



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

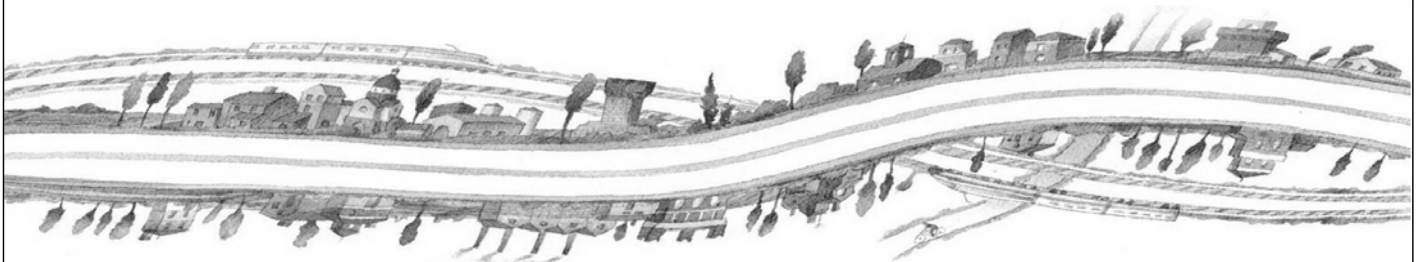
### ASSE AUTOSTRADALE

IMPIANTI TECNICI

PARTE GENERALE

RETE DI COMUNICAZIONE IN FIBRA OTTICA

RELAZIONE TECNICA



**IL PROGETTISTA**

Ing. Antonio De Fazio  
Albo Ingegneri Prov. BO n° 3696/A



**RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



**IL CONCESSIONARIO**

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

|      |            |             |            |           |              |
|------|------------|-------------|------------|-----------|--------------|
| G    |            |             |            |           |              |
| F    |            |             |            |           |              |
| E    |            |             |            |           |              |
| D    |            |             |            |           |              |
| C    |            |             |            |           |              |
| B    |            |             |            |           |              |
| A    | 17.04.2012 | EMISSIONE   | FRASSINETI | DE FAZIO  | SALSI        |
| REV. | DATA       | DESCRIZIONE | REDAZIONE  | CONTROLLO | APPROVAZIONE |

**IDENTIFICAZIONE ELABORATO**

|             |      |       |        |                  |              |        |                |             |      |
|-------------|------|-------|--------|------------------|--------------|--------|----------------|-------------|------|
| NUM. PROGR. | FASE | LOTTO | GRUPPO | CODICE OPERA WBS | TRATTO OPERA | AMBITO | TIPO ELABORATO | PROGRESSIVO | REV. |
| 4238        | PD   | 0     | A00    | A1100            | 0            | IE     | RT             | 03          | A    |

DATA: **MAGGIO 2012**

SCALA: -

## INDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | PREMESSE GENERALI.....                      | 2  |
| 2   | ALIMENTAZIONE E CONDIZIONI AMBIENTALI ..... | 3  |
| 3   | NORME DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE ..... | 4  |
| 4   | PREMESSE.....                               | 6  |
| 4.1 | Esazione - Servizi                          | 7  |
| 4.2 | Esazione – Servizi – Utenze terminali       | 7  |
| 4.3 | Topologia fisica                            | 8  |
| 4.4 | Collegamento apparati Controllo operativo   | 9  |
| 5   | DESCRIZIONE DEI COMPONENTI .....            | 10 |
| 5.1 | Ottiche per collegamenti in fibra ottica    | 10 |
| 6   | ARCHITETTURA LOGICA E PROTOCOLLI .....      | 13 |
| 6.1 | Topologia livello 2                         | 13 |
| 6.2 | Topologia livello 3                         | 13 |
| 6.3 | Topologia L2                                | 13 |
| 6.4 | Topologia L3                                | 15 |
| 7   | SCENARI DI FAULT .....                      | 16 |
| 7.1 | Fault nodo di esazione L2                   | 16 |
| 7.2 | Fault link di esazione L2                   | 17 |
| 7.3 | Fault nodo servizi L2                       | 18 |
| 7.4 | Fault nodo di core L3                       | 19 |

## **1 PREMESSE GENERALI**

---

Le telecomunicazioni sono il fulcro nevralgico per il corretto funzionamento, controllo e gestione della nuova Autostrada Cispadana. Da esse dipende infatti la tempestiva e dettagliata raccolta di tutte le informazioni che provengono dal tracciato e l'immediata attuazione di tutti i provvedimenti decisi dal personale della centrale operativa per garantire la sicurezza e la regolarità del traffico.

Tali informazioni potranno essere di tipo telefonico (messaggi vocali, comunicazioni di servizio, richieste di soccorso degli utenti, ecc) o di tipo informatico (dati raccolti dai sensori, messaggi inviati sui pannelli a messaggio variabile, ecc.).

Le reti e i sistemi di telecomunicazione consentiranno quindi la trasmissione di fonia e dati di qualunque natura e specie, lungo l'intero sviluppo dell'infrastruttura.

