

L'infrastruttura di rete della ricerca italiana

La rete GARR, dal grande sogno alla realtà: cosa c'è dopo

M. Carboni

GARR



WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS

da Cosine a GARR-T

La rete GARR

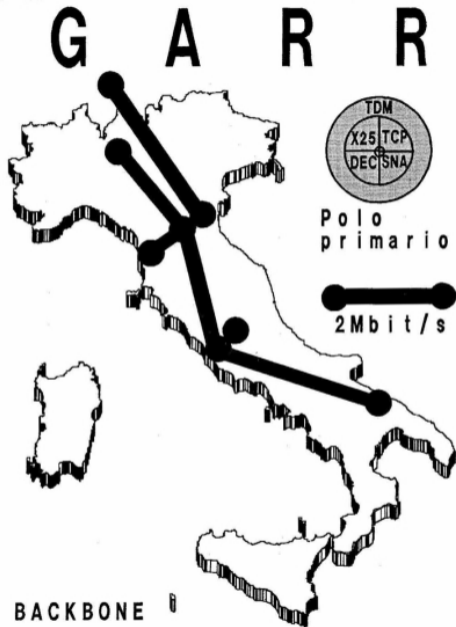
Da COSINE a GARR (1989-1993)

(1989) Un insieme frammentato di Reti e Protocolli indipendenti

- ➔ X25
- ➔ IP
- ➔ DECNET
- ➔ SNA

necessità:

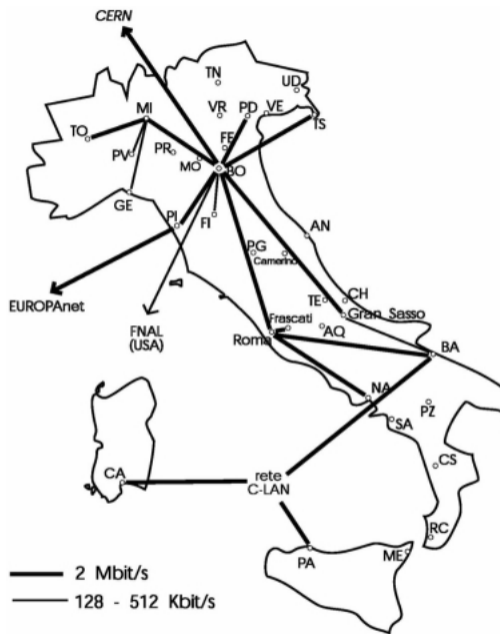
- ➔ armonizzare le reti esistenti
- ➔ dare vita ad un'infrastruttura condivisa
- ➔ promuovere la collaborazione tra ricercatori



La rete GARR

Generazione di Rete GARR-2 (1994-1999)

- ➔ da SIP a Telecom Italia
- ➔ Collegamenti nazionali 128k, 512k, 2M
- ➔ Collegamenti di Accesso 64k
- ➔ Collegamenti Internazionali: 2M (CERN), 1.5M (USA)
- ➔ Rete Cogestita, attraverso i Poli GARR
- ➔ 10 AS (pubblici) con reti p2p "/24" pubbliche



La rete GARR

da GARR-B a GARR-G (1999-2004-2011)

- ➡ apertura del mercato: Telecom Italia, WIND, Fastweb, ATLC
- ➡ Circuiti Operatore da 2M a 10G
- ➡ Fibra Spenta prime tratte Sperimentali
- ➡ Rete di Router, basata su un livello fisico dal CDN, ATM, SDH, Lambda



La rete GARR

Il Grande Sogno (2005 - CONF.Pisa)



