



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	196
Publication Year	2022
Acceptance in OA@INAF	2022-11-09T09:41:55Z
Title	ICT ed E-Infrastructures in INAF
Authors	ZERBI, Filippo Maria, SMAREGLIA, Riccardo
Affiliation of first author	Direzione Scientifica
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/32712 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/196

ICT ed E-Infrastructures in INAF.

Relazione redatta dalla Direzione Scientifica

Il Direttore Scientifico - Dr. Filippo Maria Zerbi

Il Responsabile ICT – Dr. Riccardo Smareglia

INDICE

Introduzione	4
Ricognizione delle esigenze nel settore	5
Esigenze di HPC/HTC	5
Modelli teorici e simulazioni	6
Missioni spaziali	7
GAIA	7
Euclid	7
Grandi infrastrutture da terra	8
SKA	8
ASTRI Mini Array e CTA	8
Altre (LOFAR, Rubin-LSST,...)	9
Esigenze di Archivio	9
Conservazione dei dati (long term Preservation)	10
Infrastrutture da Terra	10
Missioni Spaziali	10
Calcolo Teorico	11
Fruizione dei dati	11
Infrastrutture da Terra	11
Missioni Spaziali	12
FAIR, Virtual Observatory e Open Access	12
Terza Missione	12
Ricognizione dell’Offerta nel settore, presente e in prospettiva	13
Calcolo	13
Accordo con il CINECA	13
CHIPP	14
Cloud Commerciale (Google Cloud, AWS, ...)	14
Tecnopolo Bologna	15
Altre realtà’ (SRT center, ...)	15
Archivi	15
IA2	16
SSDC	16
Altro (GAIA, VST-DC, LBC -SC)	16
Iniziative Sinergiche a livello nazionale e internazionale	17
Progetti e Sinergie Nazionali	17
ICDI	17

HPC4NDR - High Performance Computing for Natural Disaster Resilience (Abruzzo)	18
COMETA	18
EuroHPC / Leonardo	19
Progetti Europei	19
ESCAPE	19
AENEAS	20
NEANIAS	20
EUROEXA	20
SKA Regional Centres	20
Nuovo Modello di Governance per il settore	22
Una E-infrastructure in INAF per la implementazione e gestione delle attività IT	22
Prospettive di corto termine	25
La UTG "Astrofisica Computazionale".	26
Conclusioni	27

1. Introduzione

Nella storia recente dell'Astrofisica le infrastrutture informatiche sia di calcolo che di archiviazione e fruizione degli archivi sono state di crescente importanza per la produzione di risultati scientifici di eccellenza. Infrastrutture di piccola e media scala, dalla workstation individuale al centro di calcolo di struttura, hanno lasciato posto alla necessità di accesso a medie e grandi infrastrutture centralizzate a cui garantire accesso ai ricercatori.

L'adesione dell'INAF a grandi infrastrutture di ricerca di livello mondiale, ad esempio SKA e CTA, e il crescente proliferare di iniziative nazionali, europee e mondiali di creazioni di cluster di calcolo o cloud di archiviazione condivisi, ha ulteriormente innalzato il livello di esigenze, correnti e future, della comunità scientifica rendendo opportuno un cambio di passo a livello di Ente nell'approvvigionamento, gestione, offerta e coordinamento delle risorse di calcolo ed archiviazione per l'Astrofisica.

Esiste pertanto un generale consenso nella comunità circa la necessità di riformare ed aggiornare l'offerta di Information technology (ICT) interna ad INAF per adeguarla alle nuove sfide che si prospettano all'orizzonte, legate ad un ruolo sempre più crescente della componente informatica nella produzione, qualificazione, conservazione e fruibilità del dato osservativo e teorico in Astronomia e Astrofisica.

La via maestra, in linea con le tendenze internazionali, è la centralizzazione della ubicazione ed erogazione delle risorse in un contesto di competenze distribuite. Infatti una proliferazione non coordinata di centri di calcolo di piccole dimensioni, quanto si otterrebbe distribuendo senza criterio le componenti di nuova acquisizione presso le varie strutture di ricerca, implicherebbe una crescita dei costi indiretti ed una riduzione dell'efficienza del sistema complessivo causata dalla frammentazione.

Passi importanti in questa direzione sono già stati intrapresi dall'Ente. Tra questi il più rilevante è senza dubbio l'investimento nel "tecnopolo" di Bologna, occasione per una azione integrata in un contesto dinamico e riconosciuto a livello governativo e nazionale ed in una prospettiva di medio-lungo termine. Altri importanti passi intermedi sono resi possibili da opportunità come quella recentemente concretizzata di rilevare in comodato d'uso parti del cluster denominato "Galileo" in via di dismissione da parte del CINECA.

Questo documento presenta una analisi di scenario delle esigenze attuali o previste per il prossimo futuro in termini di infrastrutture informatiche, l'offerta attualmente disponibile a copertura di queste esigenze e la prospettiva di evoluzione dell'offerta a copertura delle esigenze previste. Il documento include inoltre una proposta di futura governance del settore, basata su un soggetto attuatore autonomo, la e-infrastructure di INAF, ed un soggetto preposto al coordinamento, controllo e ruolo abilitante per il settore, la UTG "Astrofisica Computazionale".

2. Ricognizione delle esigenze nel settore

2.1. Esigenze di HPC/HTC

Al contrario di altri campi di ricerca nella fisica la ricerca in campo Astrofisico copre una larghissima varietà di attività sperimentali e teoriche. Per questa ragione non è possibile definire un unico “modello di calcolo” che possa rispondere a tutte le esigenze dell’Ente. Le esigenze riconosciute vanno dal High Performance Computing (HPC, calcolo parallelo fino a migliaia di cores e acceleratori e petabytes di dati), a sistemi ad alto Throughput, al grande uso di memoria, etc..

Questa diversificazione delle esigenze, unita alla parcellizzazione in progetti ciascuno con la propria fonte di finanziamento, ha determinato un ritardo per INAF nel dotarsi di un sistema coordinato di accesso al calcolo, lasciando ad ogni gruppo di ricerca l’indipendenza nella acquisizione e gestione delle risorse necessarie per il gruppo di ricerca stesso.

Stante che vari gruppi di ricerca hanno usufruito per anni delle risorse del CINECA o di altri Istituti italiani o esteri, questo modello è stato funzionale per progetti di piccola o media entità per i quali l’acquisizione di hardware dedicato e’ sostenibile dal finanziamento del progetto stesso e per il quale i tempi di obsolescenza e di durata del progetto coincidevano. I limiti del modello sono parsi evidenti quando le esigenze di calcolo sono diventate maggiori di pari passo al tempo di vita in attività richiesto per le stesse. E’ il caso degli archivi nazionali e dell’accesso a infrastrutture per HPC ed HTC.

A partire dal 2016 la comunità scientifica INAF ha espresso chiaramente l’esigenza di accesso a sistemi di calcolo ad alte prestazioni, sia HPC che HTC, di dimensioni molto maggiori rispetto alle capienze finanziarie del singolo progetto e pertanto necessariamente in condivisione tra più progetti. Da qui l’idea di perseguire la realizzazione di una infrastruttura informatica (e-infrastructure) di Ente con uno stream di finanziamento proprio o con la possibilità di ripartire i costi pro-quota per uso nei vari progetti.

Programmi pilota come il programma CHIPP o l’accordo con il CINECA per l’uso delle risorse di calcolo hanno funzionato negli ultimi quattro anni come pathfinders per la definizione del modello di e-infrastructure adatto per INAF.

La citata diversificazione delle esigenze comporta la necessità di una offerta versatile che vada oltre il centro di calcolo “classico” costruito con le specifiche di un singolo progetto. Tale offerta non potrà che essere la linea guida per la realizzazione di una e-infrastructure adeguata alle esigenze dell’INAF. Riportiamo nei prossimi paragrafi una rassegna delle principali esigenze sottolineandone le peculiarità. Questa lista non pretende di essere esaustiva ma solo un esempio del livello di esigenza che la comunità per la propria attività tecnico-scientifica.

2.1.1. Modelli teorici e simulazioni

In una ricognizione condotta qualche anno fa emerse chiaramente come la comunità INAF fosse efficiente nell'ottenere grant di calcolo presso i maggiori centri europei (sia direttamente al CINECA, che tramite PRACE). La stessa ricognizione lamentava la mancanza di un accordo diretto con il CINECA per valorizzare l'attività dell'istituto. Si esprimeva inoltre l'esigenza di avere un supporto diretto sull'esecuzione dei codici ed uno spazio di archiviazione adeguato (allora stimato in oltre 2 PB/anno). A seguito della ricognizione l'accordo con il CINECA è stato effettivamente sottoscritto e si è creato il progetto CHIPP per rendere fruibili le pur scarse risorse di calcolo proprietarie di INAF.