In particolare si distinguono i seguenti sottosistemi di telecomunicazione in base ai loro fruitori e quindi in base al supporto trasmissivo utilizzato:

- Dotazioni impiantistiche di stazione:
  - sistema di cablaggio strutturato
  - sistema di centrale con distribuzione di energia, di passaggio cavi e fibre Reti a servizio dell'infrastruttura:
    - su supporto ottico: sistemi Ethernet
- Reti a servizio di terzi (Corpi dello Stato, Compagnie di Telecomunicazione):
  - su supporto ottico: sistemi Ethernet/SDH

## **2 ALIMENTAZIONE E CONDIZIONI AMBIENTALI**

---

Le condizioni di distribuzione saranno quelle riportate nel seguito:

- tensione di alimentazione nominale 400 V;
- massima variazione della tensione di alimentazione rispetto al valore nominale  $\pm 10\%$ ;
- frequenza  $50 \pm 1$  Hertz;
- massima corrente per guasto monofase  $I_g = 120$  A;
- tempo di eliminazione del guasto pari a 0,8 s;

Tutti i componenti dell'impianto dovranno essere messi in opera utilizzando materiale e tecniche idonei per l'installazione in un ambiente avente le seguenti caratteristiche:

- Temperatura nei fabbricati compresa tra 0 e 40 °C;
- Umidità relativa: nei fabbricati inferiore a 80 %;
- Ambiente secondo le norme CEI: normale;
- Altezza sul livello del mare inferiore a 1.000 m.

### **3 NORME DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE**

---

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, giusta prescrizione della Legge 1/3/1968, n. 186.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione dell'offerta, restando inteso che al momento della presa in consegna degli impianti da parte dell'Ente gli stessi impianti dovranno soddisfare tutte le eventuali nuove norme e prescrizioni (o loro aggiornamenti) che nel frattempo saranno state emendate; in particolare dovranno essere conformi:

- alle prescrizioni di Autorità locali, comprese quelle dei Vigili del Fuoco;
- alle norme CEI e UNI vigenti ed in particolare:
  - CEI 64-7 Fasc. 4618-1998
  - CEI 11-4 Fasc. 4644C
  - CEI 11-17 Fasc. 3407R
  - CEI 64-8/4 Fasc. 4134
  - CEI 64-8/5 Fasc. 4135
  - CEI 20/40 Fasc. 4831
  - CEI 20-19/1 Fasc. 2947
  - CEI 20-31 Fasc. 4734R
  - CEI 20-38/1 Fasc. 3461R
  - CEI 20-33 Fasc. 3804R
  - CEI 17-48 Fasc. 4375C
  - CEI 34-21 Fasc.4138
  - CEI 34-33 Fasc. 2761
  - UNI EN 40
- al D.L. 9 aprile 2008 n. 81 – Testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e dalle normative vigenti in materia di prevenzione infortuni, sicurezza sul lavoro ed alla sicurezza in genere (es.: Norme CEI su trasformatori di isolamento, impianto di messa a terra,

parafulmini, ecc.);

- alla Legge 18/10/1977 n. 791 di attuazione delle direttive CEE 73/23 del 19/2/1973;
- al “Capitolato Speciale tipo per impianti elettrici” approvato con D.M. 12/12/1962 del Ministero per i Lavori Pubblici;
- al D.L. 22 gennaio 2008 n. 37 (ex Legge 46/90);
- alla Legge n. 428 del marzo 1991;
- al Decreto Ministero Industria, Commercio ed Artigianato del 20/2/1992;
- alla Legge Regionale dell'Emilia Romagna n. 19 del 29 settembre 2003 “ Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico”;
- alle Norme UNI n. 10439, 13201, 10819;
- ad ogni altra Norma e/o prescrizione riportata nella presente Relazione tecnica;
- ad ogni altra Norma e/o prescrizione vigente applicabile.

## 4 PREMESSE

---

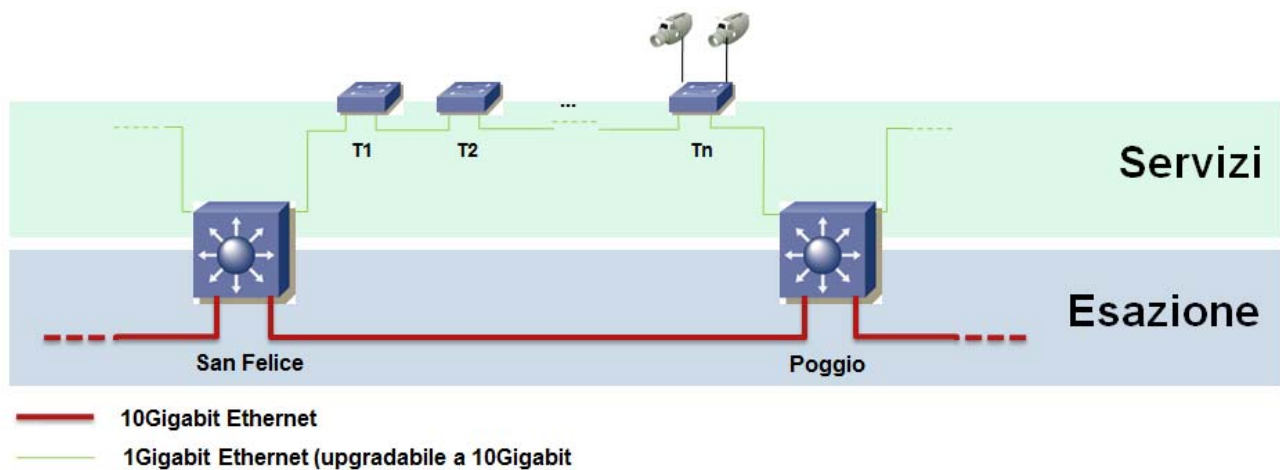
L'architettura progettata è strutturata gerarchicamente a due livelli:

- Esazione: costituito da nodi collegati a 10Gigabit Ethernet
- Servizi: costituito da nodi collegati a 1Gigabit Ethernet (upgradabile a 10Gigabit) con terminazione sui nodi di Esazione

L'architettura così strutturata presenta i seguenti vantaggi:

- Espandibilità: è possibile aggiungere nodi di Servizi o nodi di Esazione in base alle future esigenze di connettività
- Performance: oltre all'espandibilità in termini di nodi, è possibile far scalare le performance attraverso l'aggiunta di ulteriori link, 10G o 1G, grazie alle capacità degli switch posizionati ai rispettivi livelli (Esazione o Servizi).
- Resilienza: grazie all'utilizzo del protocollo REP è possibile gestire il ripristino della rete in caso di fault (nodo o link) in tempi *sub-second*.

## 4.1 Esazione - Servizi



- Ogni cabina di esazione rappresenta un nodo della Rete Esazione
- I nodi di Esazione vengono collegati con fibra dedicata a 10Gigabit.
- I locali tecnici tra due nodi di Esazione costituiscono i nodi della Rete Servizi di un segmento e sono collegati a 1Gigabit ethernet (upgradabili a 10Gigabit).
- I nodi di Servizi agli estremi del segmento vengono collegati ai due nodi di Esazione ad 1Gigabit (upgradabile a 10Gigabit).
- Nella Centrale Operativa, i nodi di Core si collegano con i nodi Esazione della rete in itinere.

## 4.2 Esazione – Servizi – UtENZE terminali

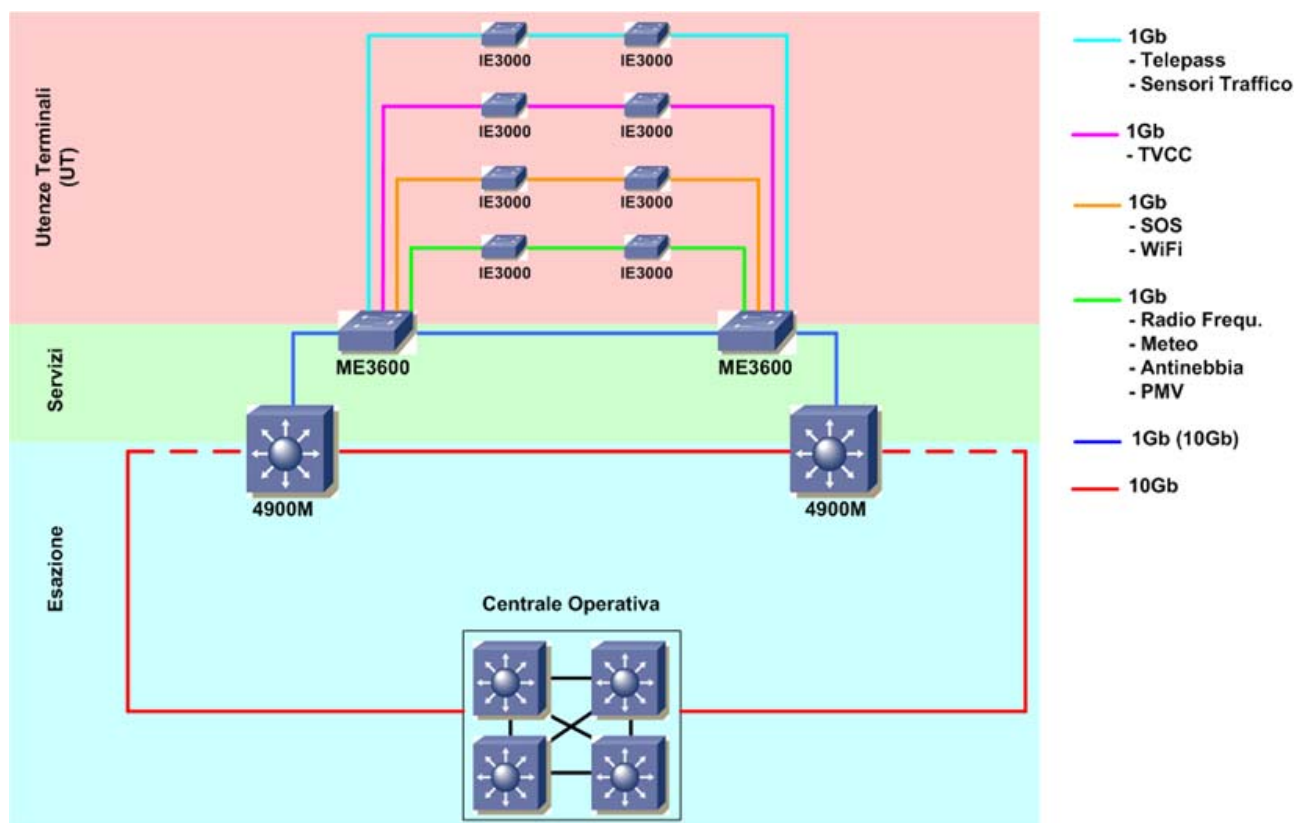
Quello che si intende realizzare, e' una struttura di rete ad anelli indipendenti. L'obiettivo e' quello di rendere ogni anello indipendente dagli altri in termini di servizio che vi transita e di sensibilita' ai fault. Sono stati pensati logicamente 6 anelli, all'interno dei quali gira il protocollo REP (Resilient Ethernet Protocol) atto a garantire la riconvergenza della rete con tempi sub-second a fronte di un fault di un singolo link o nodo.