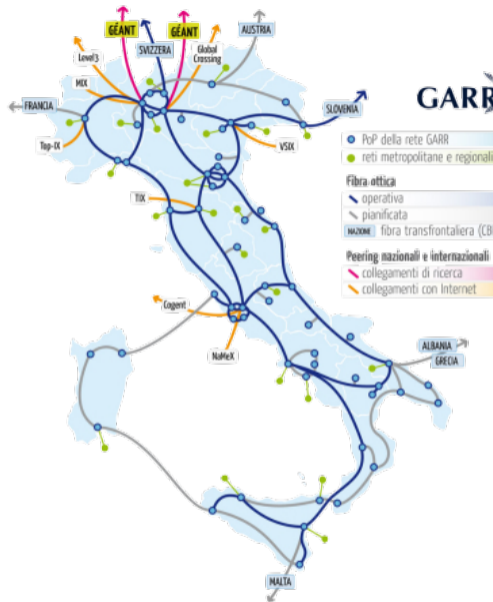
- Puntare all'acquisizione di fibra a lungo termine
- Supportare lo sviluppo del mercato degli operatori TLC
- Garantire la Capillarità ➤ utenti onNET
- Avere una connessione diretta con le altre NREN su fibra terrestre che sottomarina
- Adeguare le competenze alle nuove sfide

La rete GARR

GARR-X e GARR-X Progress (2012-2020)

- ➔ Incremento della Velocità (La "X"): 10G
- ➔ Infrastruttura in Fibra Ottica Estesa e Controllata
- ➔ Disponibilità e controllo diretto della fibra ottica
- ➔ Controllo diretto dei livelli di rete IP e Ottico
- ➔ Potenziamento dell'Accesso Utente: da **100 Mbps** fino a **10 Gbps**
- ➔ Abilitazione di Servizi Avanzati: Cammini Ottici Privati
- ➔ Supporto attivo per i modelli di Grid e Cloud Computing

GARR-X è stata una vera e propria Next Generation Network (NGN) basata sul controllo della fibra ottica, essenziale per allineare la ricerca italiana agli standard dell'Area della Ricerca Europea (GÉANT).



La rete GARR

GARR-T incluso ICSC e TeRABIT (2021-03/11/2025)

Numbers

- ★ 3M+ end users
- ★ 24,000+ km Fibre
- ★ 1,500 km Submarine Spectrum
- ★ 120+ PoPs (Optical/Packet)

Network Capacity

- ★ **new** (BB) 36T / (Access) 9T

BackBone links

- ★ **new** 200G, 400G ⇒ upto 1T+

Access Capacity

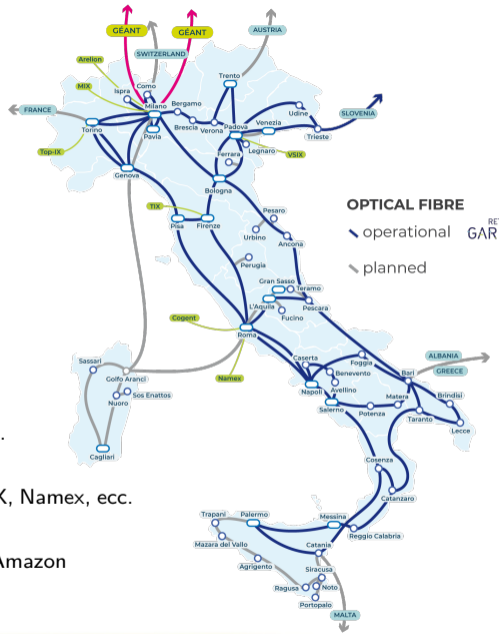
- ★ **new** 10G ⇒ 400G+

Computing and Storage

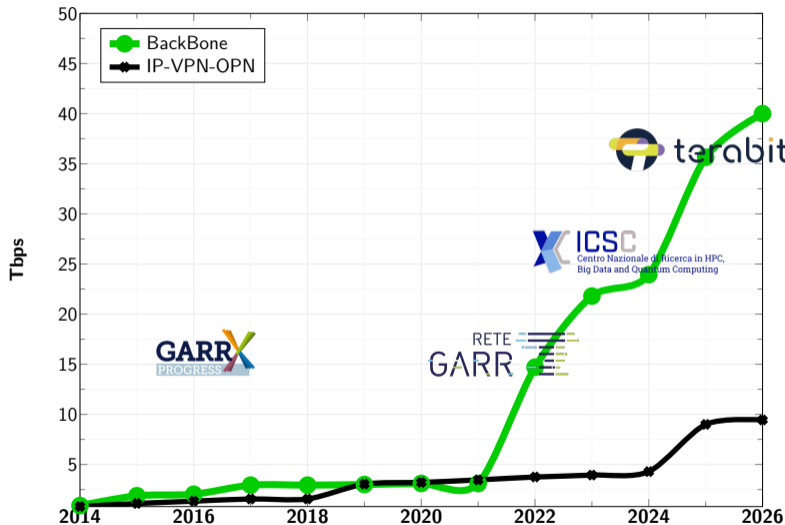
- ★ 1 DC: distributed on 8 POPs
- ★ ~20,000 vCore, ~12PB Storage

