



## ***Piano Nazionale per le Scuole***

**Il ruolo della dorsale di rete GARR e il servizio di transito IP per le Scuole**

---

*A cura del Dipartimento NETWORK e del Dipartimento INFRASTRUTTURA*

---

Direzione Consortium GARR

## Sommario

Introduzione .....	4
1 Il GARR, la sua missione, la sua comunità .....	6
1.1 La rete GARR e la sua unicità .....	6
1.2 La rete GARR oggi (GARR-X) .....	7
1.2.1 La rete ottica trasmissiva (DWDM).....	8
1.2.2 La rete IP/MPLS .....	9
1.2.3 Servizi e accesso utente.....	9
1.2.4 Monitoring.....	10
1.2.5 DDoS detection e mitigation .....	10
1.3 Il progetto della nuova rete GARR-T.....	10
1.3.1 Architettura rete ottica.....	11
1.3.2 Architettura della rete a pacchetto .....	13
1.3.3 Topologia .....	15
1.3.4 Modello di monitoring e management .....	15
2 Piano Nazionale per le Scuole: Definizioni e schema di riferimento.....	17
2.1 Definizioni.....	17
2.2 Schema di riferimento .....	17
2.3 Ruoli.....	18
3 Piano Nazionale per le Scuole: Servizio di transito IP sulla rete GARR.....	19
3.1 Caratteristiche del servizio di transito IP sulla rete GARR.....	19
3.2 Gestione della sicurezza .....	19
3.3 Caratteristiche dell'interconnessione GARR con Soggetto Aggregatore .....	19
3.3.1 Modalità di interconnessione.....	19
4 Interventi di potenziamento sulla rete GARR.....	21
4.1 Apparat per il potenziamento della rete trasmissiva GARR .....	21
4.2 Apparat per il potenziamento della rete a pacchetto .....	21
4.3 Elenco dei PoP disponibili per l'interconnessione.....	21
5 Tempistiche per l'interconnessione e il transito sulla dorsale GARR.....	24
5.1 PoP GARR in Fase 0.....	24

5.2	PoP GARR in Fase 1.....	24
5.3	PoP GARR in Fase 2.....	24
5.4	PoP GARR e infrastrutture in Fase 3.....	25
5.5	Evoluzione temporale della banda di interconnessione dei PoP .....	25
5.6	Adeguamento peering nazionali e internazionali.....	28
6	Costi.....	30

## INDICE TABELLE

Tabella 1: Elenco dei PoP GARR.....	23
Tabella 2: PoP GARR in Fase 0 .....	24
Tabella 3: PoP GARR in Fase 1 .....	24
Tabella 4: PoP GARR in Fase 2 .....	25
Tabella 5: PoP GARR in Fase3 .....	25
Tabella 6: Aggregato di banda disponibile per le Scuole e PoP GARR proposti .....	26
Tabella 7: Lista dei POP GARR e banda di interconnessione nelle diverse fasi.....	28
Tabella 8: Adeguamento peering nazionali e internazionali sulla rete GARR .....	29
Tabella 9: Riepilogo costi totali .....	30

## INDICE FIGURE

Figura 1: Mappa geografica della Rete GARR.....	8
Figura 2: Topologia di rete IP GARR-X .....	9
Figura 3: Modello di rete trasmissiva parzialmente disaggregata .....	11
Figura 4: Cicli di vita reti trasmissive ottiche.....	12
Figura 5: Schema Architettura rete trasmissiva GARR-T .....	13
Figura 6: Architettura di rete a pacchetto GARR-T.....	13
Figura 7: Schema logico della Topologia di rete GARR-T.....	15
Figura 8: Schema di riferimento GARR per la rete del Piano Nazionale Scuole .....	18
Figura 9: Schema interconnessione con i PoP della dorsale GARR .....	20
Figura 10: Evoluzione della banda aggregata di accesso per le Scuole sulla rete GARR.....	28

## INTRODUZIONE

GARR è la rete nazionale a **banda ultralarga** dedicata alla comunità dell'istruzione e della ricerca, operativa dal 1991. Il suo principale **obiettivo** è quello di fornire connettività ad alte prestazioni e di sviluppare servizi innovativi per le attività quotidiane di docenti, ricercatori e studenti e per la collaborazione a livello internazionale.

La rete GARR è ideata e gestita dal Consortium GARR, un'associazione senza fini di lucro fondata sotto l'egida del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. I soci fondatori sono CNR, ENEA, INFN e Fondazione CRUI, in rappresentanza di tutte le **università italiane**.

Si tratta di un'infrastruttura digitale molto capillare, con circa 16.000 km di **fibra ottica** su tutto il territorio nazionale, che raggiunge circa **2 milioni di utenti** e collega quasi 1.000 sedi, per la maggior parte istituzioni pubbliche (enti di ricerca, università, ospedali di ricerca, istituti culturali, biblioteche, musei, scuole).

La rete GARR è interconnessa alle reti internazionali della ricerca e all'Internet mondiale: indipendentemente dalla posizione geografica, ogni utente può scambiare dati e contenuti digitali, utilizzare risorse per il calcolo scientifico e applicazioni in modalità cloud.

Il Consortium GARR, in virtù delle competenze scientifiche e tecnologiche di cui dispone e della comprovata esperienza pluriennale in attività di progettazione e realizzazione di infrastrutture complesse, è stato invitato, nell'ambito delle attività in corso per la realizzazione del "Piano strategico nazionale per la banda ultra larga", dal dipartimento per la trasformazione digitale della Presidenza del Consiglio dei ministri e dal MISE, ad una serie di riunioni finalizzate alla definizione di un "**Piano di collegamento in rete delle scuole italiane**" che hanno visto la partecipazione di rappresentanti del Comitato per la Banda Ultra Larga (COBUL) e di rappresentanti delle Regioni e del Ministero della Istruzione.

Il piano scuole è finanziato con le risorse assegnate al MISE dalla delibera CIPE n. 71 del 2017, nell'ambito del programma operativo del Piano Banda Ultra Larga, a valere sulle risorse del Fondo Sviluppo e Coesione (FSC), relative al periodo di programmazione 2014-2020. Il Piano intende garantire alle scuole la connettività fino a 1 Gbps gratuita per un periodo di almeno 5 anni.

Nell'ambito di questa iniziativa il GARR ha indicato quale potrebbe essere il ruolo che la propria infrastruttura di rete potrebbe svolgere nel progetto. Il ruolo è quello di dorsale (o *backbone network*), connettendo i punti di raccolta regionali degli istituti scolastici ai PoP (Point of Presence) GARR già presenti sul territorio nazionale, opportunamente potenziati per trasportare il traffico generato dalle scuole.

Il GARR per le proprie finalità istituzionali, ha richiesto ed è titolare dell'autorizzazione concessa dal MISE ad operare in qualità di gestore di una rete pubblica. L'associazione Consortium GARR si situa nell'ambito delle Istituzioni, ovvero delle organizzazioni collettive attraverso cui i soggetti fondatori perseguono scopi superindividuali: è escluso pertanto lo scopo di lucro. Pertanto i costi previsti per la partecipazione al progetto sono solo quelli vivi, necessari per il potenziamento degli apparati, dei PoP e della struttura di gestione tecnica e operativa.

Nei prossimi paragrafi è descritto chi è GARR, la sua missione e la comunità di riferimento. Segue (par. 1.2) una descrizione dell'attuale rete GARR (GARR-X) e, nel par.1.3 il progetto della nuova rete (GARR-T) che è in corso di realizzazione. Il capitolo 2 richiama lo schema di riferimento del Piano Nazionale per le Scuole, lo schema delineato da GARR di interconnessione e transito IP sulla propria dorsale ed i ruoli previsti per i diversi attori coinvolti. Nel capitolo 3 è descritto il ruolo del GARR e le caratteristiche del servizio di transito IP che GARR potrebbe mettere a disposizione sulla propria rete nell'ambito del Piano, mediante i necessari

interventi di potenziamento degli apparati e dei PoP che costituiscono l'infrastruttura di rete GARR descritti nel capitolo 4. Il capitolo 5 illustra le tempistiche per l'interconnessione e il transito sulla dorsale GARR in funzione del piano di evoluzione della infrastruttura di rete GARR tra il 2021 e il 2023, con l'elenco dei PoP GARR che potranno essere messi a disposizione per l'interconnessione e il transito del traffico delle Scuole nelle 4 fasi previste, a partire da quella basata sulla attuale rete (Fase 0) e fino al 2024 ed i potenziamenti dei peering nazionali ed internazionali necessari. Il capitolo 6 espone i costi ritenuti necessari per l'intera durata del progetto, ossia 5 anni.

## 1 IL GARR, LA SUA MISSIONE, LA SUA COMUNITÀ

Il Consortium GARR è un'associazione senza fini di lucro fondata, sotto l'egida del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca, dai principali enti nazionali per l'istruzione e la ricerca scientifica: il CNR, l'ENEA, l'INFN e la Fondazione CRUI, in rappresentanza di tutte le Università italiane.

La sua **missione** consiste principalmente nel progettare, realizzare, gestire ed evolvere la Rete Nazionale dell'Istruzione e della Ricerca (National Research and Education Network - NREN) ed i suoi servizi in Italia.

GARR è innanzitutto una **comunità** di Ricerca, Istruzione, Formazione e Cultura in Italia. Alla rete GARR sono collegate quasi 1.000 sedi tra atenei, laboratori, centri di ricerca, biblioteche, musei, scuole e altre realtà scientifiche e culturali e contribuisce a promuovere le collaborazioni interdisciplinari e lo sviluppo di competenze e innovazione: dalla Fisica delle alte energie, alla Geofisica e Vulcanologia alla Biomedicina, all'Astrofisica, alla ricerca in Agricoltura e alle Arti e ai Beni Culturali.

Nel rispetto dei principi generali di concorrenza ed in linea con la propria natura, il Consortium GARR svolge attività esclusivamente nei confronti degli Enti soci del Consortium GARR nonché, sulla base di apposite convenzioni o accordi, con soggetti terzi appartenenti alla sua comunità di riferimento.

L'associazione Consortium GARR si situa nell'ambito delle Istituzioni, ovvero delle organizzazioni collettive attraverso cui i soggetti fondatori perseguono scopi superindividuali: è escluso pertanto lo scopo di lucro.

L'accesso alla rete GARR non è un servizio commerciale disponibile a chiunque: la richiesta di accesso da parte di un'organizzazione non socia deve essere vagliata preventivamente dal Comitato Tecnico Scientifico e approvata dal Consiglio di Amministrazione del GARR, che verifica la natura del soggetto richiedente e dei suoi scopi di ricerca, istruzione e culturali.

Il Consortium GARR, per le finalità istituzionali, ha richiesto ed è titolare dell'autorizzazione (Prot. n. DGSCER/1/FP/34960 del 15/04/2011) concessa dal Ministero dello Sviluppo Economico (ai sensi del D.L. 259/2003) ad operare in qualità di gestore di una rete pubblica.

### 1.1 La rete GARR e la sua unicità

La rete GARR è la rete nazionale di telecomunicazioni a banda ultra larga creata per:

- collegare gli Utenti al Sistema mondiale delle Reti Accademiche e della Ricerca e dell'Istruzione ad altissima capacità di banda;
- fornire servizi adatti a favorire l'armonizzazione, l'implementazione e la gestione delle infrastrutture digitali della comunità scientifica e accademica nazionale;
- sostenere e stimolare lo sviluppo di strumenti atti a facilitare l'accesso alle risorse di storage, calcolo e super-calcolo a livello nazionale ed internazionale, erogando gli opportuni servizi necessari a mantenere le infrastrutture digitali ai livelli degli standard internazionali.