I codici massicciamente paralleli che attualmente utilizzano l'infrastruttura del CINECA riguardano un ampio spettro della ricerca teorica nella Astrofisica e Cosmologia di oggi: AGN e jet relativistici, dischi galattici, formazione stellare, studi di ammassi e cluster, dinamica stellare e onde gravitazionali, struttura a larga scala dell'universo, magnetodinamica ecc.

Alcuni di questi codici sono già consolidati nella comunità (ad esempio Flash, Ramses, Einstein toolkit, ...), e il gruppo che li utilizza sviluppa alle volte solo moduli o parti del software, per altri di questi codici la situazione è differente. Per alcuni (ad esempio GADGET) il gruppo è da lungo tempo nel core tema di sviluppo, per altri il gruppo è l'autore originario del codice (ad esempio Pluto, HiGPU, CAMELIA, ...); si tratta quindi di risorse preziose nel panorama della ricerca in HPC astrofisico.

Diversi di questi codici utilizzano GPUs o altri acceleratori e alcuni di questi sono in attivo re-engineering verso uno scenario exascale o post exascale. Molti altri software (inclusi quelli di data reduction) potrebbero trarre vantaggio da sistemi con GPUs questo però implica una re-ingegnerizzazione dei codici stessi che ad oggi, sono prevalentemente codici scarsamente ottimizzati e pensati per architetture tradizionali.

Attività strettamente collegata alle simulazioni numeriche è la parte di Data Exploration intesa sia come post-processing dei dati che in termini di Visual Analytic e Machine Learning. In particolare la Visual Analytic combina metodologie automatiche di analisi con interazione visuale e operazioni di decision making finalizzate alla comprensione di set di dati molto grandi e complessi. Un approccio visuale aiuta a interpretare enormi quantità di dati e ad acquisire informazioni sulle loro dipendenze.

La Data Exploration può utilizzare inoltre tecniche di Machine Learning che con differenti paradigmi (ad esempio apprendimento supervisionato, non supervisionato, per rinforzo) e attraverso differenti metodi statistici, migliorano progressivamente la performance di un algoritmo nell'identificare pattern nei dati. Data exploration si appoggia a risorse cloud ma sempre più si sta spostando verso l'utilizzo di attrezzature di tipo HPC come nei casi di Extreme data exploration anche risorse HPC

2.1.2. Missioni spaziali

La parte computazionale relativa alle missioni spaziali è normalmente coperta da finanziamenti ad hoc che arrivano generalmente dall'ESA e dall'ASI. Questi finanziamenti spesso coprono però solo certe fasi dello sviluppo della missione, in particolare lo sviluppo avanzato, la costruzione e le operazioni. Fondi per finanziare le prime fasi di un progetto o anche lo sfruttamento scientifico finale sono spesso molto più difficili da reperire. Si nota infine la mancanza di una politica di conservazione dei dati intermedi mentre quelli finali sono di norma gestiti direttamente dalle agenzie, spesso solo in parte fruibili. Anche durante le operazioni le agenzie fanno spesso ricorso ad infrastrutture esterne industriali con evidenti aggravii di costo.

2.1.2.1. GAIA

Un esempio corrente di quanto indicato sopra è costituito dalla missione GAIA. Il DPCT, il Data Processing and Analysis Center Italiano realizzato per la missione Gaia da ASI ed INAF è appoggiato presso gli stabilimenti della ALTEC di Torino. La missione, prorogata una volta fino alla fine del 2020 ed in fase di successiva proroga per altri 2 o 4 anni, ha visto in Italia lo sviluppo di un database superiore ai 1.3 PB, ancora in crescita visto l'estensione della missione oltre ad un accordo quadro con la Oracle U.S. Parte del calcolo viene eseguito presso il CINECA attraverso un accordo dedicato. E' importante notare che il DPCT è l'archivio più grande e complesso mai realizzato in Italia per l'astronomia.

2.1.2.2. Euclid

I dati che saranno prodotti da Euclid, dalla camera VIS, NISP (fotometrica e spettroscopica) ammontano a circa 200 GB al giorno non compressi portando il totale a circa 500 TB per l'intero periodo della missione nominale (6 anni a partire dal 2022).

Tali dati saranno l'input per l'ECSGS (Euclid Consortium Science Ground Segment) che garantisce la manutenzione e le operazioni degli strumenti ed esegue l'elaborazione dei dati dalla telemetria ai prodotti scientifici della missione. L'ECSGS È composto dai Science Data Center (SDC) incaricati dell'elaborazione dati, preparazione di prodotti scientifici, simulazioni, ingestione di dati esterni e, in generale, di tutta l'analisi. Gli SDC sono attualmente nove e si trovano in Svizzera, Germania, Spagna, Finlandia, Francia, Italia, Paesi Bassi, Regno Unito e Stati Uniti. Una prima stima delle risorse di calcolo e di storage necessarie all'intero SGS è fornita nel documento "Euclid SGS Data Processing Technical Budget" e prevede un totale di 100 PByte di storage a fine missione (2028).

Le risorse di calcolo sono dominate dagli algoritmi necessari alla creazione delle covariance Matrix, di estrapolazione scientifica e simulazioni, la stima, basata sullo stato degli algoritmi a due anni prima del lancio e' di 35000 cores dedicati.

L'Italia contribuirà, attraverso l'SDC-IT, con circa il 20% delle risorse , quindi 20 PB e 7000k core il cui posizionamento e' già previsto presso L'Altec.

2.1.3. Grandi infrastrutture da terra

2.1.3.1. SKA

I dati primari prodotti da SKA saranno generati da due siti basati su piattaforme High Performance Computing (HPC) denominati Science Data Processors (SDP) che fanno direttamente parte dello strumento. Tali dati non saranno comunque nel formato definitivo per essere immediatamente utilizzati per gli scopi scientifici. A tale scopo, l'elaborazione secondaria (post-elaborazione) dovrà essere eseguita presso centri regionali denominati SRC (**SKA Regional Center**).

Sono previsti 6 SKA-RC internazionali. Lo SRC Europeo sarà distribuito in diversi siti europei, con diversificati paradigmi computazionali (Cloud Computing, HPC e altre tipologie di piattaforme) con archivio e storage distribuito.

Gli studi fin qui fatti relativi al dimensionamento dello SRC Europeo, hanno indicato le risorse minime necessarie per il sistema europeo a partire dal 2022. Sono richiesti in totale **29 PFlops** continui di prestazione computazionale (tipico di un sistema TIER-0 di livello attuale come quello del CINECA) e **750 PByte per anno** per i prossimi 10 anni. Si stima inoltre una necessità di data rate di **60 Gbit/sec** continuo.

2.1.3.2. ASTRI Mini Array e CTA

Il Mini-Array ASTRI rappresenta un importante passo preliminare dell'INAF verso la realizzazione del progetto internazionale CTA. I nove telescopi della classe SST che compongono il mini-array produrranno all'incirca 6 TB per notte che, considerando i vari prodotti di processare to, rappresentano quasi 1 PB per anno, ai quali va aggiunto un altro PB per i dati simulati. Questo porterà indicativamente ad un archivio finale, dopo 5 anni, di circa 6PB con una necessità di calcolo di almeno 1000 core/anno. Se si aggiunge anche l'interferometria di Intensità Ottica l'archiviazione di tali dati ed il processamento degli stessi richiede, per 5 anni di osservazioni, ulteriori 10 PB di archivio e circa 1000 cores/anno per il processamento.

Per il CTA (Cherenkov Telescope Array) gli oltre 100 telescopi di tre tipologie differenti (LST, MST e SST) distribuiti su due siti produrranno circa 600 GB/s corrispondenti a circa 1000 PB/anno che ridotti e compressi direttamente al sito dovrebbero scendere fino a circa 6PB/anno per entrambi i siti. Per quel che riguarda le simulazioni necessarie alle calibrazioni possiamo stimare a regime circa 20 PB costanti nel tempo per una previsione di circa 60 PB in 10 anni. Riguardo alla CPU necessaria per processare dati e simulazioni si può considerare un incremento nel corso degli anni necessario al processamento dei dati ed anche al

riprocessamento di dati e simulazioni che si può quantificare il circa 1500-9000 cores/anno su 10 anni. Il possibile contributo dell'Italia al progetto su questo specifico settore si potrebbe quantificare in circa un quarto o un quinto delle risorse qui sopra elencate.

