limitate risorse per funzionamento e ricerca di base
- Elevato numero di precari
- Carenza di personale di ricerca alla sezione di Noto