La rete della ricerca GARR si caratterizza per la sua unitarietà, deve infatti garantire che tutti gli enti collegati siano trattati in modo equo e ricevano collegamenti con capacità di banda simmetrica. Si caratterizza inoltre per il rispetto delle esigenze delle attività formative, culturali e di ricerca, che non possono essere condizionate da vincoli e scelte di natura commerciale.

La rete GARR è parte integrante del **sistema mondiale** delle reti nazionali dell'istruzione e della ricerca. Garantisce ai propri utenti il collegamento ad altissima capacità (attualmente pari a 200 Gbps) con la rete di

dorsale Europea GÉANT a cui si possono collegare solo le NREN europee come la rete GARR e attraverso la rete GÉANT rende disponibili per la comunità dell'istruzione, della ricerca e culturale i collegamenti a livello intercontinentale. Il GARR è tra i soci fondatori dell'Associazione GÉANT.

L'unitarietà e l'unicità delle reti nazionali della ricerca in Europa è stata riconosciuta anche dalla Commissione Europea, che ha previsto specifici finanziamenti ad essa destinati.

La rete GARR è riconosciuta come "unica rete nazionale della ricerca e facente parte della rete della ricerca Europea GÉANT" nel Decreto Legislativo n. 218 del 25 ottobre 2016 art. 10 comma 5. Il comma citato modifica anche la legge n. 208 del 28 dicembre 2015 introducendo un nuovo comma 515-bis, che testualmente recita: *"Al fine di facilitare la partecipazione ai programmi comunitari, le amministrazioni pubbliche di cui al comma 510, possono procedere, al di fuori delle modalità di cui al comma 512 e successivi, per attività di ricerca, istruzione, formazione e culturali a richiedere l'accesso alla rete del GARR in quanto unica rete nazionale della ricerca e facente parte della rete della ricerca Europea GÉANT, ai sensi dell'articolo 40, comma 6, della legge 1 agosto 2002, n. 166. I relativi costi non sono inclusi nel computo della spesa annuale informatica. La procedura di affidamento segue le disposizioni del comma 516."*

Sulla rete GARR è consentito qualsiasi tipo di traffico conforme con le Regole di Utilizzo della Rete (Acceptable Use Policy-AUP) del GARR e in armonia con quelle delle reti della ricerca europee. La rete GARR offre alla propria comunità l'accesso non solo al sistema delle reti della ricerca, ma anche a tutto il global internet mondiale attraverso collegamenti ridondati con i principali operatori a livello nazionale ed internazionale.

## 1.2 La rete GARR oggi (GARR-X)

GARR-X è la versione corrente della rete in fibra ottica dedicata alla comunità italiana dell'Istruzione e della Ricerca e ha una estensione di circa 16.000km tra tratte di dorsale (9.000km) e collegamenti di accesso (7.000). La capacità aggregata di dorsale raggiunge i **3,8 Tbps**, mentre la capacità aggregata degli accessi è pari a **2 Tbps**.

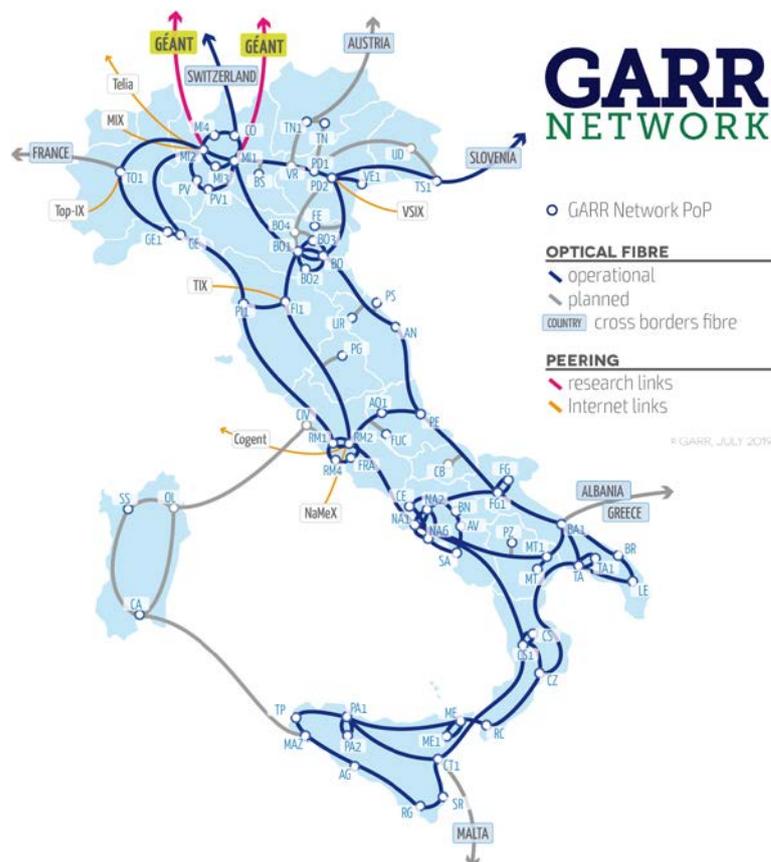
La dorsale della rete è costituita da fibre ottiche spente su cui sono illuminati circuiti basati sulle più avanzate tecnologie ottiche di trasporto che permettono di raggiungere velocità fino a 100 Gbps. La struttura magliata, che interconnette quasi 80 PoP (Punti di Presenza), conferisce alla rete un'elevata affidabilità e raggiunge un gran numero di istituzioni grazie alla sua diffusione capillare su tutto il territorio nazionale.

Le potenzialità della fibra ottica e la piena gestione dei collegamenti da parte del GARR con il controllo diretto dell'infrastruttura, offrono alle istituzioni grandissima flessibilità nell'accesso alla rete. La modalità di accesso può essere modellata sulle base delle specifiche esigenze di ciascuna sede utente, semplificando l'implementazione di servizi innovativi e ottimizzando i costi, grazie all'assenza di vincoli su capacità e tecnologia del collegamento.

Sull'infrastruttura in fibra ottica di GARR-X è possibile costruire velocemente un numero illimitato di reti virtuali o circuiti dedicati nazionali e internazionali per permettere a ricercatori e studenti italiani di partecipare a comunità virtuali di ricerca in tutto il mondo, rendendo possibile la collaborazione in tempo reale. Con GARR-X è possibile accedere in modo semplice e sicuro ad infrastrutture di calcolo scientifico, a grandi banche dati ed altre risorse distribuite. GARR-X è completamente interoperabile con le infrastrutture delle altre reti della ricerca in Europa e nel resto del mondo e rende possibile la fornitura di servizi tra un utente e l'altro (end-to-end), in modo più rapido e immediato rispetto agli operatori commerciali.

La struttura di dorsale GARR-X può essere divisa in 3 diversi livelli funzionali:

- Livello Fisico (Layer1) realizzato principalmente tramite fibre ottiche e tecnologia DWDM;
- Livello di Trasporto (Layer2) realizzato tramite tecnologia MPLS;
- Livello di Routing (Layer 3) realizzato tramite i protocolli OSPF e BGP.



**Figura 1: Mappa geografica della Rete GARR**

### 1.2.1 La rete ottica trasmissiva (DWDM)

La rete ottica trasmissiva si basa sulla tecnologia di due produttori diversi. La soluzione Huawei è operativa nel centro-nord d'Italia dal 2011. L'altra, realizzata attraverso il progetto GARR-X Progress, si basa su piattaforma Infinera ed è operativa al sud dal 2015. Questa tecnologia innovativa usa la trasmissione coerente dei segnali, in grado di moltiplicare su una singola coppia di fibre ottiche di lunga distanza una capacità di 8 Tbps e di erogare servizi da 10, 40 e 100 Gbps grazie all'utilizzo di super-channel a 500 Gbps.

Nel corso del 2017 le caratteristiche più avanzate sperimentate con successo in GARR-X Progress sono state estese anche alle altre aree del Paese. Questo è stato possibile integrando le due anime della rete ottica attraverso il meccanismo delle "lambda aliene". Questa soluzione, motivata dalla volontà di preservare il più a lungo possibile gli investimenti fatti in GARR-X, mantenendo gli apparati trasmissivi in esercizio sulla rete, ha permesso di veicolare i superchannel Infinera a 500 Gbps e attivare collegamenti a 100 Gbps tra i principali punti di presenza della dorsale nel centro-nord, in risposta alla costante e significativa crescita del traffico di ricerca in queste aree del paese.

### 1.2.2 La rete IP/MPLS

La rete GARR-X si compone di Router Juniper MX960, MX480 e MX80. Esiste poi un livello di aggregazione ethernet locale realizzato con apparati di switching Cisco. GARR-X ha una struttura gerarchica il cui nucleo principale (core) è formato da 8 router MX960. Questi router sono collocati nei principali POP di GARR (Roma, Milano, Bologna, Napoli, Bari, Catania, Palermo) che sono interconnessi mediante multipli link a 100Gbps e sui quali si attestano i POP secondari con link da 40Gbps o multipli 10Gbps. I router di core ricevono anche i collegamenti verso l'esterno della rete GARR, che rappresenta un'alta percentuale del traffico totale.

Gli altri router MX960, MX480, MX80 hanno una funzionalità di aggregazione e di instradamento del traffico utente verso il nucleo della rete. A questi router infatti sono connessi fisicamente la maggior parte degli utenti di GARR-X. Parte degli utenti a bassa capacità (1 Gbps e inferiori) sono raccolti localmente o su siti di aggregazione remota mediante apparati ethernet Cisco.