Gli anelli sono stati pensati come segue:

- 1 Anello di Esazione (10Gb): realizza il backbone della rete
- 1 Anello Servizi (1Gb upgradabile a 10Gb): realizza la sottorete dei servizi



- 4 Anelli UtENZE Terminali (1Gb): realizza la sottorete delle utenze



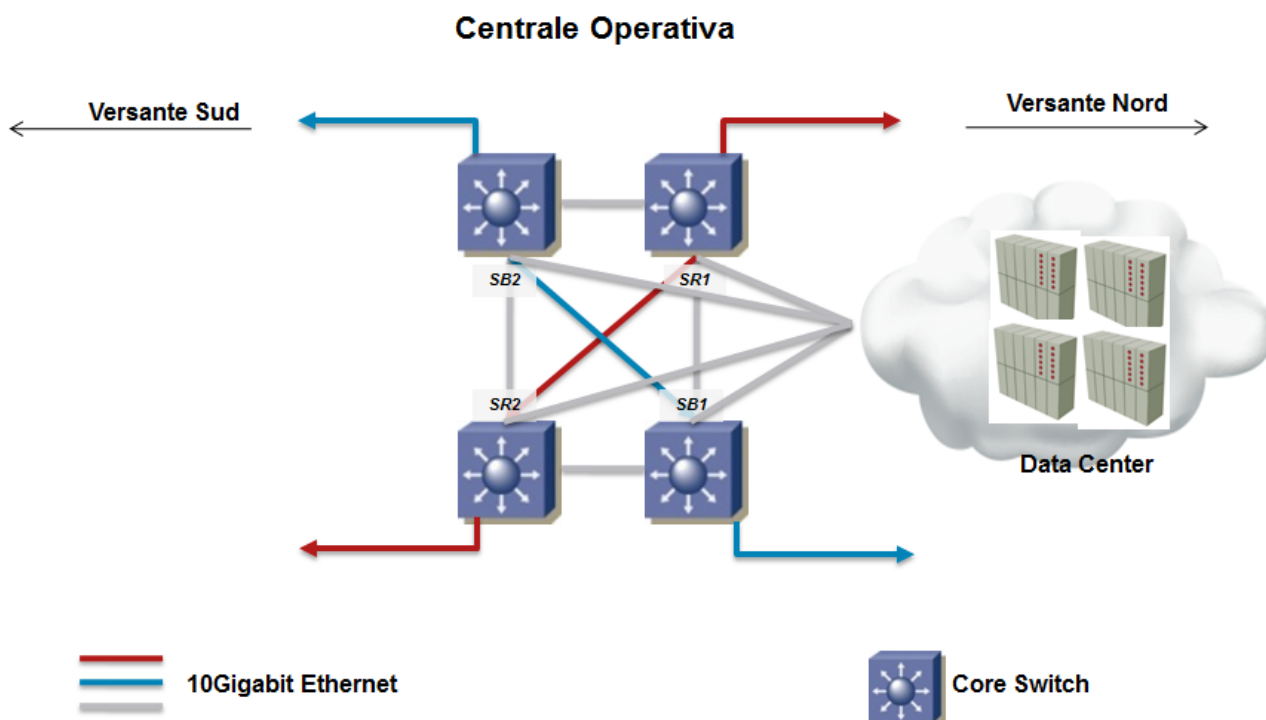
### 4.3 Topologia fisica

- Con riferimento alla Centrale Operativa, l'intera Rete di Esazione viene divisa in due semi anelli:
  - Semi anello Rosso
  - Semi anello Blu
- La scelta di suddividere la rete di backbone (Rete di Esazione) in due semi anelli ha lo scopo primario di aumentare l'affidabilità della dorsale garantendo la gestione di 2 fault di link o nodi
- La Centrale Operativa rappresenta il sito "Hub" che interconnette i due semi anelli (Rosso e Blu)
- Per garantire la piena interoperabilità tra i due semi anelli, la Centrale Operativa è stata realizzata prevedendo 4 apparati di Core completamente magliati a 10Gigabit.