2.1.3.3. Altre (LOFAR, Rubin-LSST,...)

Esistono altri casi di rilevanza, tra i quali LOFAR e Rubin-LSST. Per quest'ultimo è stato appena richiesto un supporto al calcolo. In questo caso, come puro esempio si può considerare che un centro dati "lite" necessario a gestire il solo catalogo Rubin-LSST (e non il processamento delle immagini) richiederà circa 10PB di dati e 20MCPUs-hr/anno.

2.2. Esigenze di Archivio

Esistono due tipi di approcci alla gestione dei dati. Il primo si limita alla semplice archiviazione, ovvero a provvedere un luogo dove l'utente o il gruppo di ricerca può salvare e scambiare i propri dati o conservarli per un futuro utilizzo. Il secondo consiste nel predisporre un'organizzazione adeguata dei dati in un archivio in modo che soddisfino il più possibile il principio cosiddetto FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). IN quest'ultimo caso è essenziale una interazione stretta tra la parte tecnologica IT e quella scientifica per rendere il dato fruibile non solo al proprietario ma alla comunità tutta.

In astrofisica la preservazione dei dati osservativi è fondamentale. I tempi scala dell'evoluzione di alcuni eventi nell'Universo attraversano i secoli e ciascuna generazioni di astrofisici ha il dovere di preservare i dati acquisiti con il mezzo tecnologico ritenuto al momento il più duraturo tramandandoli alle generazioni successive.

Come in altre discipline in campo astronomico sono fondamentali sia le correlazioni tra dati acquisiti e dati di archivio che i confronti con le simulazioni. Ci sono vari livelli e modalità di salvataggio dei dati astrofisici: la pura preservazione, l'archiviazione e la pubblicazione dei dati. Nel primo caso si parla di *data preservation* (o *save the bit*), in cui viene garantito il salvataggio e l'integrità nel tempo dei dati in quanto sequenza di bits e quindi non necessariamente la scienza e conoscenza ad essi connessa. Nel secondo caso invece i dati vengono preservati in modo fruibile trasmettendo ad una vasta comunità di utenti presenti e futuri la scienza e la conoscenza insieme al dato stesso. Nel terzo infine i dati vengono archiviati con l'aggiunta di infrastrutture di servizi per la fruibilità, condivisione, interoperabilità e visibilità a tutta la comunità astronomica tramite protocolli standardizzati (vedi Virtual Observatory, utilizzo dei DOI per i dataset, persistent links etc..).

Si aggancia al salvataggio e archiviazione dei dati anche una parte non trascurabile e sempre più cruciale per la pubblicazione dei risultati scientifici che è la definizione di identificatori persistenti univoci per i dataset e il software utilizzato nella riduzione e analisi dati, nonché la *data curation*. L'attività di *data curation* è fondamentale per garantire la pubblicazione di dati consistenti alle osservazioni, simulazioni o analisi.

Le attività legate all'archiviazione in ambienti distribuiti, alla cura e preservazione dei dati richiedono infrastrutture capaci di garantire un livello di affidabilità e operatività elevate,

soprattutto nell'ottica di offrire questo genere di garanzie su moli di dati dell'ordine di decine di PB. Le infrastrutture ad oggi presenti in INAF, o ad esse associate, in grado di garantire questo livello di affidabilità sono principalmente IA2 ed ASI-SSDC, quest'ultima una infrastruttura ASI operata da personale INAF ed in misura minore INFN.

L'archivio INAF IA2 ha preso in carico nel tempo i dati di molte delle infrastrutture da terra dell'INAF o afferenti all'INAF. Esistono poi, per ragioni storiche o pratiche, diversi archivi dedicati a strumenti o progetti, aperti solitamente alla comunità di riferimento, che soffrono i problemi di sostenibilità e frammentazione di cui si è estesamente discusso in questa relazione.

A differenza delle esigenze di calcolo, l'hardware necessario agli archivi è sostanzialmente trasversale al tipo di dato prodotto e le piattaforme sono simili e rispondenti a standard internazionali largamente condivisi.

2.2.1. Conservazione dei dati (long term Preservation)

2.2.1.1. *Infrastrutture da Terra*

I dati provenienti da strutture a terra come telescopi ottici o radio presentano delle affinità e delle problematiche simili. Tra le affinità la più evidente è la tipologia delle metadescrizioni. Il dato contenente il contenuto scientifico osservativo è corredato di una serie di parametri ingegneristici e tecnici che sono indispensabili per il suo processamento.

Talvolta il dato è composto da più unità o files di diverso formato che completano la descrizione delle condizioni ambientali dell'osservazione, fondamentali per una ricostruzione del segnale e per la sua comprensione. Tutti i dati osservativi da telescopi da terra possono venir gestiti tramite la separazione dei metadescrittori in basi dati tipicamente relazionali e dato (completo di tutto) salvato nello storage.

Si sottolinea che i data acquisiti da telescopi a terra presentano delle flessibilità nella compilazione utili per ampliare la possibilità di scelta nelle modalità osservative e nello sfruttamento dei Target of Opportunity e nel contempo sono prони a permettere una errata compilazione per cui i processi di data curation a posteriori sono diventati essenziali, con una conseguente ricaduta sulla metodologia di preservazione dei dati.

La preservazione dei dati ridotti che ne consegue, risente di quanto descritto prima. L'interazione dell'utente con team di riduzione dati, archivio e centro di calcolo è una realtà consolidata soprattutto per alcune facilities (es. ALMA), quindi le piattaforme di archiviazione devono poter offrire spazi di storage temporaneo che permetta anche la condivisione di dati, documenti, note, ticket etc,...

2.2.1.2. *Missioni Spaziali*

A differenza del caso precedente, i dati derivati dalle missioni spaziali sono per propria natura rigidamente standardizzati e sebbene molto spesso abbiano formati simili a quelli dei telescopi a terra, risultano meno soggetti a azioni di data curation che vengono già fatte in sede di progetto.

2.2.1.3. Calcolo Teorico

Sebbene nel caso delle simulazioni teoriche vi sia la possibilità di riprocessamento e quindi di una nuova generazione del dato simulato, l'importanza della sua archiviazione e fruibilità è in ogni caso strategica. Solitamente nei centri di calcolo alle simulazioni viene dato uno spazio disco temporaneo oltre al fatto che sono dati di dimensioni tipiche ragguardevoli per singola snapshot. Questo significa che il ricercatore che deve analizzare i dati simulati si trova con un vincolo temporale di presenza sugli storage di calcolo e con la necessità di migrare su infrastrutture storage che possano garantire la preservazione a lungo termine, possibilmente connesse a piattaforme di visualizzazione, analisi e confronto con i dati osservativi. La long preservation è attualmente una delle attività più frequenti dagli utenti di questo settore astronomico sebbene esistano standard di pubblicazione dei dati teorici molto ben consolidati.

2.2.2. Fruizione dei dati

In INAF, l'infrastruttura IA2 offre piattaforme di retrieval di dati astronomici sia grezzi che ridotti, corredando i portali di ricerca di dati con un spazio utente dove salvare temporaneamente i data set di interesse o la creazione di listati in formato standard per il download automatico.

In più stanno emergendo prepotentemente necessità di spazi di condivisione dati, di supporto per la creazione di prodotti avanzati quali Digital Object Identifiers per i datasets e per i software di riduzione e analisi utilizzati per l'indagine scientifica. La sinergia tra gli spazi archivi IA2 e i servizi messi a disposizione dall'ICT dell'ente è strategica per dare supporto alla comunità scientifica INAF nella pubblicazione di articoli sulle maggiori riviste referate che richiedono, in accordo con le direttive della comunità internazionale ed europea per l'Open Access ai dati, di dotare le pubblicazioni delle maggiori informazioni possibili per la ricostruzione del risultato scientifico descritto nell'articolo.

Per questa ragione la componente calcolo e la componente archiviazione è opportuno che continuino ad essere intimamente dialoganti nella nuova governance del ICT INAF in definizione.

2.2.2.1. Infrastrutture da Terra

Come in precedenza anticipato, il dato osservativo da terra viene nella maggior parte dei casi pubblicato tramite protocolli standard che garantiscono l'interoperabilità tra le varie collezioni dati alle varie lunghezze d'onda o energie. L'accesso ai repository o archivi avviene tramite interfacce programmatiche web based o tramite accessi alle macchine dedicate all'utenza e connesse agli storage. I più grandi progetti da terra si stanno o si sono già dotati di interfacce grafiche web dotate di meccanismi di autenticazione e autorizzazione che

permettono ai gruppi di ricerca di accedere agli archivi. Alcuni esempi possono essere gli archivi dei telescopi ESO o del Centro Dati CADC, CSIRO etc. In INAF, l'infrastruttura IA2 offre lo stato dell'arte delle piattaforme di retrieval di dati astronomici sia grezzi che ridotti, corredando i portali di ricerca di dati con un spazio utente dove salvare temporaneamente i data set di interesse o la creazione di listati in formato standard per il download automatico.