Global Connectivity

- ★ **Research 2T+**
 - ⇒ GÉANT, CERN, ecc.
- ★ **Global Internet: 400G+**
 - ⇒ Arelion, Cogent, MIX, NameX, ecc.
- ★ **Direct Peering: 800G+**
 - ⇒ Microsoft, Google, Amazon



Aggiornamento della dorsale di rete



Dark Fibre 24,000 km

BackBone 17,000 km

Submarine (spectrum) 1,500km

Backbone 36T, 40T+

Access 100G+, 400G+, 1T+

Global Connectivity

Experimental Infrastructure



[Show All Cables](#)

Blue

[Copy link](#)

RFS

2023

Cable Length
5,055 km

Owners

Google, Sparkle, Zain O

Suppliers

ASN

Landing Points

- Yeroskipos, Cyprus
- Bastia, France
- Marseille, France
- Chania, Greece
- Tel Aviv, Israel
- Genoa, Italy
- Golfo Aranci, Italy
- Palermo, Italy
- Rome, Italy

WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS

Sostenibilità

Sostenibilità

Efficienza e Valore Pubblico

- ➔ **Ottimizzazione Tecnologica** Passare a soluzioni open source e a protocolli di rete più efficienti per ridurre l'OPEX (spese operative).
- ➔ **Modelli di Co-finanziamento:** Bilanciare i fondi MIUR/PNRR con i contributi delle istituzioni per assicurare la sostenibilità a lungo termine.
- ➔ **Total Cost of Ownership:** mantenere una forte indipendenza in termini di Innovazione, Qualità, Sicurezza, Indipendenza rispetto alle offerte commerciali.



L'Indipendenza Strategica della Rete

- **Controllo delle Infrastrutture Critiche:** La necessità di progettare e gestire in autonomia i nodi cruciali e la dorsale nazionale.
- **Identità Federate (IDEM):** Mantenere e sviluppare sistemi di autenticazione e autorizzazione (AAI) gestiti dalla Comunità di Ricerca, non da terze parti extra-europee.
- **Tecnologie e Fornitori:** Prediligere soluzioni e partner che rispettino gli standard europei e permettano il pieno controllo del dato e del servizio.
 - DPCM 30 aprile 2025^a

^a(pubblicato in G.U. n. 102 del 5 maggio 2025) attua l'art. 14 della legge 90/2024



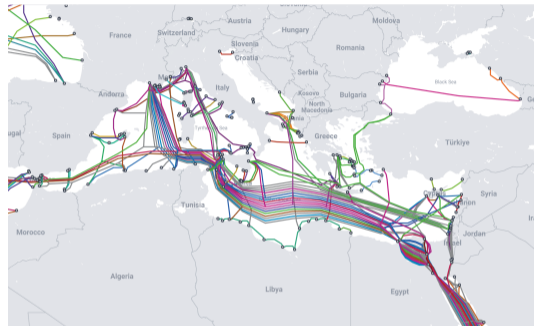
WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS

Autonomia, Cybersicurezza, Mercato

La Rete Vettore Geostrategico

- ➔ **Ruolo Mediterraneo:** Sfruttare la posizione geografica italiana per fungere da **hub** per la ricerca tra Europa, Africa e Medio Oriente.
- ➔ **Partenariati Europei (GÉANT)** Mantenere una forte influenza nelle decisioni e nello sviluppo della rete pan-europea per gli interessi italiani.
- ➔ **Resilienza ai Conflitti:** Pianificare percorsi di connettività alternativi e ridondanti che bypassino aree di instabilità.