I locali tecnici (Nodi di Esazione e di Servizi) lungo ogni versante vengono distribuiti tra i due semi anelli, Rosso e Blu.

#### 4.4 Collegamento apparati Controllo operativo

Gli switch al Centro di Controllo, punto di unione dei semi anelli Rosso e Blu, sono collegati come mostrato.



## 5 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI

### 5.1 Ottiche per collegamenti in fibra ottica

- Per la realizzazione dei collegamenti lungo le tratte vengono impiegate principalmente due tipologie di ottiche:

- X2 per i collegamenti 10 Gigabit Ethernet
- SFP per i collegamenti 1 Gigabit Ethernet
- Le ottiche X2 impiegate sono le seguenti:
  - X2 ER (IEEE 802.3ae) per distanze fino a 40km\* su fibra monomodale
  - X2 LRM (IEEE 802.3aq) per distanze fino a 200m su fibra multimodale (62.5 - 500Mhz\*km Modal Bandwidth). Questa è usata per i collegamenti all'interno del Centro di Controllo



- Le ottiche SFP impiegate sono le seguenti:
  - SFP LH per distanze fino a 10km su fibra monomodale

#### Ottiche X2 ER

- Estratto da IEEE 802.3 section 52 – specifica 10GBASE ER

#### 52.7 PMD to MDI optical specifications for 10GBASE-E

The operating range for 10GBASE-E PMDs is defined in Table 52–15. A 10GBASE-E compliant PMD supports Types B1.1 and B1.3 single-mode fibers according to the specifications defined in 52.14. A PMD which exceeds the operational range requirement while meeting all other optical specifications is considered compliant (e.g., operating at 42.5 km meets the minimum range requirement of 2 m to 30 km).

Table 52–15—10GBASE-E operating range

| PMD Type  | Nominal Wavelength (nm) | Minimum Range             |
|-----------|-------------------------|---------------------------|
| 10GBASE-E | 1550                    | 2 m to 30 km              |
|           |                         | 2 m to 40 km <sup>a</sup> |

<sup>a</sup>Links longer than 30 km for the same link power budget are considered engineered links. Attenuation for such links needs to be less than the minimum specified for B1.1 or B1.3 single-mode fiber.

Table 52-18—10GBASE-E link power budgets<sup>a,b</sup>

| Parameter                              | 10GBASE-E |                 | Unit |
|--|-----------|-----------------|------|
| Power budget                           | 15.0      |                 | dB   |
| Operating distance                     | 30        | 40 <sup>c</sup> | km   |
| Channel insertion loss <sup>d, e</sup> | 10.9      | 10.9            | dB   |
| Maximum Discrete Reflectance (max)     | -26       |                 | dB   |
| Allocation for penalties               | 3.6       | 4.1             | dB   |
| Additional insertion loss allowed      | 0.5       | 0.0             | dB   |

<sup>a</sup>Budget numbers are rounded to nearest 0.1 dB.

<sup>b</sup>Link penalties are built into the transmitter specifications by testing the PMD with a maximum dispersion fiber.

<sup>c</sup>Links longer than 30 km are considered engineered links. Attenuation for such links needs to be less than that guaranteed by B1.1 or B1.3 single-mode fiber.

<sup>d</sup>Operating distances used to calculate the channel insertion loss are the maximum values specified in Table 52-15

<sup>e</sup>A wavelength of 1565 nm and 3dB transmitter and dispersion penalty (TDP) is used to calculate channel insertion loss, and allocation for penalties.



---

## 6 ARCHITETTURA LOGICA E PROTOCOLLI

---

### 6.1 Topologia livello 2

---

- La convergenza L2 sugli anelli di backbone è affidata al protocollo REP, Resilient Ethernet Protocol, che garantisce tempi rapidi di ripristino (*sub-sec*) in presenza di fault a link o nodi della rete 10G.
- Lo stesso protocollo è utilizzato sui segmenti che collegano i nodi di Servizi ai due nodi di Esazione adiacenti
- I nodi di backbone 10G, nonostante abbiano capacità di *MultiLayer Switching* (L3), smistano il traffico a livello 2.
- I diversi semi anelli Rosso e Blu delle tratte sono interconnessi solo attraverso i nodi di livello 3 presenti nella Centrale Operativa