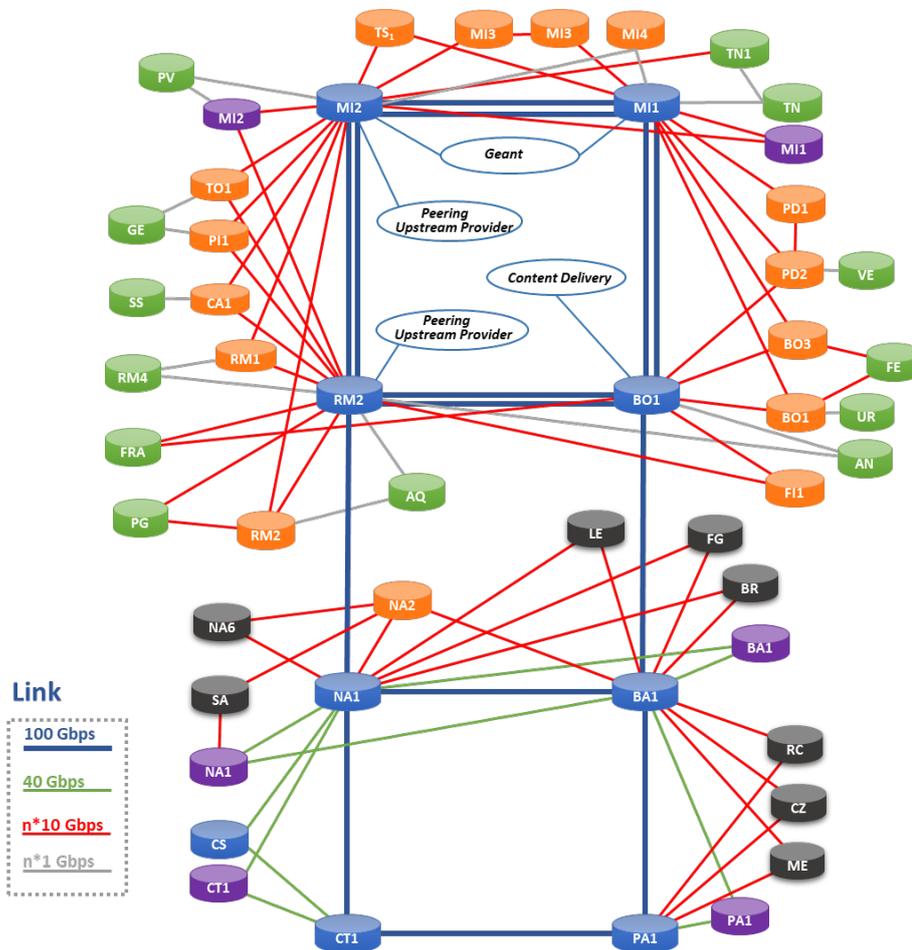


Figura 2: Topologia di rete IP GARR-X

### 1.2.3 Servizi e accesso utente

I servizi attualmente supportati sulla rete GARR-X sono:

- Accesso utente al servizio General Internet sia in IPv4 che in IPv6, con routing statico o BGP;
- L3VPN IPv4 e IPv6, con utenti interconnessi tramite routing statico o BGP;

- Servizi di trasporto Layer 2, mediante L2VPN o VPLS;
- Internet Multicast;
- BGP flowspec;
- Carrier-of-carriers VPN (RFC4364);
- Servizio di DDoS mitigation in tecnologia Juniper/Corero.

L'interconnessione degli utenti alla rete avviene esclusivamente tramite tecnologia Ethernet, con capacità 1 Gbps, 10 Gbps, 100 Gbps. Sulla base delle specifiche esigenze degli utenti, il collegamento d'accesso è realizzato attraverso link multipli di pari capacità (N\*1 Gbps, N\*10 Gbps, N\*100 Gbps).

#### 1.2.4 Monitoring

Lo stato e le prestazioni della rete GARR sono costantemente monitorati, in modo da garantire un servizio quanto più possibile efficiente alla comunità italiana dell'Università e della Ricerca. L'attuale sistema utilizzato per il monitoring della rete GARR è GINS (GARR Integrated Networking Suite), una suite software che include gli strumenti per la diagnostica ed il tracking dei problemi di rete, i sistemi di acquisizione e visualizzazione delle statistiche di traffico e di reportistica dell'attività di rete. I protocolli utilizzati da GINS sono SNMP, ICMP e netflow.

GINS dispone di funzionalità di monitoring, statistiche, TTS, report e weathermap, molte delle quali sono pubbliche e consultabili liberamente sul web da qualsiasi utente interessato.

GINS rivela e definisce lo stato di differenti servizi sulla base delle informazioni ottenute dalla rete, generando allarmi relativi a criticità ed acquisendo dati statistici.

Le componenti monitorate sono:

- connettività IPv4 e IPv6 delle sedi utente e dei link di backbone (stato e latenza dei link ed errori sulle interfacce degli apparati);
- stato degli apparati di backbone (carico delle CPU, temperature);
- stato della configurazione e della funzionalità dei protocolli di routing (costi OSPF, stato e route dei peering BGP, stato degli LSP MPLS);
- controllo dello stato delle porte degli apparati ottici;
- controllo dello stato di link end-to-end layer2;
- latenza, packet loss e jitter raccolti dai router mediante interrogazione degli agent di real-time performance monitoring.

#### 1.2.5 DDoS detection e mitigation

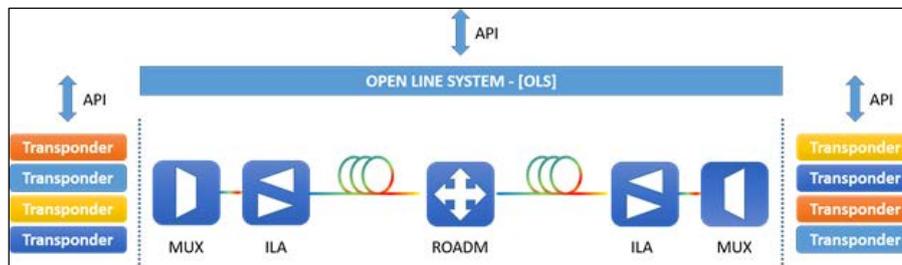
Sulla rete GARR opera un sistema di rilevazione e mitigazione degli attacchi DDoS inline, in grado di interagire automaticamente con gli apparati di rete Juniper applicando filtri dinamici per bloccare il traffico malevolo. Il sistema è denominato Corero TDD system.

### 1.3 Il progetto della nuova rete GARR-T

L'idea alla base del progetto è quella di proporre alla comunità GARR un nuovo modello di rete che, partendo dagli attuali livelli di servizio offerti all'utente, integri nuove funzionalità e metodologie gestionali, non presenti sull'attuale rete di produzione.

### 1.3.1 Architettura rete ottica

GARR mira a far evolvere la propria infrastruttura di rete ottica nazionale rinnovando la piattaforma ottica per la trasmissione dati al fine di garantire una presenza capillare e potenziare l’offerta dei servizi a disposizione della propria utenza. GARR intende realizzare una **rete ottica flessibile** completamente **coerente** secondo il **modello di rete parzialmente disaggregato** che prevede il disaccoppiamento degli elementi fotonici di linea (Line System) dai transponder. Questo approccio si sta affermando nelle moderne architetture di rete ottica, dove si sta passando da un approccio tradizionale di tipo “monolitico” e integrato a un approccio disaggregato e multivendor, aprendo di fatto alla realizzazione di infrastrutture aperte attraverso la definizione di interfacce standard e di protocolli comuni di comunicazione, gestione e controllo. La transizione verso un modello completamente disaggregato si delinea come ancora lunga e allo stato attuale sembra portare a una complessità non sostenibile. Un approccio ibrido come quello parzialmente disaggregato garantisce i benefici in termini di apertura dell’infrastruttura, realizzando un ambiente multivendor in cui elementi di linea e elementi di traffico risultano disaccoppiati, mantenendo però al contempo gestibile la complessità della rete. Il modello di rete parzialmente disaggregata si può rappresentare come nello schema in Figura 3.

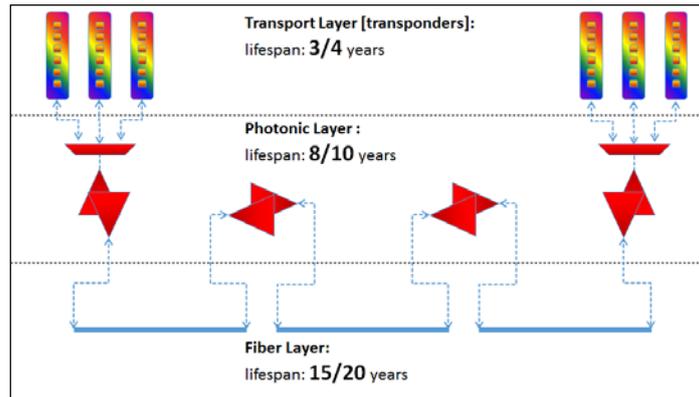


**Figura 3: Modello di rete trasmissiva parzialmente disaggregata**

Il sistema si compone dei seguenti elementi:

- **Open Line System:** elementi fotonici di linea per il trattamento del segnale ottico e la gestione di infrastruttura e topologia fisica come amplificatori, mux/demux, ROADMs, OTDR, WSS.
- **Elementi di Rice/Trasmissione (DCI/Transponder):** interfacce di Rice/Trasmissione del segnale ottico colorato all’interno della rete ottica e del suo adattamento verso le interfacce client.
- **Interfacce Programmabili:** gli elementi della rete ottica espongono verso l’esterno delle interfacce programmabili per il controllo, la gestione e il monitoraggio.
- **Elementi di Controllo, Gestione e Monitoraggio:** piattaforme software per il controllo e la gestione dell’infrastruttura e per il monitoraggio delle performance ottiche.

Tra le principali motivazioni che portano GARR a realizzare un disegno di rete ottica parzialmente disaggregato si sottolinea l’opportunità di disaccoppiare la componente fotonica di linea da quella di trasmissione dati, questi elementi hanno infatti cicli di vita completamente differenti: 8/10 anni per gli elementi di linea e 3/4 anni per gli elementi di trasmissione dati, come rappresentato nella Figura 4. La realizzazione di un Open Line System consente di aggiornare più agevolmente i componenti di trasmissione dati mantenendo l’infrastruttura fotonica alla base della rete ottica stabile e inalterata.



**Figura 4: Cicli di vita reti trasmissive ottiche**

GARR è da sempre stato promotore di un approccio aperto al networking e tra i primi utilizzatori di servizi basati sulle Alien Wavelength, in questo senso gli Open Line System rappresentano l'adozione sistematica di questo approccio, aprendo al trasporto di segnali esterni sia provenienti da transponder terze parti (rispetto alla soluzione) che di segnali generati direttamente dagli utenti o da altri domini operativi.

Per gestire efficacemente l'accesso allo spettro ottico e realizzare canali di comunicazione sempre a più elevata capacità, i sistemi di linea devono consentire la gestione dinamica dello spettro ottico (flexgrid) con elevata flessibilità e il pieno utilizzo della banda C estesa (4.8Thz). Questi elementi contribuiscono ad ottenere elevati throughput in termini sia di capacità dei singoli segnali (elevate frequenze di simbolo e modulazioni avanzate) sia di capacità del sistema complessivo, raggiungendo una più elevata ed efficiente organizzazione dello spettro.

Per quanto riguarda la gestione dell'infrastruttura fisica in fibra, GARR intende dotarsi di tecnologie che consentano di monitorare lo stato della fibra e identificare rapidamente i guasti tramite l'uso di OTDR integrati con l'infrastruttura.

Per accomodare le richieste di capacità e beneficiare delle più avanzate tecnologie di trasmissione in fibra ottica si intende basare l'evoluzione di rete su segnali coerenti e quindi senza l'impiego di moduli per la compensazione cromatica.

Il piano di evoluzione di rete prevede la realizzazione di un Open Line System, corredato dei transponder necessari a soddisfare la richiesta di capacità espresse nel presente documento. Gli elementi di trasmissione dati dovranno essere in grado di erogare servizi 100GEth e 400GEth attraverso interfacce di rete con modulazione, frequenza di simbolo e ampiezza di canale riconfigurabili.

Il nuovo disegno di rete mira a realizzare un'infrastruttura che riduca gli spazi richiesti e i consumi dei nodi di rete. Oltre a voler minimizzare lo spazio richiesto dai dispositivi e prevedere l'installazione negli stessi armadi degli apparati a pacchetto, si intende adattare il più possibile l'installazione ad un ambiente di tipo Data Center.

Il livello di programmabilità della piattaforma e la capacità di integrarsi attraverso API con piattaforme esterne di controllo, monitoraggio e gestione saranno elementi fondamentali, in grado di abilitare alla definizione di nuovi servizi riconfigurabili e dinamici direttamente sul livello ottico di rete. Inoltre questi elementi saranno fondamentali anche per poter integrare la piattaforma trasmissiva con applicazioni ed elementi su layer superiori. In questo senso sarà posta particolare attenzione a identificare soluzioni, controller e API di ultima generazione che consentano sviluppo e integrazione in modalità "agile".