2.2.2.2. Missioni Spaziali

La fruizione dei dati delle Missioni Spaziali è di responsabilità delle Agenzie che li possiedono e li conservano. INAF partecipa attivamente con personale proprio ad SSDC, la infrastruttura di archivio e disseminazione di ASI.

E' auspicabile per il futuro una ancor più stretta interazione tra gli archivi ASI e quelli INAF per migliorare il servizio di fruizione degli archivi astrofisici da parte degli utenti.

2.2.2.3. FAIR, Virtual Observatory e Open Access

Con lo sviluppo degli archivi digitali, soprattutto nella comunità astronomica sviluppato alla fine del secolo precedente la necessità di permettere l'interoperabilità dei dati astronomici, necessità che ha portato nel 2001 alla creazione del IVOA (international Virtual Observatory Alliance). Questa filosofia e' poi risultata vincente tanto che negli anni successivi si e' sviluppata anche per altre discipline questa necessità di interoperabilità dei dati e che ha portato allo sviluppo del concetto FAIR. Nella stessa linea si sono anche sviluppati , sia a livello Europeo che a quello mondiale la coscienza di voler rendere pubblici tutti i dati della ricerca, soprattutto quelli finanziati con soldi pubblici , e quindi il concetto di Open Access. Tutto cio' pero' implica una preservazione ed una cura del dato che deve seguire degli standard definiti a livello mondiale affinché sia prima di tutto Accessibile, poi Fruibile , e quindi spiegato nella sua natura intrinseca. I passi successivi sono la possibilità di riusarlo o ricrearlo e questo implica oltre al salvataggio del dato originale (raw) e quello finale, anche delle procedure per passare da uno all'altro.

In questo contesto VObs.it, che e' il rappresentante italiano all'interno del IVOA ed e' formato essenzialmente da ricercatori e tecnologi INAF, ha un ruolo primario.

2.2.2.4. Terza Missione

Al momento in INAF ci sono attività legati alla Terza Missione che necessitano, non tanto di calcolo, ma di un sistema di preservazione del dato efficace ed efficiente. Ne e' di esempio il sito di Beni Culturali (Polvere di stelle, <http://www.beniculturali.inaf.it/>) che' un sito esterno, ma dove le immagini digitalizzate dei testi antichi si trova presso l'archivio IA2 e dove vengono regolarmente eseguiti i backup. Visto l'era digitale e la volatilità dei supporti digitali e' essenziale che questi dati si appoggino ad infrastrutture che ne possono garantire la fruizione nel tempo mediante sistemi sostenibili ed ad alta affidabilità.

3. Ricognizione dell'Offerta nel settore, presente e in prospettiva

Nel contesto di due workshop: Astrofrontiere (Frontiere dell'astrofisica Italiana: come ottimizzare il ritorno scientifico delle grandi infrastrutture internazionali del 2015 <https://indico.ict.inaf.it/event/84/>) e workshop sul calcolo (What about computing @ INAF" del 2016 <https://indico.ict.inaf.it/event/341/>), l'esigenza di calcolo in INAF e' stata posta in evidenza e si è iniziato un percorso per costruire, a titolo sperimentale, un'offerta di supporto istituzionale (e non di progetto) al calcolo nell'Ente.

E' parso evidente dalla fase di sperimentazione che questo tipo di offerta non poteva limitarsi alla sola erogazione di ore di CPU o acquisizione di software per l'ottimizzazione dei codici, ma richiedeva come elemento essenziale la disponibilità di personale competente dedicato per il supporto all'utenza. Si e' quindi cercato di lavorare su più fronti, mettendo come prioritario il supporto all'utenza e con un'occhio di riguardo anche alla eterogeneità del modello di calcolo.

Mentre nessuno ha messo in discussione l'utilizzo di infrastrutture esterne (CINECA, GARR, Cloud Commerciali) più volte l'investimento su piccole e difficilmente sostenibili infrastrutture locali è stato preferito all'uso condiviso di infrastrutture INAF gestite dalla Direzione Scientifica ma residenti presso le strutture.

3.1. Calcolo

3.1.1. Accordo con il CINECA

Per il triennio 2017-2019 INAF e Cineca hanno siglato un accordo quadro denominato "Nuove frontiere in Astrofisica: HPC e Data Exploration di nuova generazione". L'accordo è stato prorogato per il periodo 2020/2021. Il programma è finalizzato ad acquisire, sfruttare e valorizzare le risorse computazionali e contribuire allo sviluppo e porting di applicazioni di interesse della comunità astrofisica su sistemi di nuova generazione. Grazie alla nuova attività congiunta, sono rese disponibili all'utenza INAF risorse su tutti sistemi di calcolo del Cineca destinati alla produzione scientifica.

L'accordo prevede l'utilizzo di 50 Milioni di ore di calcolo (KNL equivalenti) ed una persona dedicata a dare supporto all'utenza INAF. Vengono rilasciate costantemente, ogni 6 mesi, call per l'utilizzo di questo monte ore, oltre a "chiamate a sportello" per progetti di breve durata e di test. L'allocazione delle ore viene decisa da un TAC congiunto INAF/CINECA e negli anni della convenzione il "over-subscription" di richieste non e' mai stato inferiore a 2.

In questi quasi 3 anni e mezzo di convenzione sono pervenute più' di 80 domande. Maggiori informazioni si possono trovare presso il sito <https://www.ict.inaf.it/computing/cineca/>

3.1.2. CHIPP

Proprio a partire dal meeting del 2016 si è messo in evidenza che richieste di HTC, e di attività propedeutiche al HPC (piccola/media scala), si orientano verso un sistema di tipo Tier-2 o anche Tier-3.

Esistono in INAF (c/o l'Osservatorio di Trieste e l'Osservatorio di Catania), infrastrutture della classe Tier-2/Tier-3 acquisite all'interno di diversi progetti, che possono in parte essere messe a disposizione della comunità INAF, allo scopo di verificare le reali necessità prima di eventualmente rivolgersi verso sistemi ancora più grandi e complessi. Ma soprattutto sono fondamentali in un modello ciclo di sviluppo e test, infatti la pronta disponibilità di un numero sufficiente di nodi di calcolo per veloci test e debugging e un numero più ampio di nodi per studi di scalabilità sono elementi essenziali per sviluppare e mantenere un codice (unitamente ad una dotazione adeguata di software - debugging e profiling). Questo ha portato allo sviluppo del progetto CHIPP (Calcolo HTC in INAF – Progetto Pilota) il cui scopo è quello di fornire, in via sperimentale, un servizio di calcolo HTC, e/o HPC di piccola/media scala alla comunità INAF, basandosi sulle infrastrutture esistenti.

Anche nel caso di CHIPP vengono fatte sia call semestrali sia “attività a sportello” e presso le due sedi ospitanti è stato sovvenzionato (oltre alle spese vive) anche la presenza di una persona dedicata al supporto all'utenza nazionale, oltre alle persone che ivi ci lavorano. L'over-subscription anche per CHIPP non è mai sceso sotto il 2. Maggiori informazioni si possono trovare presso il sito: <https://www.ict.inaf.it/computing/chipp/>

Sia i programmi, tutti di rilievo internazionale, approvati per l'uso delle risorse, che il numero di ricercatori coinvolti (oltre 120 fino ad oggi) e l'estremo utilizzo di tutte le risorse offerte (e anche oltre) dimostrano le crescenti necessità della comunità INAF. Va inoltre sottolineato il fatto che una parte delle risorse di calcolo è stata assegnata a progetti di analisi dati osservativi. L'alta richiesta di tempo di calcolo dimostra l'utilità e il grande vantaggio per questa comunità di un accesso “snello” alle risorse disponibili HPC.

3.1.3. Cloud Commerciale (Google Cloud, AWS, ...)

Per non perdere il contatto con le realtà commerciali l'ICT dell'INAF sta sperimentando tecnologie di Cloud Computing basate su piattaforme quali Google (<https://cloud.google.com/>) o Amazon Web Services (<https://aws.amazon.com/>) per accesso a risorse che siano accessibili via web, in maniera sicura, da qualsiasi struttura l'operatore si trovasse a lavorare e che consenta di disporre delle risorse necessarie istantaneamente o comunque in pochissimi minuti in un modello di calcolo di uso sporadico.