### 6.2 Topologia livello 3

---

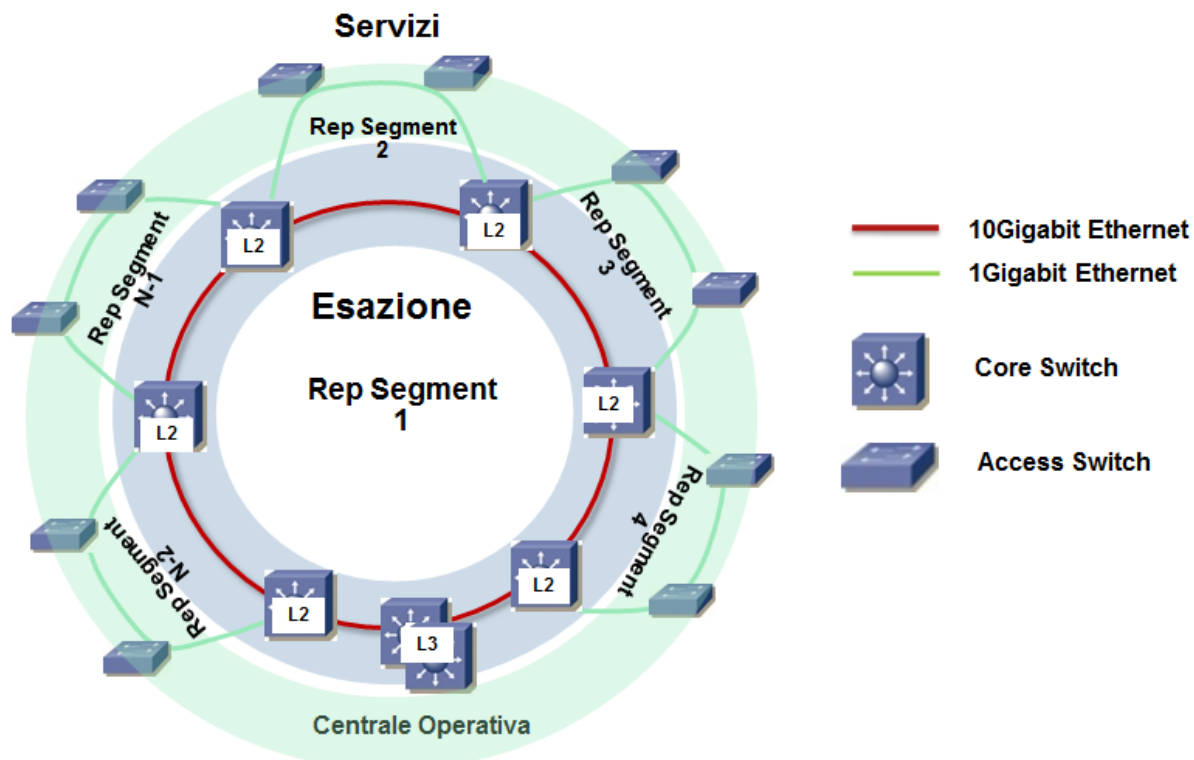
- Tutti I nodi di backbone (Anelli Rosso e Blu) sono quindi configurati come L2 ad eccezione dei 4 switch di Core che sono L3:
- I nodi di Livello 3 implementano funzionalità di *First Hop Redundancy Protocol* (es. *HSRP* o *VRRP*), per le diverse VLAN trasportate, per fornire IP Default Gateway ai terminali collegati lungo la rete di accesso.
- Tra i nodi di Livello 3 è possibile attivare un protocollo di routing dinamico (es. *OSPF*) per lo scambio delle rotte provenienti dalle diverse reti

### 6.3 Topologia L2

---

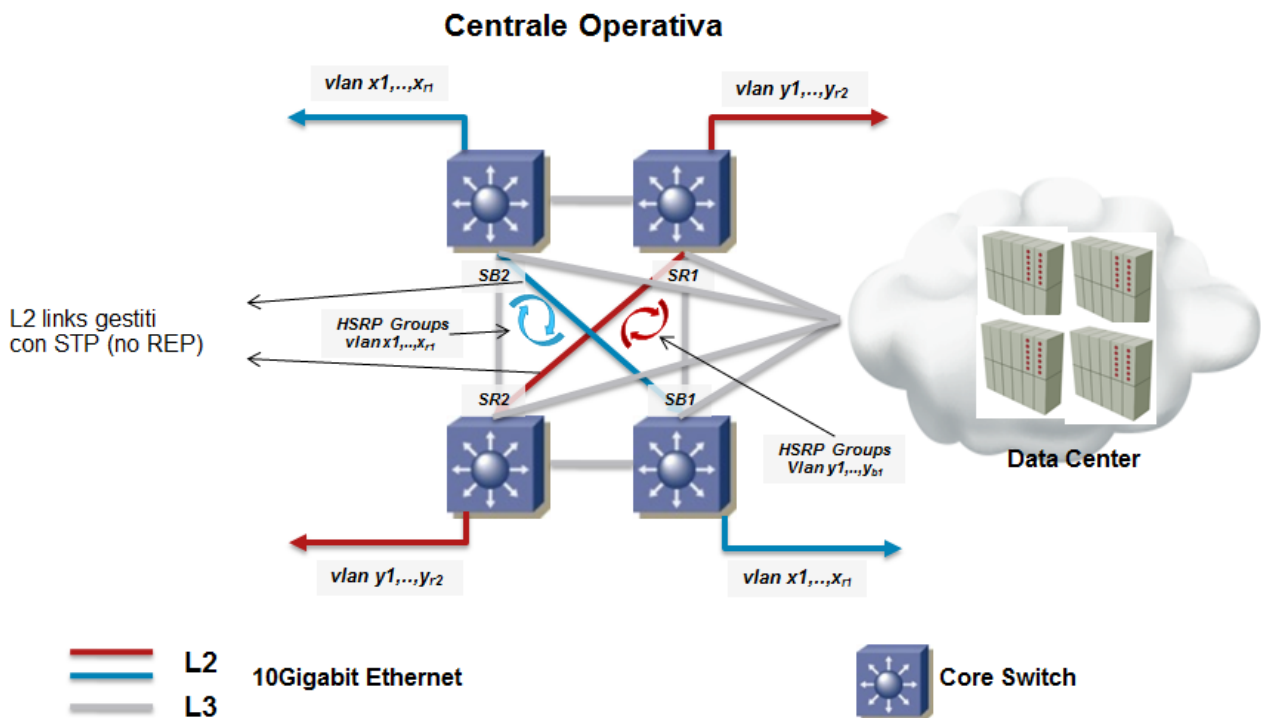
- Un anello con i rispettivi segmenti di accesso può essere rappresentato logicamente come in figura (esempio semi anello Backbone Rosso).