Partnership Strategiche e Innovazione Aperta

- **Sperimentazione e Adattamento:** Adottare tecnologie di rete avanzate sviluppate dal mercato (es. Self Driving Networks (SDN), Cloud Ibrido) attraverso un approccio neutrale e critico.
 - **multiAgentic AI:** un insieme di agenti software autonomi e intelligenti che interagiscono per raggiungere obiettivi comuni o individuali
- **GARR come Enabler per l'Industria (?):** Sfruttare, insieme ai soci, la rete come banco di prova per l'innovazione che può poi essere trasferita all'esterno della comunità GARR.
- **Acquisizioni Flessibili:** Modulare gli acquisti per bilanciare la necessità di servizi commerciali pronti all'uso con l'esigenza di mantenimento del controllo strategico.

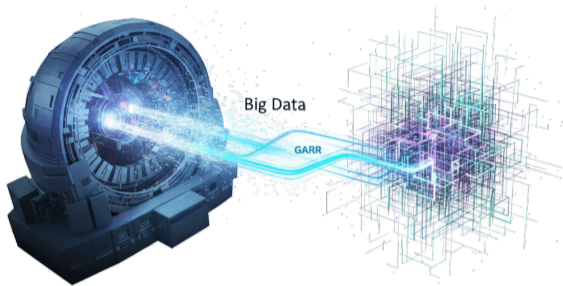
WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS

Ricerca come Motore

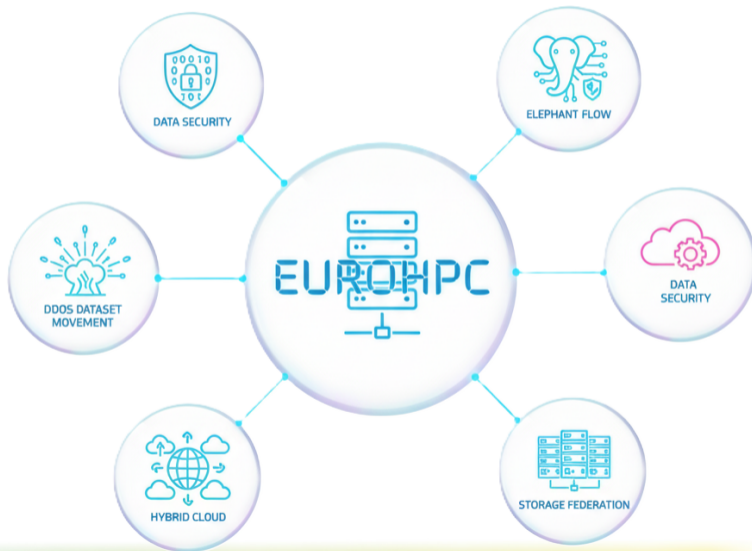
La Ricerca come Motore dell'Evolutione

- ➔ **Nuove Esigenze Scientifiche:** Abilitare la scienza dei dati (Big Data), l'Intelligenza Artificiale distribuita e il calcolo ad alte prestazioni (HPC).
- ➔ **Accesso Globale e Collaborazione:** Mantenere l'interconnessione con GÉANT e le infrastrutture mondiali per i grandi progetti (es. Fisica, Spazio).
- ➔ **Tecnologie Quantistiche:** vitali per il progresso socio economico in ambiti strategici (salute, comunicazione, energia, sostenibilità).
- ➔ **Dati e Infrastruttura Aperta (EOSC):** Garantire la partecipazione italiana e l'accesso ai dati nel contesto dello European Open Science Cloud.



Quali sono le Sfide sulla Rete

Come si opera su una rete ad alte prestazioni?