Il disegno di rete prevede la classificazione dei nodi di rete in gruppi gerarchici che definiscono le funzioni dei singoli nodi e le relazioni di traffico, in Figura 5 sono rappresentate ad alto livello le caratteristiche principali delle varie gerarchie e la loro relazione.

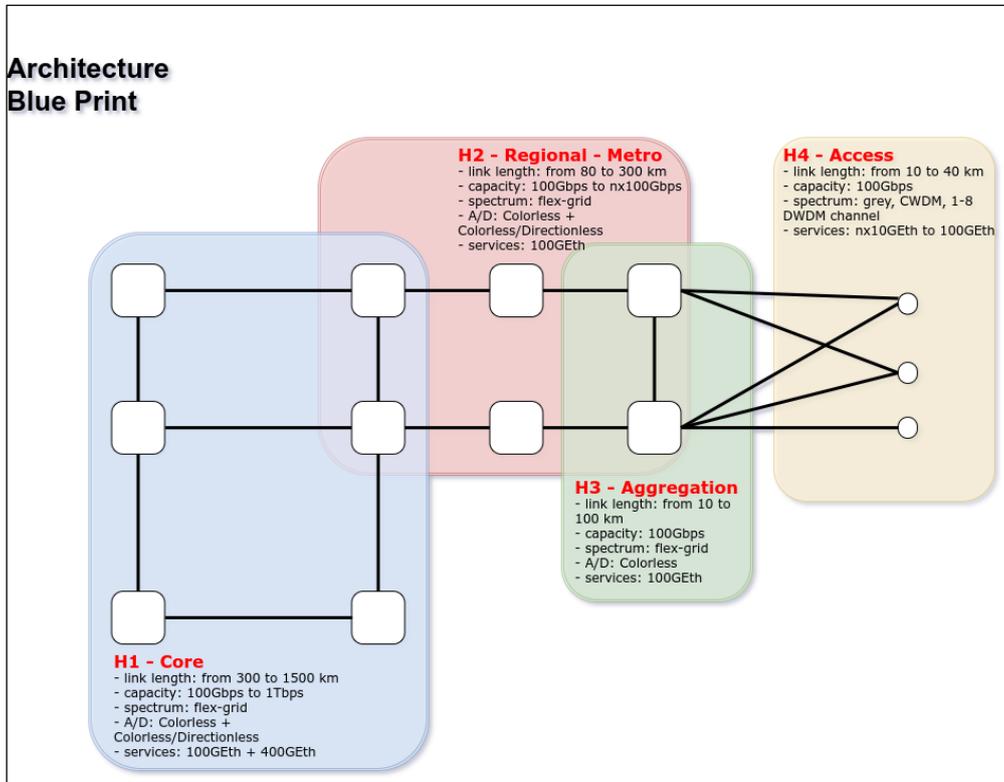


Figura 5: Schema Architettura rete trasmissiva GARR-T

### 1.3.2 Architettura della rete a pacchetto

La nuova architettura di rete si baserà sulla topologia Clos schematizzata in figura.

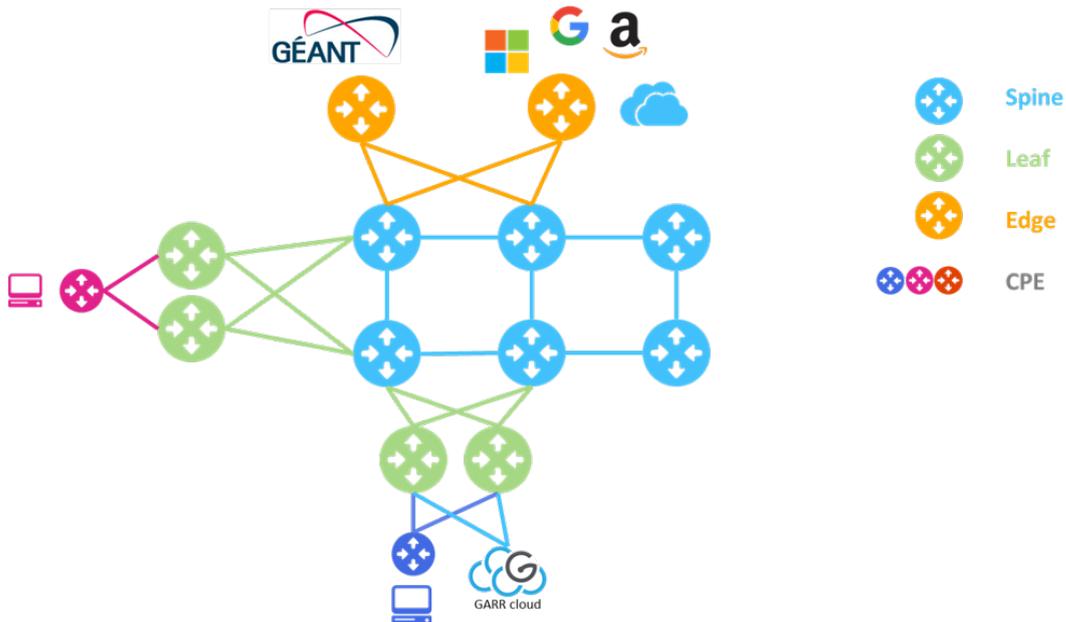


Figura 6: Architettura di rete a pacchetto GARR-T

Durante la fase di progettazione del nuovo modello di rete, è stato posto l'accento sulla separazione funzionale tra i nodi di seguito riportata in sintesi:

- il nodo **LEAF** (in verde in Figura 6):
  - è l'apparato nei PoP remoti;
  - è il punto di erogazione dei servizi di rete all'utenza;
  - nei PoP di dorsale è l'apparato di aggregazione dei collegamenti utente ivi terminati;
  - è equipaggiato con una elevata numerosità di porte a bassa capacità (1/10 Gbps);
  - è il nodo di raccolta dei collegamenti 1/10/100 Gbps (o multipli) con gli apparati per la terminazione del servizio di connettività in sede utente (nel seguito CPE);
  - è collegato alla dorsale, su Spine geograficamente distinti, con collegamenti 100 Gbps, 10 Gbps o multipli;
  - è differenziato in Leaf di **tipo1** (*nodi di attestazione per utenti con capacità di 10/100 Gbps o superiore*) e Leaf di **tipo2** (*nodi di attestazione per utenti con capacità fino a 10Gbps*).
- il nodo **SPINE** (blu in Figura 6):
  - è l'apparato con funzione di trasporto ad elevata capacità di banda;
  - è equipaggiato con una elevata numerosità di sole porte ad alta capacità ( $\geq 100$  Gbps);
  - è il nodo di terminazione dei solli link di backbone (no link utente su Spine);
  - non implementa i servizi utente;
  - è collegato ai nodi Leaf con link  $N*10$  Gbps o  $N*100$  Gbps;
  - è collegato ai nodi Edge con link  $N*100$  Gbps.
- il nodo **EDGE** (arancione in Figura 6):
  - è l'apparato di terminazione dei collegamenti verso l'esterno;
  - è equipaggiato con una elevata numerosità di porte ad alta capacità ( $\geq 100$  Gbps), e ridotta numerosità di porte a bassa capacità ( $\leq 10$  Gbps);
  - è funzionalmente equivalente ad un nodo LEAF.

Il nuovo disegno di rete prevede una componente di core ad alta capacità (blu in Figura 3), realizzata con apparati che, per capacità e numerosità di porte ad alta velocità, appartengono alla categoria degli SPINE sopra definita. La rete di dorsale supporta collegamenti a 400 Gbps, 200 Gbps, 100 Gbps o multipli delle capacità indicate, ed il dimensionamento sarà funzione delle esigenze attuali, con l'aggiunta di un margine che tenga conto delle previsioni di crescita che si avranno nel prossimo futuro. La numerosità di interfacce ad alta velocità con cui verranno equipaggiati gli apparati di core, assicura un buon livello di scalabilità, che consentirà a GARR di gestire richieste di incrementi della capacità di dorsale non predicibili in fase di progetto. I PoP periferici (verde in Figura 3) verranno integrati in rete attraverso un collegamento ridondato. Ciascun PoP periferico potrà disporre, infatti, di due collegamenti fisici terminati su altrettanti nodi di core geograficamente distinti. La velocità di entrambi i link verrà dimensionata, anche in questo caso, tenendo in considerazione sia l'attuale esigenze del PoP sia una stima di crescita della capacità degli utenti afferenti allo specifico PoP. Gli apparati previsti per i PoP periferici appartengono alla categoria delle LEAF, equipaggiati con una numerosità di interfacce tali da poter realizzare inizialmente collegamenti di backbone a 100 Gbps, 10Gbps o multipli delle velocità indicate. Il dimensionamento degli apparati LEAF è tale da assicurare nel tempo la possibilità di incrementi di capacità nella direzione del core della rete.

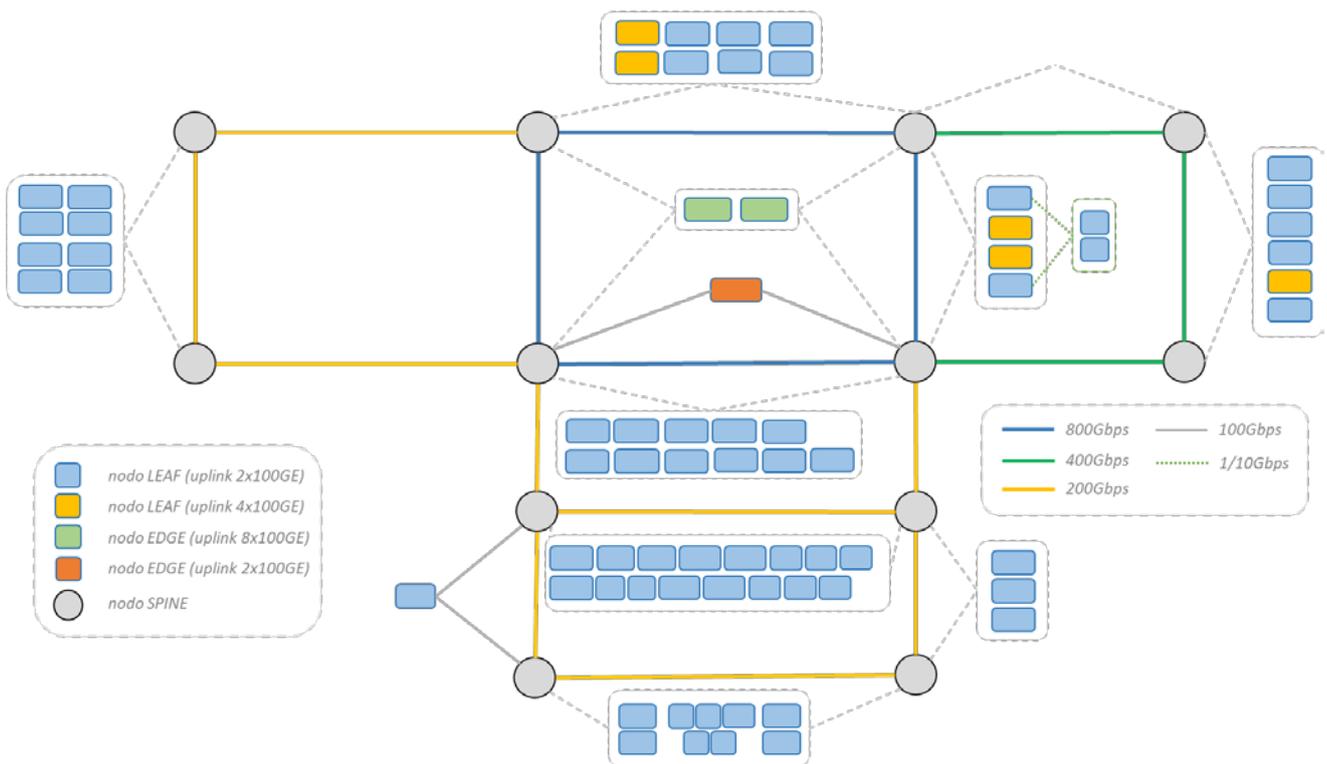
Il collegamento tra la rete GARR e la rete della ricerca Europea GÉANT, così come il collegamento con la componente Internet commerciale, è mediato dai nodi EDGE (arancione in Figura 3). Analogamente a quanto

descritto a proposito dei PoP periferici, ciascun nodo EDGE verrà collegato al core della rete con due collegamenti, terminati per ridondanza su nodi di core geograficamente distinti. Il dimensionamento dei collegamenti esterni è funzione degli accordi stipulati con i Provider cui la rete GARR è, o verrà in futuro, collegata. La nuova rete disporrà di collegamenti 10 Gbps (o multipli) fino a 100 Gbps con i Provider di servizi Internet, e di multipli di 400 Gbps con la rete GÉANT.