In questo contesto INAF ha sperimentato la piattaforma Google Cloud attraverso dei Proof of Concepts e sta offrendo con accesso a sportello (<https://www.ict.inaf.it/computing/amazon-web-services-on-demand-access/>) servizi di calcolo basati su piattaforma Amazon Web Services. Maggiori informazioni si possono trovare presso il sito: <https://www.ict.inaf.it/computing/cloud-computing/>

3.1.4. Tecnopolo Bologna

Il punto di accumulazione che si sta creando a Bologna intorno al tecnopolo ha fatto sì che le principali realtà di calcolo dell'area Bolognese (CINECA e INFN-CNAF) hanno previsto di trasferirsi sul sito in questione il quale ospita anche il computer pre-exascale Leonardo.

Viste le necessità future dell'INAF di una infrastruttura centrale legata allo SKA - Regional Center, si è attivato un processo che potrebbe prevedere la presenza presso lo stesso del cuore dell'infrastruttura IT dell'ente, o presso un edificio dedicato o ospitato presso lo spazio del CINECA. Al momento si parla solo di edificio adeguato ad ospitare un centro di calcolo, mentre la parte HW di "calcolo" dovrà essere acquisita e gestita secondo le modalità che si riterranno opportune.

3.1.5. Altre realtà (SRT center, ...)

Esistono in Italia altre realtà a cui la comunità si appoggia a seconda del momento, necessita e tipo di collaborazioni scientifiche e di progetto in atto. Si parla essenzialmente dell'infrastruttura di calcolo dell'INFN (principalmente in CNAF), o della cloud sviluppata dal GARR. In entrambi i casi si parla di accordi bilaterali tra singoli o gruppi di ricercatori e i fornitori di servizio. Non si hanno numeri esatti di queste collaborazioni, se non quella diretta per il CTA.

Esiste inoltre una realtà in fase di creazione che il SRT Data Center legato ai finanziamenti del PON e che vedrà la creazione presso l'OS Cagliari di un data center (calcolo e storage) per lo sfruttamento dei dati di SRT. Le attrezzature informatiche sono in fase di acquisizione e potrebbe diventare operativo a metà del 2021. Non è ancora chiaro quali saranno le modalità di fruizione di questa infrastruttura e che livello di supporto potrà dare agli utenti esterni alla Struttura.

3.2. Archivi

Il dato astronomico è uno dei "tesori" di questo istituto, sia per la qualità del dato, la sua storia ma anche per l'esperienza nella sua gestione mantenimento nel breve e lungo periodo. Prima di tutto bisogna fare distinzione tra storage ed archivio.

Lo storage è un luogo dove l'utente o il gruppo può salvare i propri dati in modo indipendente: questo può essere locale o in modalità cloud. Nel caso del Cloud, a livello ICT, stiamo parlando di Google Drive (presente nel pacchetto GSuite acquistato da INAF), di owncloud attivato supportato dal IA2. In entrambi i casi vengono fornito spazio disco tramite accesso centralizzato, con possibilità di sharing dei dati tra utenti interni ed esterni ad INAF.

L'archivio invece implica una organizzazione dei dati ben definita (modello OSI), con procedura di ingesting e relativo retrieval ben organizzate. Inoltre i moderni archivi devono essere sviluppati seguendo il paradigma FAIR, in modo da ottimizzare il ritorno economico/scientifico dell'investimento fatto sugli strumenti.

3.2.1. IA2

E' è al momento l'unica, e-infrastruttura di INAF (<https://www.ia2.inaf.it/>) già presente nel piano Triennale, nasce come un progetto INAF per la cura e l'archiviazione dei dati dei progetti e dei telescopi italiani nel 2005.

Le attività principali del centro dati sono quelle legate alla gestione, distribuzione, archiviazione e fruibilità dei dati da telescopi da terra, e nel tempo sono passate da telescopi ottici nazionali a fornire supporto a corporazioni internazionali come il Large Binocular Telescope (LBT) a survey spettroscopiche a dati simulati di atmosfere planetarie e stellari, a dati in banda radio a supporto a progetti di rilevanza strategica per l'ente come le collaborazioni con i team di supporto al consorzio CTA, a partecipazioni significative alla prototipazione degli accessi ai dati e ai tools di schedulazione delle osservazioni di SKA. E' stato partner principale per la prima versione degli SKA Data Challenge, ed e' coinvolto nella seconda tornata. Supporta tutta la comunità INAF sia tramite i tools dell'ICT ivi installati, sia per quanto riguarda lo storage dei dati e la loro preservazione.

L'esperienza acquisita nell'ambito tecnologico negli anni ha reso IA2 un centro di supporto alla scienza di primaria importanza nell'ambito astrofisico italiano e un riferimento per quanto riguarda l'expertise in ambito degli standard web e relativi l'interoperabilità dei dati (Research Data Alliance e IVOA). Le collaborazioni con i rispettivi enti stranieri sono consolidate e in particolare si possono annoverare le collaborazioni con Canadian Astronomical Data Center (CAN), CSIRO per i dati radio del Murchison Widefield Array (AU), con MPIA di Heidelberg (D), con OSURC (USA - OH), Arizona State University (USA - AZ), Università di Ginevra (CH), GARR, INFN, ASDC, SKAO (UK), Science and Technology facility council (UK), National Center for Radio Astrophysics (IN), IDIA (ZA), Franz Josef Institute (SLO).

3.2.2. SSDC

Lo Space Science Data Center (SSDC)(<https://www.asdc.asi.it/>) , una struttura dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) è un centro multi-missione per operazioni scientifiche, elaborazione dati e archiviazione dati che fornisce supporto a numerose missioni spaziali scientifiche. Al momento SSDC ha responsabilità significative per una serie di satelliti di astronomia / astroparticelle ad alta energia (ad esempio Swift, AGILE, Fermi, NuSTAR e AMS) e supporta a diversi livelli altre missioni come Herschel e Planck.

Presso SSDC e' presente diverso personale scientifico INAF. Inoltre la parte infrastrutturale pura e' gestita in outsourcing da Telespazio.

3.2.3. Altro (GAIA, VST-DC, LBC -SC)

Esistono altri archivi di progetto più o meno noti. Una lista abbastanza esauriente la si può trovare presso il sito di IA2 (<https://www.ia2.inaf.it/index.php/ia2-services/archives/inaf-archives>).

Inoltre esistono tutta una serie di archivi non pubblici come quelli sviluppati dalle missioni spaziali (es. GAIA, Planck) i cui dati principali sono rilasciati direttamente al ESA o all'ASI, ma molti dati intermedi, ed il cui valore scientifico e' altro, rischiano di essere persi.

Come esempio eclatante e' il caso dell'archivio del progetto GAIA sviluppato e mantenuto a Torino presso ALTEC (<https://altecspace.it/>). L'archivio e' stato sviluppato dal personale INAF con finanziamenti ASI e posizionate presso l'Altec per motivi logistici. L'archivio ha finalità di validazione dei dati scientifici, durante lo svolgimento della missione, ma si propone come naturale ambiente per consentire il prosieguo dello sfruttamento delle misure astronomiche ed ingegneristiche raccolte dal satellite ben oltre il termine di funzionamento del medesimo. Questo però rischia di essere spento a fine missione ed tutti i dati intermedi, software ed expertise sviluppata rischiano di andare persi.

Vanno tenuti in considerazione anche l'esistenza di due ulteriori realtà dedicate:

- VST Data Center
La facility potrebbe diventare completamente di proprietà dell'INAF con relativo carico per la post produzione ed archivio finale.
- LBT Science Center (<https://lbt.inaf.it/>)
Qui vengono elaborati e salvati, solo per i dati proprietari, del telescopio LBT e non esiste un archivio consultabile dal pubblico generico o tramite standard VO

3.3. Iniziative Sinergiche a livello nazionale e internazionale

Il quadro nazionale ed internazionale e' piuttosto variegato per cui e' importante essere presenti in modo compatto verso le iterazioni nazionali e fare squadra con altri enti nel contesto internazionale.

3.3.1. Progetti e Sinergie Nazionali

3.3.1.1. ICDI

Motore primario dello sviluppo HPC e Cloud con le ovvie iterazioni verso il Big Data ed il Big Storage è la sinergia fra Enti di Ricerca nazionali che ha portato alla creazione da un paio di anni di ICDI (Italian Computing and Data Infrastructure) (<https://icdi.it/it/>), che il primo luglio ha ricevuto dal Governance Board di EOSC l'importante riconoscimento di essere una delle 4 organizzazioni fondatrici della Entità Legale EOSC.