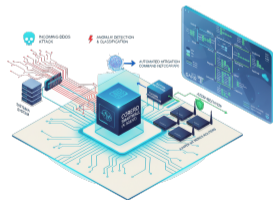
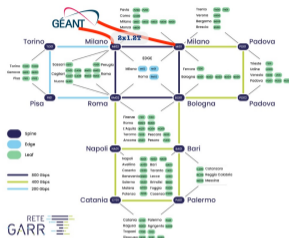
Focus GARR: Rete Geografica e Connettività

➤ Iperconnettività (EuroHPC):

- Tecnologie Ottiche Avanzate (**DWDM/Coherent**) per collegamenti multi-400Gbps, in evoluzione verso **Terabit/s**.
- Interconnessione con **GÉANT** a **2x1.2T**, supporto all'architettura **Hybrid Cloud** e **Storage Federation**.

➤ Sicurezza e Traffico:

- **Mitigazione DDOS a Livello di Rete:** Sistemi distribuiti (**scrubbing in linea, RTBH, BGP Flowspec**) per assorbire attacchi volumetrici.
- **Gestione Elephant Flow:** QoS e Traffic Engineering per garantire la banda ai flussi massivi di **DataSet Movement**.
- **Accesso Sicuro:** Federazione **IDEM/eduGAIN** per l'autenticazione.



EuroHPC Sites: Infrastruttura Locale e Sicurezza del Sito

➤ Perimetro di Rete:

- **Terminazione ad Alta Capacità** su Edge Routers.
- **Firewalling di Nuova Generazione** per ispezione profonda dei pacchetti e politiche di accesso granulari.
- **Protezione DDOS Layer Applicativo** (servizi cloud di scrubbing) per difesa aggiuntiva.

➤ Dati e Calcolo:

- **Storage Federation:** Presentazione unificata delle risorse di storage per I/O e DataSet Movement efficiente.
- **Hybrid Cloud Gateways:** Canali sicuri per il **burst computing** e il trasferimento dati verso cloud esterni.
- **Data Security: Crittografia End-to-End** (in transito e a riposo) per la protezione dei dati sensibili EuroHPC.

Interdipendenza e Sfide Comuni

- ➡ **Gestione Elephant Flow:** Richiede il coordinamento tra le politiche di QoS di GARR (WAN) e la prioritizzazione del traffico interno al sito EuroHPC.
- ➡ **Data Security Transfrontaliera:** La crittografia deve estendersi lungo tutta la rete GARR/GÈANT.
- ➡ **Monitoraggio Unificato:** Sistemi di telemetria e audit (es. Data-Lake) per correlare le performance di rete (GARR) con i carichi HPC (es. CINECA) e reagire agli incidenti di sicurezza.

WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS

Quantum, Strategia, Impatto

L'Italia nella Rivoluzione Quantistica: La Visione Strategica

Obiettivi e Strumenti per la Competitività Internazionale

- ➔ **Visione:** Posizionare l'Italia come **leader internazionale** nelle Tecnologie Quantistiche (TQ), fondamentali per progresso socio-economico e sicurezza.
- ➔ **Contesto Europeo:** Piena coerenza con la **European Quantum Technology Flagship** e anticipazione del futuro **Quantum Act**.

Strategia Italiana e Alleanza Quantistica Italiana (AQI)

Strategia (MUR/Governo)

- ➔ Documento guida con **Governance Interministeriale** (MUR, MIMIT, ACN, Difesa, etc.).
- ➔ Obiettivo: Creare un ecosistema resiliente, attrarre investimenti e proteggere la **sovranità tecnologica**.

Alleanza Quantistica Italiana (AQI)

- ➔ Intesa nazionale tra Università, EPR (come **INFN**) e Industria.
- ➔ Scopo: Promuovere le eccellenze scientifiche e creare un **ecosistema coeso** capace di competere globalmente.