L'aumentato livello di ridondanza dei percorsi di rete migliora l'esperienza sull'uso della rete da parte degli utenti riducendo il tempo di disservizio legato a guasti e/o manutenzioni programmate. Tempo che viene completamente azzerato nei casi di utenti collegati alla rete in modalità dual-homing. La ridondanza di percorsi fisici caratteristica dal modello Clos, e che è alla base del nuovo modello della rete GARR, è ottenuta attraverso un progetto congiunto dei livelli IP, WDM e fisico della rete. Come affermato in precedenza, i nodi LEAF dei PoP periferici, così come i nodi EDGE, saranno collegati al resto della rete con due collegamenti terminati su due distinti PoP di core. I PoP periferici potranno pertanto disporre di un collegamento effettivamente ridondato, in ragione del fatto che i due collegamenti verranno realizzati dai Layer sottostanti (WDM e fisico) utilizzando circuiti instradati su tratte in fibra che seguono percorsi fisici differenti.

### 1.3.3 Topologia

La topologia della nuova rete è illustrata schematicamente in Figura 7.



**Figura 7: Schema logico della Topologia di rete GARR-T**

### 1.3.4 Modello di monitoring e management

Con la nuova rete GARR cambia radicalmente l'approccio ai temi del monitoring e del management. L'attuale modello basato su interrogazioni periodiche SNMP, lascerà il posto al modello basato sulle informazioni

telemetriche fornite in tempo reale dagli apparati di rete, e raccolti ed elaborati un sistema di analisi e visualizzazione.

Questo nuovo approccio porterà ad avere la conoscenza in tempo reale dello stato della rete, agevolando l'intervento del NOC nel caso di malfunzionamenti e riducendo, di fatto, i tempi di disservizio sperimentati dagli utilizzatori. Monitoring, strumenti di analisi e meccanismi automatici per l'esecuzione costituiscono le componenti principali del sistema di gestione e controllo, ed operano in sinergia al fine di ottenere una costante ottimizzazione del funzionamento della rete e dei percorsi di traffico.

## 2 PIANO NAZIONALE PER LE SCUOLE: DEFINIZIONI E SCHEMA DI RIFERIMENTO

Il Piano Nazionale per le scuole, iniziativa del MISE, ha come obiettivo quello di fornire l'accesso a Internet a **32.213 plessi scolastici** tramite una connettività di 1 Gbps per ogni scuola con 100 Mbps garantiti nel trasporto fino ai Peering Internet.

Il Piano prevede:

- Il collegamento e l'attivazione del servizio di connettività di tutti i plessi scolastici delle scuole medie e superiori su tutto il territorio nazionale;
- Il collegamento e l'attivazione del servizio di connettività di tutti i plessi delle scuole primarie e dell'infanzia nelle "aree bianche";
- l'attivazione del servizio di connettività di tutte le sedi già dotate di collegamenti in fibra (realizzata sia tramite interventi pubblici che privati);
- connettività gratuita per le scuole con servizi di manutenzione evolutiva e servizi di CRM per 5 anni.

Nell'ambito del Piano Nazionale Scuole, il Consortium GARR può svolgere il ruolo di trasportare il traffico aggregato delle scuole, raccolto da altri soggetti come reti regionali e/o operatori, di seguito definiti "soggetti aggregatori", attraverso punti di interconnessione tra le reti, realizzati presso alcuni dei PoP della rete GARR.

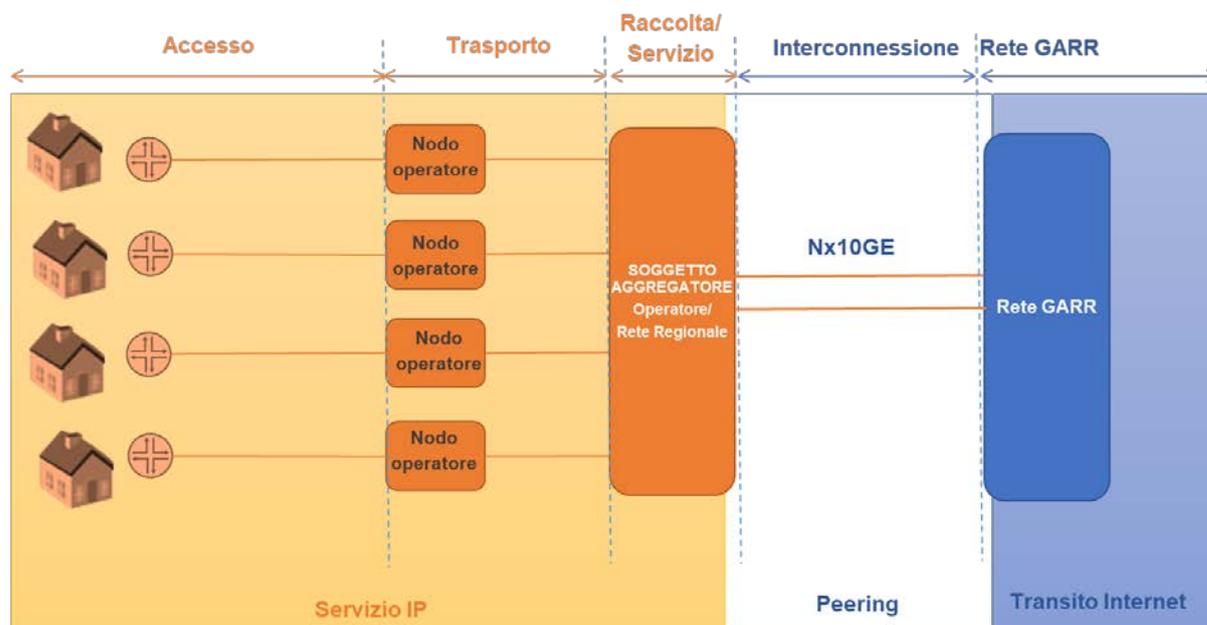
### 2.1 Definizioni

**Soggetto aggregatore:** si definisce Soggetto Aggregatore, la rete regionale e/o l'operatore che effettua la raccolta delle scuole, termina il servizio di connettività IP e stabilisce il peering con la rete GARR.

### 2.2 Schema di riferimento

Lo schema di riferimento della rete è evidenziato in Figura 8 suddividendo l'architettura in cinque segmenti:

- **Accesso:** prevede l'attivazione dei collegamenti in fibra ottica già realizzati, in corso di realizzazione o di futura realizzazione tramite fornitura di un apparato per la terminazione del servizio di connettività in sede utente (nel seguito **CPE**), con performance adeguate alla capacità di banda prevista, per l'accesso Internet. I collegamenti di capacità almeno pari ad 1 Gbps sono terminati fino al nodo dell'operatore del segmento di trasporto.
- **Trasporto:** prevede il trasporto dei collegamenti raccolti dal segmento di accesso fino al punto di raccolta del Soggetto Aggregatore, che può essere un operatore o una rete regionale. Sono garantiti 100 Mbps simmetrici per scuola.
- **Raccolta e Servizio:** punto di aggregazione degli accessi dai nodi operatore, è ospitato dal Soggetto Aggregatore (anche più di uno per ciascun PoP GARR) e rappresenta la terminazione del servizio di connettività IP basata su protocollo IPv4/IPv6. Il servizio deve essere erogato senza limiti di tempo o orario.
- **Interconnessione:** è realizzata tra il Soggetto Aggregatore e i PoP della rete GARR, attraverso collegamenti 10 Gbps o multipli, in base a eventuali esigenze di capacità e di ridondanza, in modalità peering.
- **Rete GARR:** è la rete di transito IP verso le destinazioni internet.



**Figura 8: Schema di riferimento GARR per la rete del Piano Nazionale Scuole**

## 2.3 Ruoli

Per ognuno dei segmenti viene individuato un fornitore con i ruoli specificati nel seguito:

- **Accesso:** il fornitore è da individuare tramite bando di gara e ha i seguenti compiti:
  - attivazione e fornitura CPE;
  - manutenzione dei CPE;
  - sostituzione della rete in rame e realizzazione fibra per le sedi in rame.
- **Trasporto:** il fornitore è da individuare tramite bando di gara. Il compito consiste nel trasporto dei flussi dati fino ai punti di raccolta che ospitano la terminazione del servizio di connettività IP.
- **Raccolta e Servizio:** punto di consegna del servizio di connettività IP. Il compito consiste nel:
  - fornire l'opportuno indirizzamento pubblico IPv4/IPv6 per ognuna delle sedi scolastiche, con numero di indirizzi fissi da stabilire, al fine di permettere la pubblicazione dei contenuti (server, siti web, archivi, ecc) scolastici;
  - il Soggetto Aggregatore dovrà annunciare lo spazio di indirizzamento delle scuole attraverso il proprio Autonomous System pubblico;
  - dovrà gestire i flussi di dati con modalità di consegna L2/L3 in base alle scelte del Soggetto Aggregatore (es. su base Vlan, una sVLAN per comune/VLAN per scuola);
  - per le regioni che hanno la propria rete sono direttamente le regioni o le in-house a fornire il servizio (es. Emilia Romagna, Friuli-Venezia-Giulia, P.A. Trento).
- **Interconnessione:** punto di peering tra soggetti aggregatori, operatori e/o reti regionali e la rete GARR. I soggetti aggregatori dovranno occuparsi della realizzazione delle fibre di collegamento con i PoP della rete GARR, di attrezzare tali tratte con apparati trasmissivi e a pacchetto, e di concordare, implementare e gestire con GARR le opportune politiche di peering.
- **Rete GARR:** ha il compito di fornire esclusivamente il transito IP verso internet, verso i peering nazionali e internazionali, verso gli utenti GARR, per tutto il traffico delle scuole proveniente dai punti di raccolta.