ICDI (Italian Computing and Data Infrastructure) è un accordo di collaborazione creato dai rappresentanti di alcune tra le principali Infrastrutture di Ricerca e Infrastrutture Digitali italiane con l'obiettivo di promuovere sinergie a livello nazionale al fine di ottimizzare la partecipazione italiana alle attuali sfide europee in questo settore, tra cui la European Open Science Cloud (EOSC), la European Data Infrastructure (EDI) e HPC. ICDI assumerà presto la veste di associazione temporanea di scopo, finalizzata alla partecipazione a EOSC. Con le sue necessità di servizi di alta e altissima prestazione, potrà così fare da battistrada, come spesso accaduto nel passato, per la creazione di servizi per molteplici attività pubbliche e private e per utenti finali e lavoratori, finalizzate al potenziamento e all'ampliamento in quantità, qualità, sostenibilità e sicurezza delle proprie attività e del proprio lavoro.

ICDI si propone come un tavolo di discussione e confronto sulle strategie di partecipazione della comunità della ricerca nazionale al Digital Single Market e alla EOSC, in modo da ottimizzare e coordinare la partecipazione della ricerca italiana alle iniziative.

Al fine di capire lo stato di partenza, e' stata eseguita una mappatura della partecipazione sia delle Infrastrutture di Ricerca Italiane sia di quelle Informatiche (ICT) a programmi pan-Europei, per verificare la possibilità di coordinare e, auspicabilmente, federare il contributo nazionale. La visione nel lungo periodo è quella di realizzare un coordinamento nazionale che possa essere rappresentativo delle infrastrutture italiane e rapportarsi con le istituzioni nazionali ed europee.

Oggi ICDI ha la forma di un Protocollo d'Intesa sottoscritto da CINECA, CNR, Elettra Sincrotrone, ENEA, GARR, INAF, INFN, INGV e OGS e aperto anche , ed in particolare, alle università, alcune delle quali partecipano già al tavolo di discussione. Il MUR partecipa a questa iniziativa in qualità di osservatore.

3.3.1.2. HPC4NDR - High Performance Computing for Natural Disaster Resilience (Abruzzo)

L'INAF e' coinvolta in un progetto di HPC promosso dal MUR per la prevenzione dei disastri naturali con I Università e Enti di Marche Abruzzo e Molise. La parte di competenza dell'INAF e' legata soprattutto ad argomenti tipo lo Space Weather, Debris e NEOS. La proposta, concordata con la DG CONNECT della CE e presentata il 3 giugno 2020, e' di stimolare la creazione di centri di competenza territoriali tematici, costituiti da reti di atenei ed enti di ricerca collegati con il Centro Nazionale EuroHPC 'Leonardo'

3.3.1.3. COMETA

Il Consorzio COMETA (Consorzio Multi Ente per la promozione e l'adozione di Tecnologie di calcolo Avanzato, nato nel 2005) svolge attività di ricerca fondamentale e di applicazioni tecnologiche mirate all'adozione ed allo sviluppo di nuovi sistemi di calcolo ad alte prestazioni, di nuovi sistemi per la gestione e l'elaborazione di grandi banche dati e di nuovi sistemi orientati alla simulazione multimediale;

In particolare

- A. Partecipa a progetti di rilievo Nazionale e Internazionale;
- B. Promuove lo sviluppo e la diffusione delle nuove tecnologie di calcolo distribuito;
- C. Promuove e svolge attività di alta formazione:

Conseguentemente, al fine di perseguire i propri scopi statutari, il Consorzio procede allo studio e all'espletamento delle attività preliminari inerenti l'oggetto consortile e partecipa a bandi, programmi e progetti di ricerca nei settori di propria attività banditi da organismi locali, nazionali ed internazionali.

L'INAF, socio fondatore del consorzio insieme a INFN e alle Università di Catania, Palermo e Messina, partecipa attraverso le sue Strutture di Ricerca in Sicilia (Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica - Palermo, Osservatorio Astrofisico di Catania e Osservatorio Astronomico di Palermo)..

3.3.1.4. EuroHPC / Leonardo

L'obiettivo principale del progetto è fornire all'Europa una struttura di calcolo ad alte prestazioni pre-exascale leader e i relativi servizi. Il progetto mira a raggiungere una capacità di calcolo di dieci volte rispetto agli attuali sistemi HPC di primo livello europei, in un ampio insieme di aree di applicazione chiave per la scienza, l'industria e la società.

Leonardo (<https://www.cineca.it/temi-caldi/Leonardo>) è il nuovo supercomputer che proietta l'Italia verso il calcolo per la ricerca e l'innovazione tecnologica di classe exascale, concepito e gestito dal Cineca, sarà **uno dei cinque supercomputer più potenti nel mondo** e sarà ospitato negli spazi messi a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna presso il Tecnopolo di Bologna. Il progetto per il sistema Leonardo è stato presentato dal Cineca in rappresentanza dell'Italia in accordo con il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) e approvato dalla Joint Undertaking Europea EuroHPC.

Al momento INAF è coinvolta in EuroHPC/Leonardo con la presentazione di alcuni benchmark, ed è in collegamento diretto con il CINECA tramite l'ICT per quando inizierà la fase di gestione ed utilizzo della macchina.

3.3.2. Progetti Europei

Diversi gruppi di ricerca sono stati o sono presenti in progetti Europei finanziati dalla EU nei vari programmi quadro per sviluppare tecnologie IT atte ad ottimizzare l'uso di queste tecnologie da parte della comunità. Questo sforzo ha fatto sì che la componente INAF è riconosciuto internazionalmente nei vari aspetti dell'IT (calcolo, codici e algoritmi HPC, archivi, database, VO, FAIR, SSO - Single Sign On, trasferimento dati ed efficienza della rete). Questa efficienza però non è stata completamente riportata a livello globale, in quanto, se va bene, è rimasta confinata al singolo progetto o della struttura.

A seguire ci sono alcuni progetti in cui la partecipazione di INAF è importante, lista non esaustiva.

3.3.2.1. ESCAPE

ESCAPE (European Science Cluster of Astronomy & Particle physics ESFRI research infrastructures)(<https://projectescape.eu/>) riunisce le comunità di astronomia, astroparticelle e fisica delle particelle. Con questo, ESCAPE mette insieme un cluster con progetti ESFRI con sfide allineate di ricerca basata sui dati, con capacità dimostrate nell'affrontare varie fasi del flusso di lavoro dei dati e interessato alla ricerca fondamentale attraverso approcci complementari.

ESCAPE mira a produrre soluzioni versatili, con un grande potenziale di scoperta, per supportare l'implementazione di EOSC grazie alla gestione dei dati aperti, a un ambiente aperto transfrontaliero e multidisciplinare, secondo i principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable and Reusable). Le fondamenta di ESCAPE giacciono sullo sviluppo delle capacità del lavoro del progetto ASTERICS per consentire l'interoperabilità tra le strutture, ridurre al

minimo la frammentazione, incoraggiare la fertilizzazione incrociata e sviluppare capacità congiunte multiwavelength / multi-messenger nelle comunità di astronomia, astrofisica e astrofisica delle particelle.

3.3.2.2. *AENEAS*

Il progetto AENEAS (Advanced European Network of E-infrastructures for Astronomy with the SKA)(<https://www.aeneas2020.eu/>) è un'iniziativa triennale finanziata dal programma Horizon 2020 della Commissione Europea terminato questo gennaio.

L'obiettivo è stato quello di sviluppare un concetto e un progetto per un centro dati scientifico europeo (ESDC) distribuito e federato, oltre che integrato con gli SKA-Regional Center, per supportare la comunità astronomica nel raggiungimento degli obiettivi scientifici dello SKA. Questo progetto deve includere la funzionalità richiesta dalla comunità scientifica per consentire l'estrazione della scienza SKA e integrare la necessaria infrastruttura per supportare tale estrazione. Inoltre dovrà supportare la comunità astronomica una volta che il più grande radiotelescopio del mondo - lo Square Kilometre Array (SKA) - diventerà operativo.

3.3.2.3. *NEANIAS*

Il progetto NEANIAS (Novel EOSC services for Emerging Atmosphere, Underwater and Space Challenges) sta contribuendo attivamente allo sviluppo della tecnologia, e della metodologia procedurale, strategica e commerciale dell'EOSC. NEANIAS guida la co-progettazione e sviluppo di servizi tematici innovativi, derivati da risorse e pratiche di ricerca all'avanguardia in diversi settori. Nell'ambito del progetto INAF è a capo del Work Package relativo alle scienze spaziali. L'attività principale riguarda la gestione delle grandi mole di dati da survey e loro visualizzazione, la generazione di mappe e mosaici, e l'individuazione automatica di sorgenti compatte, estese e strutture filamentari legate alla formazione stellare attraverso tecniche di deep learning. Lo sviluppo di metodologie, software e tecnologie cloud in EOSC sarà cruciale nello sfruttamento scientifico dei dati dello Square Kilometre Array (SKA) e nei suoi precursori e pathfinder quali ASKAP e LOFAR.