Il Ruolo della Comunità di Ricerca: Motore dell'Innovazione

I Punti di Forza Scientifici e la Formazione dei Talenti

- ➔ **Eccellenza Scientifica:** La comunità (Università ed EPR) è il **fulcro** della Strategia, con l'Italia tra i primi 7 paesi per pubblicazioni nel *Quantum Computing*.
- ➔ **Aree di Rilievo:** Punti di forza consolidati in settori con TRL elevato:

 **Sensoristica Quantistica**

 **Comunicazione
Quantistica (QKD)**

 **Piattaforme Fisiche
Avanzate**

- ➔ **Sfida Formativa:** Necessità di potenziare i programmi avanzati e i **Dottorati Industriali** per creare la forza lavoro specializzata richiesta dal settore.
- ➔ **Obiettivo:** Sostenere la **ricerca di base** (OSc-1) come fondamento e creare **laboratori congiunti** per il trasferimento tecnologico all'industria.

Il Coinvolgimento di GARR: L'Infrastruttura Quantistica

GARR come Spina Dorsale Digitale per le Tecnologie Quantistiche

- **Ruolo:** GARR (Rete Nazionale dell'Istruzione e della Ricerca) è l'infrastruttura abilitante che connette gli attori della Strategia.
- **Contributo alla Comunicazione Quantistica (🔒 EuroQCI):**
 - ➡ Fornisce la **fibra ottica** (inclusi *dark fiber*) necessaria per implementare la **Quantum Key Distribution (QKD)**.
 - ➡ Partner essenziale per l'estensione e l'interoperabilità della rete **EuroQCI** in Italia e a livello europeo.
- **Contributo al Calcolo Quantistico (⚡ HPC-QCS):**
 - ➡ Garantisce la **connettività ad altissima velocità** e bassa latenza.
 - ➡ Essenziale per l'accesso remoto (via Cloud) alle **QPU** (Quantum Processing Units) e ai **simulatori HPC** per la comunità di ricerca e l'industria.

Il Ruolo degli Access Port Manager (APM)

Gestione, Sicurezza e Allocazione Controllata delle Risorse Quantistiche

Gli APM sono i **gatekeeper intelligenti** che assicurano l'accesso efficiente e sicuro all'infrastruttura quantistica (rete e calcolo).

Sicurezza degli Accessi e Compliance

- ➔ **Gestione degli Endpoint:** Autenticazione e autorizzazione rigorosa dei nodi (siti di ricerca, server) che si collegano alla rete quantistica (EuroQCI).
- ➔ **Policy Enforcement:** Applicazione delle policy di **sicurezza nazionale** per l'accesso ai *Quantum Channel* e alle risorse strategiche.

Allocazione e QoS delle Risorse

- ➔ **Accesso Controllato:** Gestione delle "porte" per l'accesso alle **QPU** e ai **Simulatori** distribuiti sui nodi GARR/ICSC.
- ➔ **Bilanciamento del Carico:** Monitoraggio e gestione della banda per garantire la **Quality of Service (QoS)** indispensabile per la sperimentazione e il trasferimento di dati quantistici.

WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS

Capitale Umano

Investire nei Net Makers del Futuro

... mantenendo un modello di formazione continua

- ➔ **Sviluppare programmi avanzati** per colmare il **gap** di competenze in aree critiche (reti ottiche, sicurezza, Cloud) ma anche in quelle di frontiera (**tecnologie quantistiche**)



NET MAKERS

- ➔ **Attrarre e Trattenere Talenti:** Riconoscere l'**importanza strategica** del personale tecnico specializzato
- ➔ **La Comunità GARR:** Come uno dei punti di condivisione della conoscenza
- ➔ **Il Workshop GARR:** dove fare incontrare tecnici di rete e dei centri di competenza italiana al fine di costruire insieme il futuro

Cosa C'è Dopo

La Rete come Infrastruttura Strategica Nazionale

- **La Doppia Missione:** Continuare a servire l'eccellenza scientifica e consolidare l'autonomia digitale del Paese.
- **Il Futuro è Ibrido:** Sviluppare un modello che integri la dorsale proprietaria ad alta capacità con servizi Cloud e soluzioni di mercato controllate.
- **Net Makers:** GARR è il motore che plasma la rete e il futuro digitale della ricerca italiana.

Quest'opera è distribuita con licenza Creative Commons "Attribuzione 4.0 Internazionale".



Strumenti OpenSource

\LaTeX - Draw.IO - GNU.Makefile