### 3 PIANO NAZIONALE PER LE SCUOLE: SERVIZIO DI TRANSITO IP SULLA RETE GARR

#### 3.1 Caratteristiche del servizio di transito IP sulla rete GARR

GARR fornisce alle scuole un servizio di trasporto del traffico verso Internet e verso il sistema mondiale delle reti della ricerca. La rete GARR è interconnessa, tramite la dorsale delle reti di ricerca europea GÉANT, alle istituzioni operanti nel campo dell'educazione, della ricerca, della cultura e della conoscenza di tutto il mondo.

La rete GARR dispone altresì di collegamenti nazionali e internazionali, tramite i quali è in grado di offrire la raggiungibilità senza congestioni e senza intermediari verso tutti i principali fornitori di contenuti, i fornitori di servizi di accesso italiani ed i fornitori di applicazioni e servizi cloud. GARR inoltre ospita presso le proprie sedi alcuni sistemi di distribuzione dei contenuti dei maggiori operatori mondiali, in grado di avvicinare il punto di distribuzione dei contenuti agli utenti finali, assicurando così prestazioni migliorate.

La rete GARR è contraddistinta dalle seguenti caratteristiche:

- 1) **Neutralità:** nessuna tipologia di traffico è preferita rispetto alle altre. In nessun caso GARR applica differenziazione del traffico di uno specifico fornitore, di una specifica applicazione o di uno specifico servizio.
- 2) **Simmetria:** il traffico può fluire alla massima velocità in entrambe le direzioni fra il punto di ingresso sulla rete GARR ed il punto di uscita dalla rete GARR.
- 3) **Bassa latenza:** la rete è ingegnerizzata in modo da assicurare che il traffico possa seguire il percorso a minor tempo di attraversamento.
- 4) **Altissima capacità:** ogni collegamento della rete è dimensionato e monitorato in modo da assicurare che non incorra in saturazione, e che ci sia sempre capacità disponibile per improvvise necessità o in caso di momentanei reinstradamenti di altro traffico.

Il transito del traffico delle scuole avverrà dal punto di interconnessione fra la rete del Soggetto Aggregatore e la rete GARR secondo le modalità dettagliate nel seguito. Il dominio di competenza GARR si estenderà dal punto di interconnessione fino ai collegamenti della rete GARR con l'esterno.

#### 3.2 Gestione della sicurezza

La gestione degli aspetti di sicurezza, firewall, content filtering ecc. di ciascuna scuola è demandato agli altri soggetti che si occupano del servizio di accesso e di raccolta. Analogamente, per quello che riguarda gli aspetti di sicurezza, la gestione GARR riguarda lo stesso dominio di competenza sopra specificato (transito sulla dorsale).

#### 3.3 Caratteristiche dell'interconnessione GARR con Soggetto Aggregatore

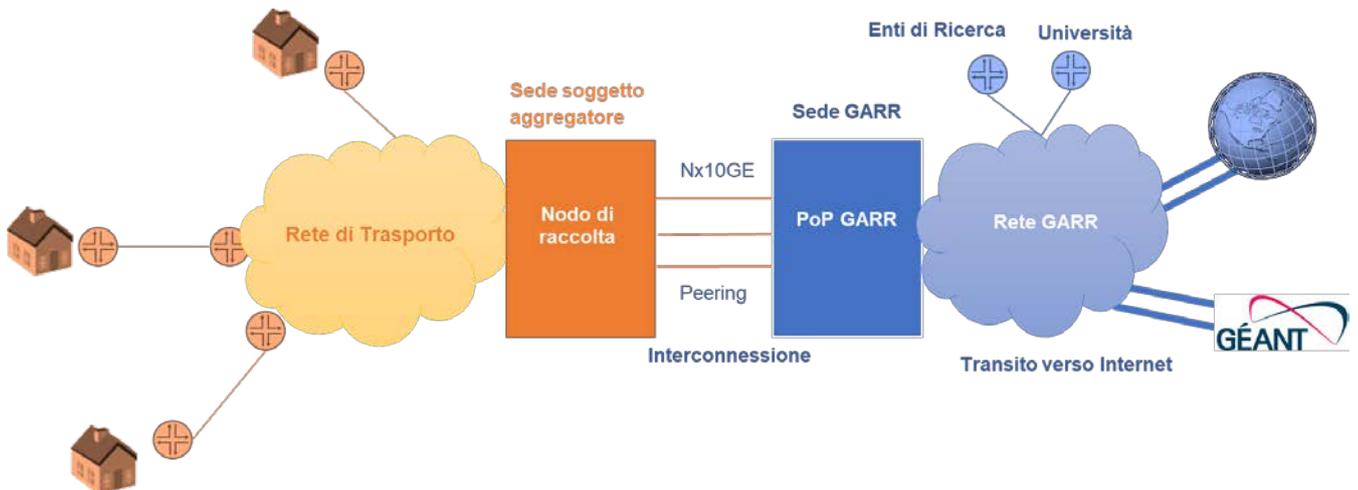
##### 3.3.1 Modalità di interconnessione

L'interconnessione fra GARR ed il Soggetto Aggregatore sarà conforme alle seguenti regole tecniche:

1. Il Soggetto Aggregatore si occupa di realizzare e monitorare la connettività di ogni singola sede scolastica all'infrastruttura di rete di accesso e regionale, ed è l'unico interlocutore delle scuole dal punto di vista sia tecnico che amministrativo.

2. La realizzazione e gestione di servizi di trasporto di livello 2 o livello 3 tra l'accesso di ciascuna scuola e il punto di interconnessione con la rete GARR è demandata al Soggetto Aggregatore.
3. Il Soggetto Aggregatore che si occupa della realizzazione e della gestione del servizio di raccolta delle scuole deve disporre di un AS pubblico e di un indirizzamento pubblico IPv4 ed IPv6 riservato alle scuole. GARR non fornisce in nessun caso propri AS e indirizzamento IPv4/IPv6.
4. L'interconnessione tra GARR e il Soggetto Aggregatore avviene unicamente mediante interconnessione di livello 3, realizzata su collegamenti punto-punto IP.
5. Sui collegamenti punto-punto IP (uno o più), verrà stabilito un peering BGP fra l'Autonomous System del GARR (AS137) e quello del Soggetto Aggregatore. I prefissi ricevuti da GARR su tali sessioni di peering saranno propagati verso tutti i collegamenti GARR di ricerca e verso la general Internet.
6. GARR provvede alla gestione e manutenzione della rete dal punto di interconnessione fino ai collegamenti della rete GARR con l'esterno. I sistemi di gestione GARR prendono in carico il monitoring di tutti i peering stabiliti sulle interconnessioni fra GARR ed il Soggetto Aggregatore.
7. I collegamenti fisici che realizzano l'interconnessione sono 10 Gbps, Nx10 Gbps (da valutare capacità superiori, 40 Gbps e 100 Gbps, in futuro) e potranno disporre di ridondanza sia di percorso (le tratte in fibra ottica che realizzano il collegamento fisico potranno essere differenziate) sia di attestazione (i PoP GARR di interconnessione potranno essere differenziati, in funzione della disponibilità, come meglio specificato nei capitoli successivi). La realizzazione e la manutenzione delle fibre ottiche di interconnessione sono a carico del Soggetto Aggregatore.

Le fibre ottiche di interconnessione saranno gestite e mantenute dal soggetto aggregatore. La gestione e il monitoring dell'interconnessione viene effettuata dal Soggetto Aggregatore e da GARR ciascuno per il proprio dominio di competenza (apparati).



**Figura 9: Schema interconnessione con i PoP della dorsale GARR**

## 4 INTERVENTI DI POTENZIAMENTO SULLA RETE GARR

### 4.1 Apparati per il potenziamento della rete trasmissiva GARR

Gli apparati trasmissivi basati su tecnologia DWDM verranno opportunamente equipaggiati con due coppie indipendenti di transponder con interfacce client a 100 G Ethernet. La tipologia di hardware, destinato esclusivamente al progetto Scuole, consente su ciascun PoP su cui atterra l'interconnessione in fibra ottica tra il soggetto Aggregatore e GARR, una capacità aggregata di banda verso la dorsale di rete GARR fino ad un massimo di 200 Gbps.

### 4.2 Apparati per il potenziamento della rete a pacchetto

GARR predisporrà un apparato di routing con capacità di accesso granulare (10GE o multipli, 40GE, 100GE) nei PoP GARR all'interno dei quali avverrà l'interconnessione con il Soggetto Aggregatore. L'apparato sarà in grado di dimensionare opportunamente, ed in ogni momento, il canale di collegamento con il Soggetto Aggregatore.

Gli apparati di routing che GARR metterà a disposizione saranno esclusivamente dedicati al progetto. Sarà, inoltre, possibile definire delle politiche di instradamento e di gestione del traffico all'interno del backbone GARR, in maniera tale da conferire al traffico le caratteristiche delle quali l'utente finale ha necessità. Ad esempio: minor latenza e/o jitter, banda garantita, ecc.

I PoP GARR verranno ulteriormente potenziati dal punto di vista della gestione operativa da remoto, attraverso l'installazione di ulteriori apparati accessori quali switch di management, router per l'accesso fuori banda, console switch.

### 4.3 Elenco dei PoP disponibili per l'interconnessione

In Tabella 1 si riporta l'elenco dei PoP GARR disponibili per l'interconnessione con le reti dei soggetti aggregatori.

N	NOME	SIGLA	INDIRIZZO	CITTÀ	REGIONE
1.	PoP Ancona-Montedago	AN	Via Brecce Bianche	Ancona	Marche
2.	PoP Bari-Amendola	BA1	Via Amendola, 173	Bari	Puglia
3.	PoP Bologna-Gobetti	BO3	Via Piero Gobetti, 101	Bologna	Emilia Romagna
4.	PoP Bologna-Morassutti	BO1	Via Berti Pichat, 6/2	Bologna	Emilia Romagna
5.	PoP Brindisi-Cittadella	BR	Centro Pastis S.S. 7 Appia Km 706	Brindisi	Puglia
6.	PoP Cagliari-Marengo	CA1	Via Marengo, 3	Cagliari	Sardegna
7.	PoP Catania-Cittadella	CT1	Viale Andrea Doria, 6	Catania	Sicilia
8.	PoP Catanzaro-Germaneto	CZ	Viale Europa - Campus "Salvatore Venuta" - Loc. Germaneto	Catanzaro	Calabria
9.	PoP Como-Insubria	CO	via Valeggio, 11	Como	Lombardia
10.	PoP Cosenza-Arcavacata	CS	Arcavacata di Rende	Cosenza	Calabria