Tutti I nodi di Esazione sono etichettati come L2 eccetto la Centrale Operativa



## 6.4 Topologia L3

Gli switch al Centro di Controllo, punto di unione degli Anelli Rosso e Blu, sono collegati come mostrato.





## 7 SCENARI DI FAULT

Vengono presentate principalmente le seguenti tipologie di fault:

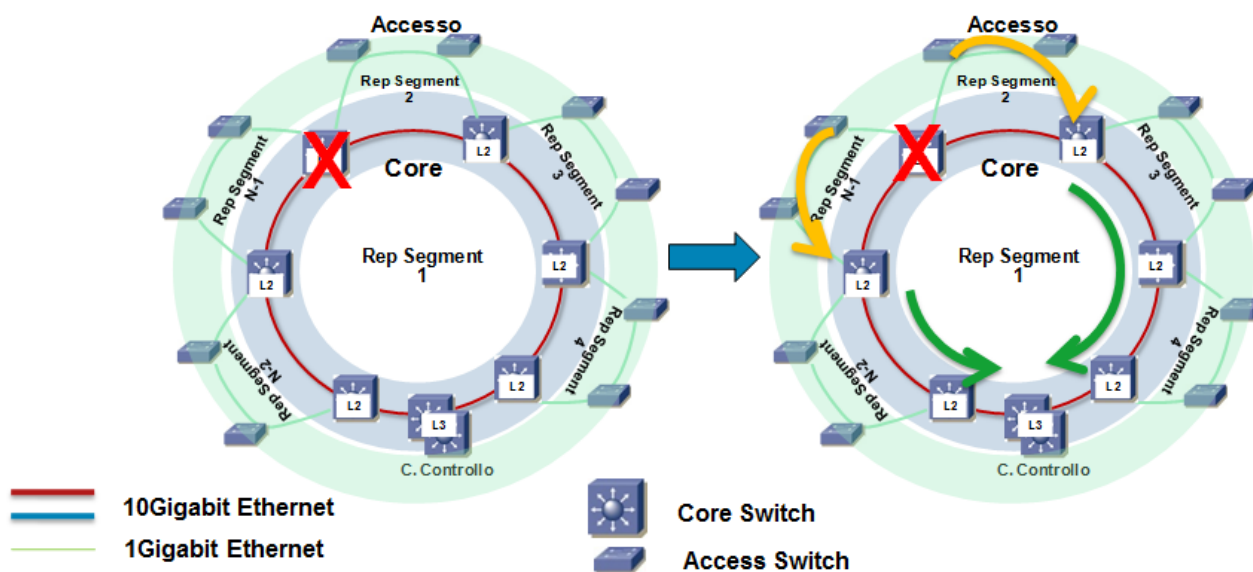
- Fault di link o nodo Esazione L2
- Fault di link o nodo Servizi (L2)
- Fault di link o nodo di Core L3 (Centrale Operativa)

Principalmente il fault di un nodo (Switch o intero Locale Tecnico che lo ospita) differisce dal fault di un link per l'impatto sugli eventuali terminali ivi collegati.

Gli altri nodi dell'architettura non vengono invece impattati se non per il tempo minimo richiesto per la convergenza di livello 2 o livello 3.