3.3.2.4. *EUROEXA*

Il progetto EuroExa si prefigge di realizzare un prototipo di un sistema di calcolo parallelo scalabile fino all'ExaFlops, capace cioè di eseguire un miliardo di miliardi di operazioni aritmetiche al secondo. Il finanziamento di 20 milioni di euro per EuroEXA, nell'arco di 42 mesi, servirà allo sviluppo e all'implementazione di un sistema di elaborazione basato sulla tecnologia ARM con acceleratori computazionali implementati su FPGA Xilinx Ultrascale+ di nuova generazione. Si tratta della prima piattaforma per l'exascale basata interamente su tecnologie Europee e sviluppata in Europa. La sfida del progetto non è solo realizzare un hardware competitivo, ma sviluppare anche il software e le librerie che permettano di sfruttare appieno gli EXAFLOPS a disposizione.

3.3.3. *SKA Regional Centres*

Gli SKA-RC (<https://astronomers.skatelescope.org/the-ska-regional-centres/>) rappresentano una grossa sfida, sia a livello mondiale ma anche a livello nazionale e di istituto. La sfida non è solo legata alla dimensione del dato, ma anche alla sua fruizione sia locale che nei RC distribuiti nelle varie parti del globo. Lo SKA Office ha ufficializzato uno SKA-RC Steering Committee con tutte le nazioni coinvolte compresa l'INAF.

Al momento un primo white-book sviluppato dallo SC è in fase di valutazione da parte del Board di SKA, ma la discussione primaria è legata non tanto a come i dati vengono gestiti, ma a come accedere alle facility a seconda del paese ospitante.

4. Nuovo Modello di Governance per il settore

Come si può naturalmente evincere dalle pagine precedenti la infrastruttura informatica è al giorno d'oggi di importanza equivalente alla infrastruttura osservativa in relazione alla produzione ed alla fruizione di dati per l'astrofisica.

L'evoluzione che ha visto in passato i piccoli telescopi locali essere progressivamente sostituiti da grandi infrastrutture osservative nazionali ed internazionali, riguarda attualmente le risorse informatiche.

Come nel caso dei telescopi l'abbandono della parcellizzazione può indurre a pensare di perdere competenze locali o controllo sull'uso della infrastruttura. Ma proprio il caso dei telescopi ha dimostrato che le grandi infrastrutture osservative hanno in realtà reso accessibile casi scientifici inaccessibili ai piccoli telescopi rimanendo comunque fruibili per l'intera comunità.

Il punto chiave per la costituzione di una e-infrastruttura adeguata alle correnti esigenze è un modello di governance efficiente e trasparente che coniughi in modo armonico accessibilità e sostenibilità.

Un rilevante passaggio intermedio è quanto realizzato dalla Direzione Scientifica negli ultimi anni attraverso la Unità Scientifica Centrale VI prima ed l'articolazione "ICT e Science Data Management" della Struttura Tecnica della Direzione Scientifica in un secondo tempo: l'implementazione di un networking tra le realtà parcellizzate esistenti nell'Ente.

Questo passaggio non sempre è stato percepito come positivo ed in alcuni casi la creazione di una infrastruttura con servizi comuni è stata percepita come lesiva dell'indipendenza della singola Struttura o gruppo di ricerca. Nella maggioranza dei casi tuttavia l'acquisizione di massa critica derivante dalle sinergie è stata valutata positivamente, incoraggiando a continuare su un cammino di maggiore concentrazione e coordinazione delle risorse.

Il Modello di governance descritto di seguito si basa sui risultati ottenuti nei passaggi intermedi e rappresenta il mezzo per intraprendere il passo successivo verso un salto di scala dell'offerta INAF in termini di e-Infrastruttura.

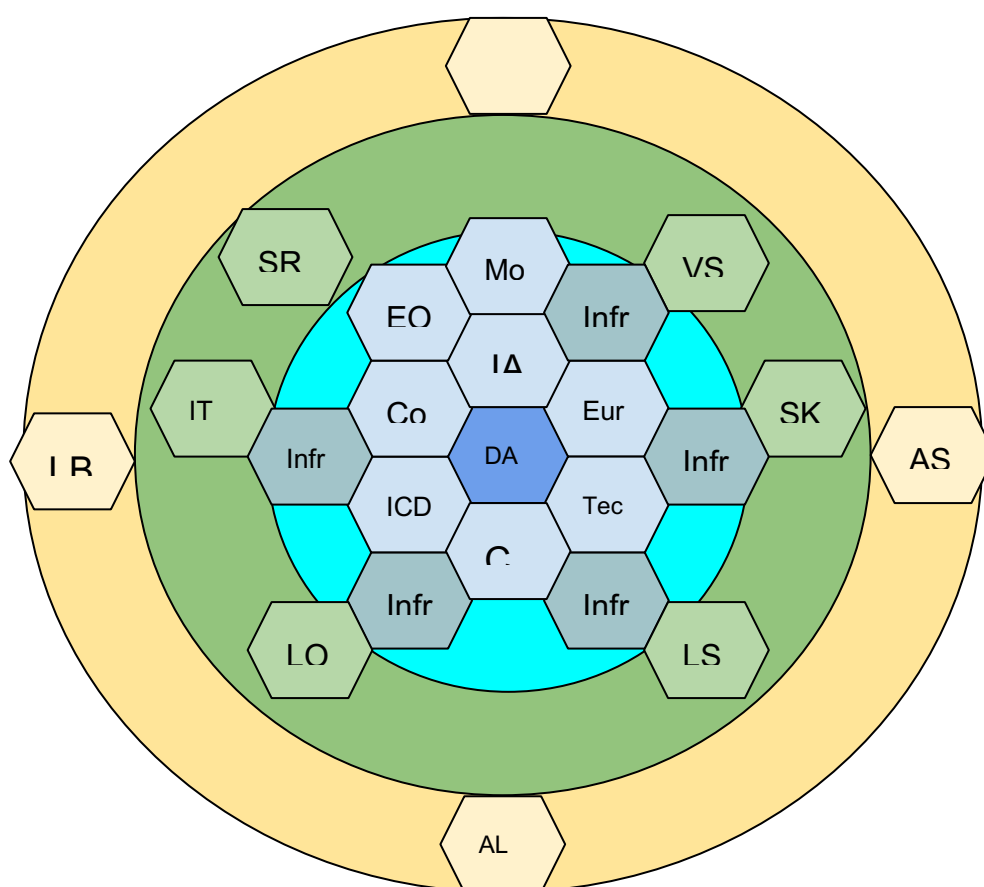
4.1. Una E-infrastruttura in INAF per la implementazione e gestione delle attività' IT

Il centro *esecutivo* della rinnovata offerta di calcolo è individuato in una e-infrastruttura con adeguata autonomia decisionale ed amministrativa in condizione di predisporre, condurre e mantenere una infrastruttura di erogazione di servizi di calcolo alla comunità.

Il modello di e-infrastruttura che intendiamo implementare è facilmente trasponibile dal paragone con le strutture osservative già indicato sopra, l'analogo del passaggio da piccoli telescopi ad una infrastruttura nazionale come il Telescopio Nazionale Galileo. TNG ha

autonomia decisionale ed amministrativa e conduce e mantiene un Telescopio che eroga tempo osservativo alla Comunità.

Per quanto una infrastruttura centrale di riferimento sia importante anche per la e-infrastruttura, nel caso del calcolo un modello a governance centrale ma ubicazioni parzialmente distribuite può risultare vantaggioso. L'infrastruttura è pertanto una evoluzione del modello federato "DATA-STAR" discusso di recente con il Board ICT e figure con incarichi nazionali ed internazionali in area scientifica attinente. Il Modello Data-Star è rappresentato schematicamente nella figura seguente.



Nella zona di core del modello sono presenti le attuali e future strutture di erogazione di servizi di calcolo e affini. A titolo esemplificativo si indicano il Tecnopolo di Bologna, il progetto CHIPP, l'erogazione di calcolo attraverso l' MoU con il Cineca ed altri meccanismi di erogazione di servizi collettivi a livello nazionale e internazionale

Gravitano intorno al centro erogatore diverse classi di utenti, da utenti ricorrenti come le grandi infrastrutture osservative (ad esempio LOFAR, LSST, SKARC, etc.) ad utenti come gruppi di ricerca o singoli ricercatori che applicano per servizi di calcolo su base competitiva.