N	NOME	SIGLA	INDIRIZZO	CITTÀ	REGIONE
11.	PoP Firenze-S. Marco	FI3	Piazza S. Marco, 4	Firenze	Toscana
12.	PoP Firenze-Sesto	FI1	Viale delle Idee, 26	Sesto Fiorentino (FI)	Toscana
13.	PoP Foggia-Gramsci	FG	Via Gramsci, 89/91	Foggia	Puglia
14.	PoP Frascati-Fermi	FRA	via Enrico Fermi, 40	Frascati	Lazio
15.	PoP Genova-S. Martino	GE2	Viale Benedetto XV, 3	Genova	Liguria
16.	PoP Genova-Vivaldi	GE1	via Vivaldi, 2	Genova	Liguria
17.	PoP L'Aquila-Vetoio	AQ1	Via Vetoio,1	L'Aquila	Abruzzo
18.	PoP Lecce-Fiorini	LE	Via Prov. per Arnesano	Lecce	Puglia
19.	PoP Macerata	MC		Macerata	Marche
20.	PoP Matera-Terlecchia	MT	S.P. per Ginosa	Matera	Basilicata
21.	PoP Messina-Pugliatti	ME	Piazza Pugliatti, 1	Messina	Sicilia
22.	PoP Milano-Caldera	MI2	via Caldera, 21, Pal. D/3	Milano	Lombardia
23.	PoP Milano-Colombo	MI3	Via Giuseppe Colombo, 46	Milano	Lombardia
24.	PoP Napoli-Monte di Dio	NA2	via Generale Parisi, 13	Napoli	Campania
25.	PoP Napoli-Mt. S. Angelo	NA1	via Cinthia	Napoli	Campania
26.	PoP Padova-S. Francesco	PD1	via San Francesco, 11	Padova	Veneto
27.	PoP Padova-Spagna	PD2	Galleria Spagna, 28	Padova	Veneto
28.	PoP Palermo-Scienze	PA1	Via delle Scienze	Palermo	Sicilia
29.	PoP Pavia-Bassi	PV	via Bassi, 6	Pavia	Lombardia
30.	PoP Pavia-Ferrata	PV1	Via Ferrata, 1	Pavia	Lombardia
31.	PoP Perugia-Duranti	PG	Via Duranti, 1/A	Perugia	Umbria
32.	PoP Pescara-Trieste	PE	Via Trieste, 18	Pescara	Abruzzo
33.	PoP Pisa-Grado	PI2	Via Livornese, 1289	S. Piero a Grado (PI)	Toscana
34.	PoP Pisa-Torricelli	PI1	Piazza Torricelli, 1	Pisa	Toscana
35.	PoP Potenza-Macchia Romana	PZ	Via dell'Ateneo Lucano	Potenza	Basilicata
36.	PoP Reggio Calabria-Melissari	RC	Salita Melissari, Località Feo di Vito, Torre C3	Reggio Calabria	Calabria
37.	PoP Roma-Sapienza	RM1	P. le Aldo Moro, 2	Roma	Lazio
38.	PoP Roma-Tizii	RM2	via Dei Tizii, 6B	Roma	Lazio
39.	PoP Salerno-Fisciano	SA	Via Ponte Don Melillo	Salerno	Campania
40.	PoP Sassari-Macao	SS	Largo Macao, 32	Sassari	Sardegna
41.	PoP Taranto-Turismo	TA	Viale Turismo, 8	Taranto	Puglia
42.	PoP Torino	TO2		Torino	Piemonte

N	NOME	SIGLA	INDIRIZZO	CITTÀ	REGIONE
43.	PoP Torino-Giuria	TO1	via Pietro Giuria, 1	Torino	Piemonte
44.	PoP Trento-Briamasco	TN	Via Briamasco, 2	Trento	Trentino Alto Adige
45.	PoP Trento-Povo	TN1	Via Sommarive, 9	Povo (TN)	Trentino Alto Adige
46.	PoP Trieste-Valerio	TS	Via Valerio, 12	Trieste	Friuli Venezia Giulia
47.	PoP Udine-Scienze	UD	Via delle Scienze, 206	Udine	Friuli Venezia Giulia
48.	PoP Venezia-Dorsoduro	VE	Via Dorsoduro 3861	Venezia	Veneto
49.	PoP Verona-S. Francesco	VR	Via S. Francesco, 22	Verona	Veneto

**Tabella 1: Elenco dei PoP GARR**

## 5 TEMPISTICHE PER L'INTERCONNESSIONE E IL TRANSITO SULLA DORSALE GARR

In questo capitolo sono indicate le tempistiche relative alla disponibilità dei PoP GARR, a partire da settembre 2020 e fino al 2024, e la relativa capacità di interconnessione e transito del traffico delle Scuole.

Sono previste **4 fasi**: la **Fase 0** è riferita alla configurazione attuale della infrastruttura di rete GARR (GARR-X), mentre la **Fase 1** e la **Fase 2** rispecchiano il piano di realizzazione del progetto di rete GARR-T, previsto nel Piano Triennale di Attività del GARR 2020-2022 e approvato dagli organi istituzionali del GARR, che avrà inizio nel 2021 e si completerà nel 2023.

La **Fase 3** infine riguarda alcune regioni del paese nelle quali GARR ancora non dispone di una infrastruttura fisica in fibra ottica e nelle quali deve quindi essere considerata l'acquisizione a lungo termine (IRU) di tratte in fibra ottica oltre che degli apparati ottici trasmissivi e a pacchetto necessari per estendere la rete GARR-T anche in queste aree. La realizzazione di queste porzioni di infrastruttura saranno possibili a partire dal 2024.

### 5.1 PoP GARR in Fase 0

Il periodo temporale della **Fase 0** parte da **oggi** e si prolunga fino al **31/12/2021**. A partire dalla data odierna nell'ambito della disponibilità di risorse attuali, GARR è in grado di fornire accessi indipendenti a 10Gbps nei seguenti POP della rete GARR. La lista dei POP della rete GARR-X:

FASE	POP
<b>Fase 0</b>	Padova (PD2), Trieste (TS1), Milano (MI2), Milano (MI3), Torino (TO1), Genova (GE1), Pisa (PI1), Bologna (BO1), Bologna (BO3), Pavia (PV, PV1), Firenze (FI1), Roma (RM1, RM2), Frascati (FRA), Napoli (NA1, NA2), Salerno (SA), Bari (BA1), Brindisi (BR), Lecce (LE), Taranto (TA1), Foggia (FG), Reggio Calabria (RC), Cosenza (CS), Catanzaro (CZ), Messina (ME), Catania (CT1) e Palermo (PA1)

**Tabella 2: PoP GARR in Fase 0**

La capacità di rete complessiva che può essere resa disponibile è pari a **360 Gbps**, corrispondente a 36 collegamenti a 10 Gbps disponibili nei diversi punti di presenza.

### 5.2 PoP GARR in Fase 1

La **Fase 1** copre l'intervallo di tempo da **01/01/2022** a **31/08/2022**. Una volta completata la realizzazione della dorsale trasmissiva prevista nel progetto GARR-T nelle regioni del centro-nord sarà possibile disporre di un maggior numero di punti di interconnessione. Unitamente a questo, anche i PoP disponibili nella Fase0 disporranno di una maggiore capacità di rete. I nodi di rete che si aggiungono a quelli disponibili nella Fase0 sono:

FASE	POP
<b>Fase 1</b>	Padova (PD1), Udine (UD), Como (CO), Venezia (VE), Trento (TN, TN1), Verona (VR), Torino (TO2), Genova (GE2), Pisa (PI2) e Firenze (FI3)

**Tabella 3: PoP GARR in Fase 1**

### 5.3 PoP GARR in Fase 2

La **Fase 2** si svilupperà nel periodo da **01/09/2022** a **31/12/2023**. Nell'ambito di questa fase oltre ad avere completato le azioni di aggiornamento della rete ottica e della rete a pacchetto così come previsto nell'ambito della evoluzione di rete GARR-T si aggiungono alcuni PoP di rete come:

FASE	POP
<b>Fase 2</b>	Potenza (PZ), Matera (MT), L'Aquila (AQ), Pescara (PE) e Ancona (AN)

**Tabella 4: PoP GARR in Fase 2**

#### 5.4 PoP GARR e infrastrutture in Fase 3

La **Fase 3** si svilupperà nel periodo da **01/01/2024** a **31/12/2024** nella quale vengono presi in esame gli interventi necessari a collegare alcuni punti di presenza che non sono ancora raggiunti dalla attuale dorsale di rete in fibra ottica. La più rilevante riguarda l'interconnessione della Sardegna che richiede l'acquisizione di fibra sottomarina o di spettro su due cammini indipendenti. Per la Sardegna è necessario un intervento più strutturale a beneficio non solo delle scuole ma anche di tutte le istituzioni GARR, per questo motivo è prevista una voce di costo di investimento per la realizzazione di un anello in fibra ottica regionale e delle infrastrutture ottico-trasmissiva e a pacchetto, mentre i costi ricorrenti per loro manutenzione saranno a carico di GARR. L'investimento necessario dipende fortemente dall'acquisizione della fibra sottomarina e del suo equipaggiamento.

Altri interventi riguardano sia l'Umbria che le Marche per le quali è necessario acquisire fibra spenta ed equipaggiarla con sistemi fotonici di linea così come definiti nel progetto di rete GARR-T. I nodi coinvolti comprendono Roma, Viterbo, Perugia, Macerata e Ancona.

FASE	POP
<b>Fase 3</b>	Cagliari (CA1), Sassari (SS), Perugia (PG), Macerata (MC)

**Tabella 5: PoP GARR in Fase3**

#### 5.5 Evoluzione temporale della banda di interconnessione dei PoP

Si riporta in Tabella 6 l'aggregato di banda richiesto per regioni/provincia e la lista dei PoP GARR proposti rispetto alle città interessate; la lista completa dei PoP GARR disponibili è elencata nella Tabella 1 del par.4.3.

REGIONE	Provincia	POP GARR	TOTALE BANDA Prevista in Gbps	2020	2021	2022	2023
<b>ABRUZZO</b>	Pescara	PE	63,3	6,3	32,3	58,2	63,3
<b>ABRUZZO</b>	L'aquila	AQ	26,3	2,6	13,4	24,2	26,3
<b>BASILICATA</b>	Matera	MT	15,5	1,6	7,9	14,3	15,5
<b>BASILICATA</b>	Potenza	PZ	38,2	3,8	19,5	35,1	38,2
<b>CALABRIA</b>	Catanzaro	CZ	65,1	6,5	33,2	59,9	65,1
<b>CALABRIA</b>	Cosenza	CS	58,4	5,8	29,8	53,7	58,4
<b>CALABRIA</b>	Reggio Calabria	RC	38,4	3,8	19,6	35,3	38,4
<b>CAMPANIA</b>	Avellino	NA2	38,1	3,8	19,4	35,1	38,1
<b>CAMPANIA</b>	Benevento	NA2	46,5	4,7	23,7	42,8	46,5
<b>CAMPANIA</b>	Caserta	NA2	58,9	5,9	30	54,2	58,9
<b>CAMPANIA</b>	Napoli	NA1	111,4	11,1	56,8	102,5	111,4
<b>CAMPANIA</b>	Salerno	SA	75,1	7,5	38,3	69,1	75,1
<b>LAZIO</b>	Roma	FRA	50,5	5,1	25,8	46,5	50,5

REGIONE	Provincia	POP GARR	TOTALE BANDA Prevista in Gbps	2020	2021	2022	2023
LAZIO	Roma	RM2	174,8	17,5	89,1	160,8	174,8
LIGURIA	Genova	GE1	66,2	6,6	33,8	60,9	66,2
LIGURIA	LA spezia	GE2	23,6	2,4	12	21,7	23,6
LOMBARDIA	Brescia	MI2	158,6	15,9	80,9	145,9	158,6
LOMBARDIA	Como	MI3	55,5	5,6	28,3	51,1	55,5
LOMBARDIA	Milano	MI2	82,7	8,3	42,2	76,1	82,7
LOMBARDIA	Monza	MI3	18,9	1,9	9,6	17,4	18,9
LOMBARDIA	Pavia	PV1	56,6	5,7	28,9	52,1	56,6
LOMBARDIA	Varese	MI3	93,7	9,4	47,8	86,2	93,7
MARCHE	Ancona	AN	55,7	5,6	28,4	51,2	55,7
MARCHE	Macerata	MC	49,3	4,9	25,1	45,4	49,3
PIEMONTE	Torino	TO1	183,4	18,3	93,5	168,7	183,4
PUGLIA	Bari	BA1	67,3	6,7	34,3	61,9	67,3
PUGLIA	Brindisi	BR	17,2	1,7	8,8	15,8	17,2
PUGLIA	Foggia	FG	29,2	2,9	14,9	26,9	29,2
PUGLIA	Lecce	LE	44,3	4,4	22,6	40,8	44,3
PUGLIA	Taranto	TA	23,7	2,4	12,1	21,8	23,7
SARDEGNA	Sassari	SS	85,9	8,6	43,8	79	85,9
SARDEGNA	Cagliari	CA	61,4	6,1	31,3	56,5	61,4
SICILIA	Agrigento	CT1	39,4	3,9	20,1	36,2	39,4
SICILIA	Catania	CT1	78,3	7,8	39,9	72	78,3
SICILIA	Messina	ME	57,9	5,8	29,5	53,3	57,9
SICILIA	Palermo	PA1	69,3	6,9	35,3	63,8	69,3
SICILIA	Ragusa	CT1	16,8	1,7	8,6	15,5	16,8
SICILIA	Siracusa	CT1	17,7	1,8	9	16,3	17,7
SICILIA	Trapani	PA1	25,5	2,6	13	23,5	25,5
TOSCANA	Pisa	PI1	59,2	5,9	30,2	54,5	59,2
TOSCANA	Siena	PI1	52	5,2	26,5	47,8	52
TOSCANA	Firenze	FI1	61	6,1	31,1	56,1	61
UMBRIA	Perugia	PG	56,9	5,7	29	52,3	56,9
VENETO	Padova	PD2	183,5	18,4	93,6	168,8	183,5
VENETO	Venezia	PD1	87,3	8,7	44,5	80,3	87,3
<b>TOTALE BANDA (Gbps)</b>			<b>2838,5</b>	<b>283,9</b>	<b>1447,4</b>	<b>2611,5</b>	<b>2838,5</b>

**Tabella 6: Aggregato di banda disponibile per le Scuole e PoP GARR proposti**

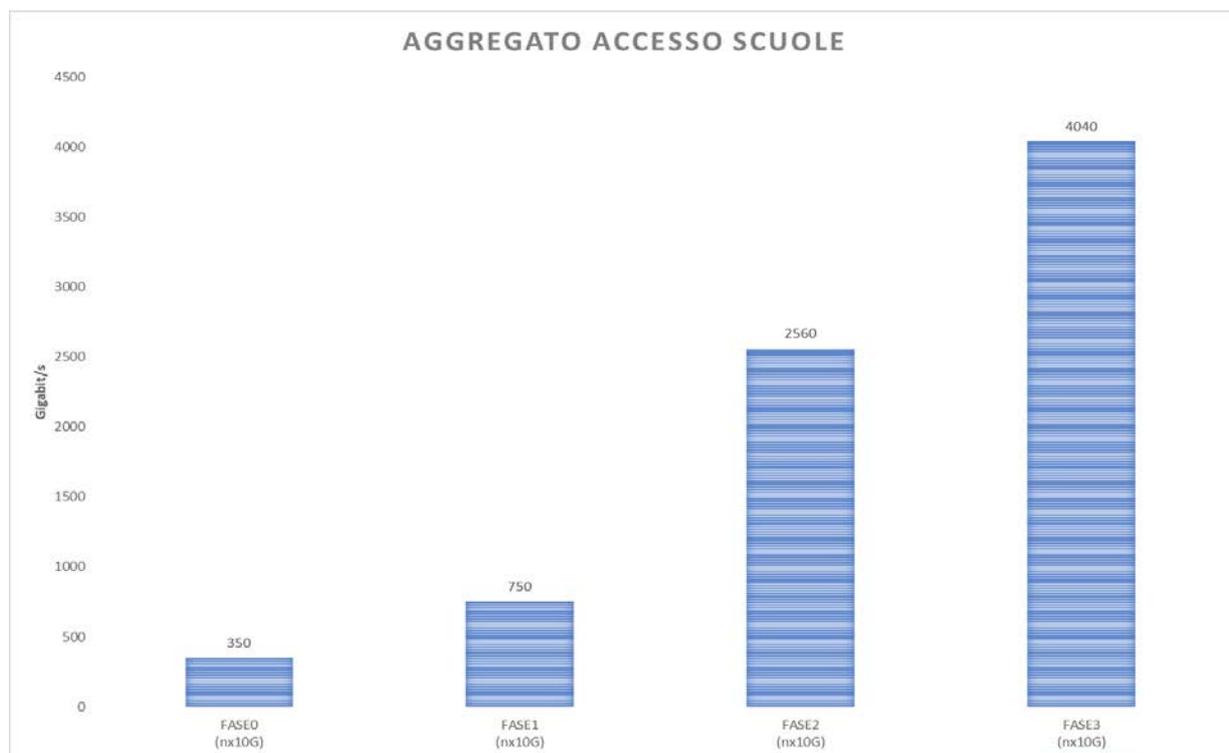
Si riporta in Tabella 7 la lista dei POP GARR e la banda di interconnessione, in termini di collegamenti a 10 Gbps e/o multipli di 10 Gbps (Nx10 Gbps) oppure 100 Gbps, disponibile nelle diverse fasi.

POP GARR	FASE 0 (nx10 Gbps)	FASE 1 (nx10 Gbps)	FASE 2 (nx10 Gbps)	FASE 3 (nx10 Gbps)
	Da oggi a 31/12/2021	01/01/2022- 31/08/2022	01/09/2022- 31/12/2023	01/01/2023- 31/12/2024
AN	0	0	4	6
AQ	0	0	4	4
BA1	2	4	10	11
BO1	2	4	10	11
BO3	1	2	10	11
BR	1	2	3	3
CA	0	0	0	8
CO	0	1	4	5
CS	1	2	4	6
CT1	2	4	10	20
CZ	1	2	4	6
FG	1	1	2	3
FI1	1	2	4	5
FI2	0	0	4	5
FRA	1	2	4	5
GE1	1	2	4	6
GE2	0	0	4	4
LE	1	2	4	5
MC	0	0	0	5
ME	1	2	4	6
MI2	2	4	20	30
MI3	1	2	10	11
MT	0	0	4	4
NA1	2	4	10	12
NA2	1	2	6	12
PA1	2	4	10	20
PG	0	0	0	5
PD1	0	2	5	10
PD2	1	2	10	20
PE	0	0	4	6
PI1	1	2	10	20
PI2	0	0	4	5
PV	1	2	4	6
PV1	1	2	4	6
PZ	0	0	4	5
RC	1	2	4	4
RM1	1	2	4	5
RM2	2	4	10	20
SA	1	1	4	8

POP GARR	FASE 0 (nx10 Gbps)	FASE 1 (nx10 Gbps)	FASE 2 (nx10 Gbps)	FASE 3 (nx10 Gbps)
	Da oggi a 31/12/2021	01/01/2022- 31/08/2022	01/09/2022- 31/12/2023	01/01/2023- 31/12/2024
SS	0	0	0	8
TA	1	2	2	3
TN	0	2	4	5
TN1	0	2	4	5
TO1	1	2	10	20
TO2	0	0	4	5
TS1	1	2	4	5
UD	0	0	4	5
VE	0	0	4	5
VR	0	0	4	5
<b>TOTALE</b>	<b>36</b>	<b>77</b>	<b>260</b>	<b>4104</b>
<b>TOTALE (Gbps)</b>	<b>360</b>	<b>770</b>	<b>2600</b>	<b>4100</b>

*Tabella 7: Lista dei POP GARR e banda di interconnessione nelle diverse fasi*

In Figura 10 l'evoluzione della banda di accesso complessiva disponibile sulla rete GARR.



*Figura 10: Evoluzione della banda aggregata di accesso per le Scuole sulla rete GARR*

## 5.6 Adeguamento peering nazionali e internazionali

Le interconnessioni della rete GARR dovranno essere adeguate all'incremento di traffico derivante dall'incremento dell'utenza. Gli ampliamenti potranno seguire un andamento in fasi, seguendo l'evoluzione del numero di scuole collegate.

Le interconnessioni nazionali ed internazionali dovranno essere rimodulate, incrementando la capacità disponibile su tutte le direttrici. Nello specifico, sarà prevedibile un incremento sostanziale del traffico veicolato da e verso:

1. **GÉANT** per il traffico verso il sistema mondiale delle reti dell’Istruzione e la Ricerca e che al momento trasporta anche il traffico verso i maggiori content provider internazionali;
2. **Peering** presso i punti di interscambio **Nazionali** (MIX e NAMEX), dove avviene il peering con i provider di accesso nazionali, i content provider e fornitori di applicazioni e servizi cloud che hanno una presenza in Italia;
3. **Peering** presso i punti di interscambio **Regionali** (TOP-IX, VSIX, TIX), dove avviene il peering con provider di accesso e fornitori locali, eventualmente aprendo collegamenti a nuovi punti di interscambio che dovessero sorgere;
4. **Transiti internazionali**, che veicolano il traffico verso Internet;
5. **Private Network Interconnection (PNI)** con content provider e cache direttamente collegate alla rete GARR.

L’evoluzione prevede un forte incremento delle PNI con i maggiori content e cloud provider che hanno presenza in Italia, in modo da veicolare i maggiori flussi di traffico. Le interconnessioni private saranno anche geograficamente ridondate, in modo da ricevere dai content e cloud provider anche direttrici di traffico che normalmente sarebbero veicolate sui collegamenti di transito internazionale.

Sarà anche necessario acquisire un collegamento con un terzo carrier per i transiti internazionali, da affiancare ai due fornitori attuali (Telia e Cogent), in modo da distribuire e differenziare il carico. Tutti gli adeguamenti previsti saranno completati entro la Fase 1.

	Attuale	Fase 0	Fase 1
GEANT	2 x 100G	4 x 100G	2 x 400G
MIX	3 x 10G	1 x 100G	2 x 100G
NAMEX	2 x 10G	1 x 100G	2 x 100G
Peering regionali	10G + 1G + 1G	20G + 10G + 10G	20G + 20G + 10G
Transito 1	2 x 10G	4 x 10G	1 x 100G
Transito 2	10G	2 x 10G	1 x 100G
Transito 3	0	2 x 10G	1 x 100G
PNI e cache	7 x 10G	8 x 100G	15 x 100G

**Tabella 8: Adeguamento peering nazionali e internazionali sulla rete GARR**

## 6 COSTI

In questo capitolo si riportano i costi previsti per l'adeguamento dei PoP, per il potenziamento della dorsale della rete GARR, in termini di apparati ottici, apparati a pacchetto, altri apparati e materiali accessori ecc., relative manutenzioni su 5 anni, altre spese di gestione (personale, progettazione, gestione operativa ecc.). Tutti i costi riportati nel presente capitolo sono da intendersi al netto dell'IVA. In Tabella 9 si riporta il riepilogo dei costi totali suddivisi nei tre macro blocchi sopra elencati.

VOCI DI COSTO	DESCRIZIONE	COSTO (€) più IVA
POP GARR	Costo potenziamento PoP GARR	15.181.430,00
DORSALE RETE GARR	Costo di potenziamento della dorsale di Rete GARR	18.705.000,00
ALTRE SPESE	Spese di gestione	2.004.000,00
<b>TOTALE</b>		<b>35.890.430,00</b>

*Tabella 9: Riepilogo costi totali*