La relazione fruitore-erogatore è basata sul merito (scientifico, programmatico, etc.) valutato da un comitato di allocazione sulla base di call periodiche (semestrali o annuali). Sono previste riserve di tempo calcolo per gli utenti ricorrenti ed anche allocazioni per periodi multipli a "large programs" che lo richiedano e siano valutati meritevoli.

Sono infine previsti centri di competenza che operino ottimizzazioni di codici, archivi etc. che muovendosi come contributori riconosciuti al funzionamento della e-infrastructure partecipano al suo funzionamento. Questi centri di competenza hanno anche l'importante funzione della formazione di personale soprattutto in seno agli sviluppi di lungo termine ed alla preparazione allo sfruttamento delle risorse di calcolo del futuro.

Gli obiettivi principali della e-infrastructure sono i seguenti:

- A. Acquisire, mantenere e rendere fruibile l'offerta di calcolo ritenuta necessaria a soddisfare le esigenze della comunità INAF secondo le linee guida degli organi di governo dell'inaf e le linee di implementazione predisposte dalla Direzione Scientifica. Questo nei limiti delle risorse umane e finanziarie messe a disposizione dell'Ente per questo scopo.
- B. Supportare lo sviluppo di tecnologie innovative con possibili ricadute multidisciplinari sulla comunità scientifica e la società civile in generale.
- C. Agire come Interlocutore tecnico-scientifico primario verso le istituzioni nazionali ed Internazionali nel settore IT.
- D. Costituirsi parte agente in programmi e progetti nazionali coordinati dalla Direzione Scientifica nel settore della IT o che prevedano l'uso di IT per i propri scopi scientifici.
- E. Valorizzare e incrementare le competenze tecnologiche per il supporto e la collaborazione con i grandi e medi progetti dell'ente e il trasferimento tecnologico anche al fine di attrarre nuovi finanziamenti esterni.
- F. Configurarsi come una infrastruttura attrattiva per la comunità scientifica e stimolante per la crescita delle capacità IT dell'Ente.
- G. Supportare il ricercatore ed i gruppi di ricerca utenti, anche tramite collaborazioni a due vie, per le attività di sviluppo e mantenimento delle capacità IT per la propria ricerca
- H. Fornire supporto alle iniziative dell'Ente verso il mondo industriale legato all'ICT.

La E-infrastructure è pensata secondo un modello centralizzato e distribuito allo stesso tempo. Sebbene ci si orienti ad una concentrazione di Hardware presso il tecnopolo di Bologna si prevede la presenza di centri di competenza/eccellenza appoggiati alla Strutture di Ricerca. Il punto focale rimane comunque la centralizzazione della coordinazione al fine di ottimizzare e massimizzare l'offerta.

La e-infrastructure potrà inquadrarsi, a seguito di un opportuno cammino di crescita, come centro di spesa temporaneo di II-livello come previsto dallo Statuto e ROF dell'Ente. Nella fase iniziale sarà inquadrata come una Struttura tecnica autonoma della Direzione Scientifica. Pur non costituendo un centro di spesa autonomo, avrà quindi coordinate di bilancio identificate nelle quali convergono le pertinenti voci di finanziamento per il calcolo scientifico attualmente diversamente distribuite. Il supporto amministrativo sarà basato sul concetto di amministrazione diffusa.

La governance della E-infrastructure è preliminarmente riassunta in quanto segue:

- **Responsabile della e-infrastructure.** Indicato dal Direttore Scientifico al pari di qualunque altro responsabile di Strutture Tecniche della Direzione Scientifica.
- **Executive Board.** Board presieduto dal responsabile e formato dagli esperti del settore operanti nelle sotto-sezioni delocalizzate o altri elementi centrali dello schema a stella precedentemente illustrato, nominati dal Direttore Scientifico su proposta del Responsabile.
- **Science Advisory Team - CTS (Comitato Tecnico Scientifico).** Composto da rappresentanti delle UTG e da personale scientifico rappresentativo dell'Utenza generale e dei progetti speciali appoggiati alla infrastruttura.
- **Users' Committee.** Comitato elettivo di rappresentanza degli utenti con finalità di feedback verso la governance della struttura.

Un piano dettagliato di implementazione della e-infrastructure verrà elaborato dal Direttore Scientifico in collaborazione con il Responsabile designato a valle del parere positivo degli organi di governo dell'INAF sul programma.

4.1.1. Prospettive di corto termine

E' in corso di acquisizione in comodato d'uso di un numero non inferiore a 5 di rack dal CINECA (ex Galileo), il task immediato di DATA-STAR sarà la definizione di una roadmap per la rapida messa in opera delle macchine acquisite, eventualmente integrate o sostituite con le infrastrutture esistenti. Si dovrà inoltre definire la consistenza e distribuzione del Personale a tempo determinato ed a tempo indeterminato afferente alla e-infrastructure. E' possibile pensare ad un meccanismo di incentivazione per il personale a tempo indeterminato e le strutture ospitanti in termini di tempo di uso delle macchina in ragione del supporto e delle prestazioni fornita a DATA-STAR .

Il task immediatamente successivo è la definizione delle modalità di assegnazione del tempo macchina (TAC, etc.) nonché i costi delle prestazioni da caricare ai progetti esterni (es. Progetti ASI) che usufruiranno della infrastruttura. L'obiettivo è poter lanciare la prima call for proposal nel tempo più breve possibile.

Stabilisce un piano per il coordinamento e di valorizzazione delle risorse umane già esistenti nell'ottica di valorizzazione/creazione dei centri di competenza. Questo piano andrà poi valorizzato in modo concordato con la UTG "Astrofisica Computazionale" quando operativa. Questo e' essenziale per stabilire la partecipazione di INAF ai grandi progetti tecnologici ICT, per le necessità dell'ente e per il trasferimento tecnologico, con la possibilità di attrazione dei finanziamenti esterni.

4.2. La UTG “Astrofisica Computazionale”.

La e-infrastruttura descritta nelle pagine precedenti ha responsabilità esecutive ben definite nel settore di propria competenza.

L’attuale schema di governance dell’Ente, come qualunque altra infrastruttura, necessita una Unità Tematico Gestionale di riferimento che eserciti per conto della Direzione Scientifica le prerogative di Coordinamento e Controllo che sono proprie della Direzione Scientifica stessa.

E’ evidente che l’infrastruttura è trasversale a molte delle tematiche coperte dalle UTG esistenti che potrebbero svolgere un ruolo abilitante della parte di astrofisica computazionale di loro pertinenza. Rimane altresì evidente la necessità di un ruolo abilitante specifico per l’Astrofisica computazionale, seppur di concerto con le altre unità abilitanti.

Si propone pertanto di costituire una nuova Unità Tematico Gestionale denominata appunto “Astrofisica Computazionale” con il compito di promuovere, coordinare e controllare le attività scientifiche e tecniche nel settore computazionale della ricerca in astrofisica. La interdisciplinarietà, così come accade per le altre UTG, sarà garantita del colloquio costante e continuo tra responsabili delle UTG sotto la coordinazione del Direttore Scientifico.

Tra i principali compiti della UTG “astrofisica computazionale” vi sono:

- A. Coordinamento e controllo delle attività del settore
- B. Facilitazione all’accesso alle infrastrutture di calcolo, incluso ma non limitato alla creanda e-infrastruttura di INAF.
- C. Stimolo alla interazione tra gruppi di ricerca interessati al calcolo attraverso iniziative di networking e, se opportuno, di avvicinamento alla e-infrastruttura di ente.
- D. Monitoraggio delle esigenze computazionali della comunità e valutazione della adeguatezza del servizio erogato o erogabile.
- E. Coordinazione della partecipazione alle grandi iniziative di calcolo scientifico a carattere nazionale ed internazionale.

5. Conclusioni

Si ritiene che l'evoluzione dell'attuale coordinamento del ICT INAF verso un e-infrastructure definita e riconosciuta, integrata inizialmente nella Struttura tecnica della Direzione Scientifica, unita alla creazione di una UTG specifica per la Astrofisica Computazionale costituiscano il percorso più appropriato per aggiornare ICT INAF alle dinamiche ed alle sfide correnti.

Tutte le ulteriori competenze non qui specificate dell'attuale ufficio ICT (network-GARR, acquisti IT comuni, etc) sono trasferiti in toto alla nascente e-infra.