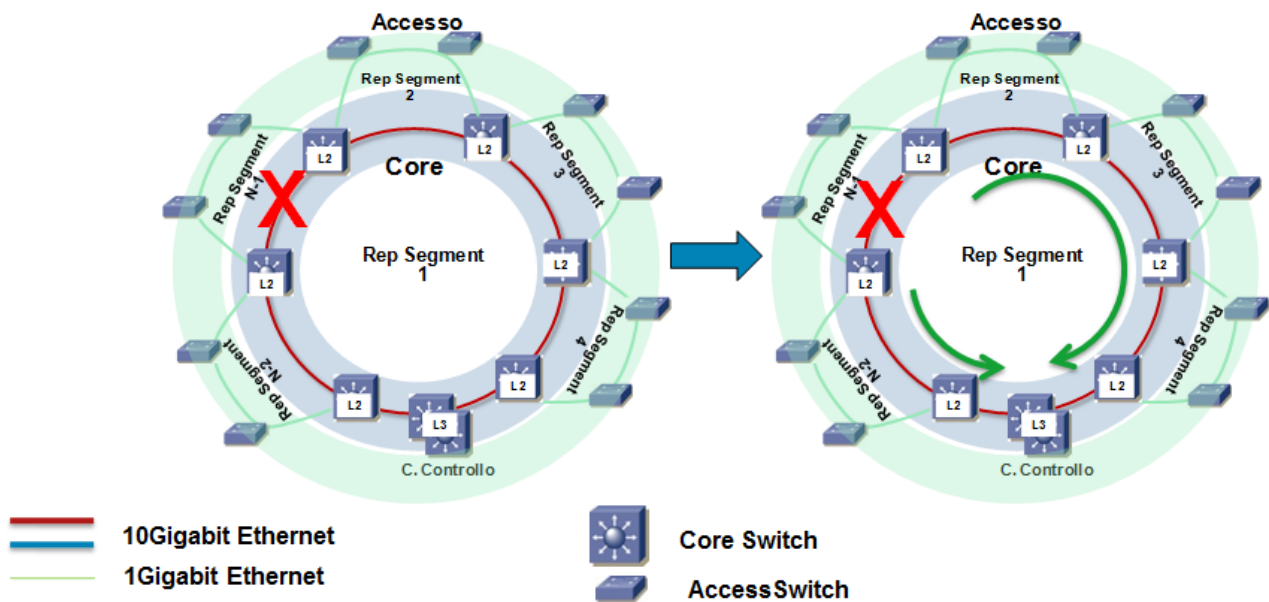
La convergenza sui nodi di un semi anello (es. Rosso) non incide in generale sulla continuità del servizio dell'altro semi anello (es. Blu) , essendo i due fisicamente separati.

### 7.1 Fault nodo di esazione L2



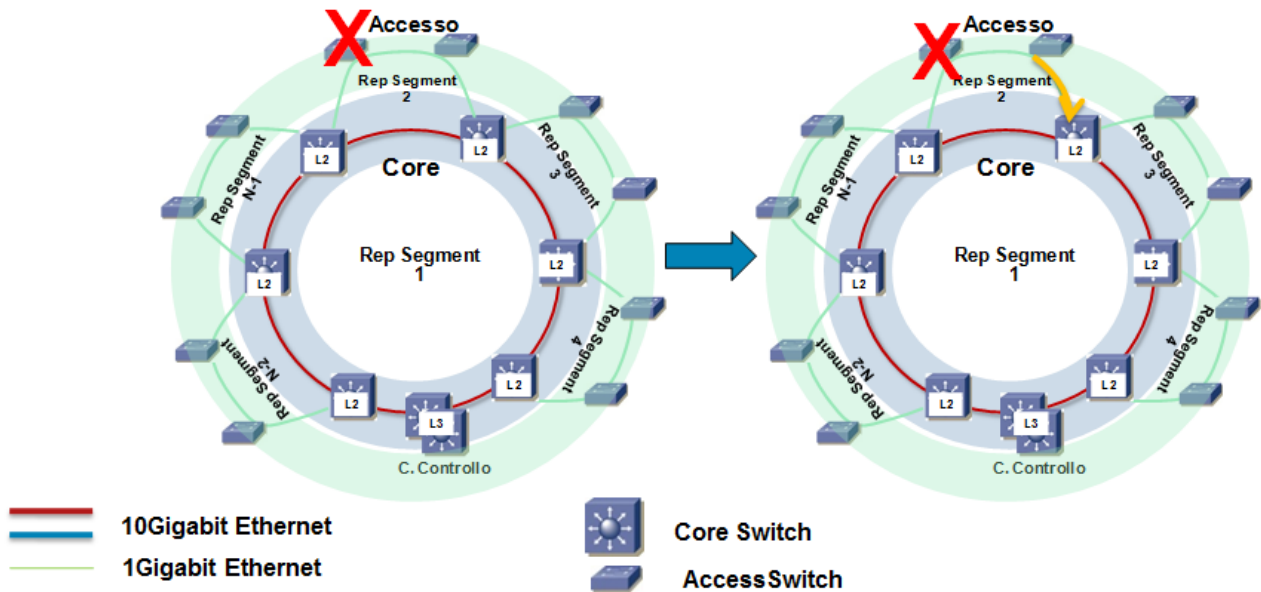
Nella figura viene mostrato come i segmenti impattati dal fault convergono sul percorso alternativo.  
L'esempio mostra solo una direzione del traffico. La convergenza si applica anche al traffico in ingresso.

## 7.2 Fault link di esazione L2



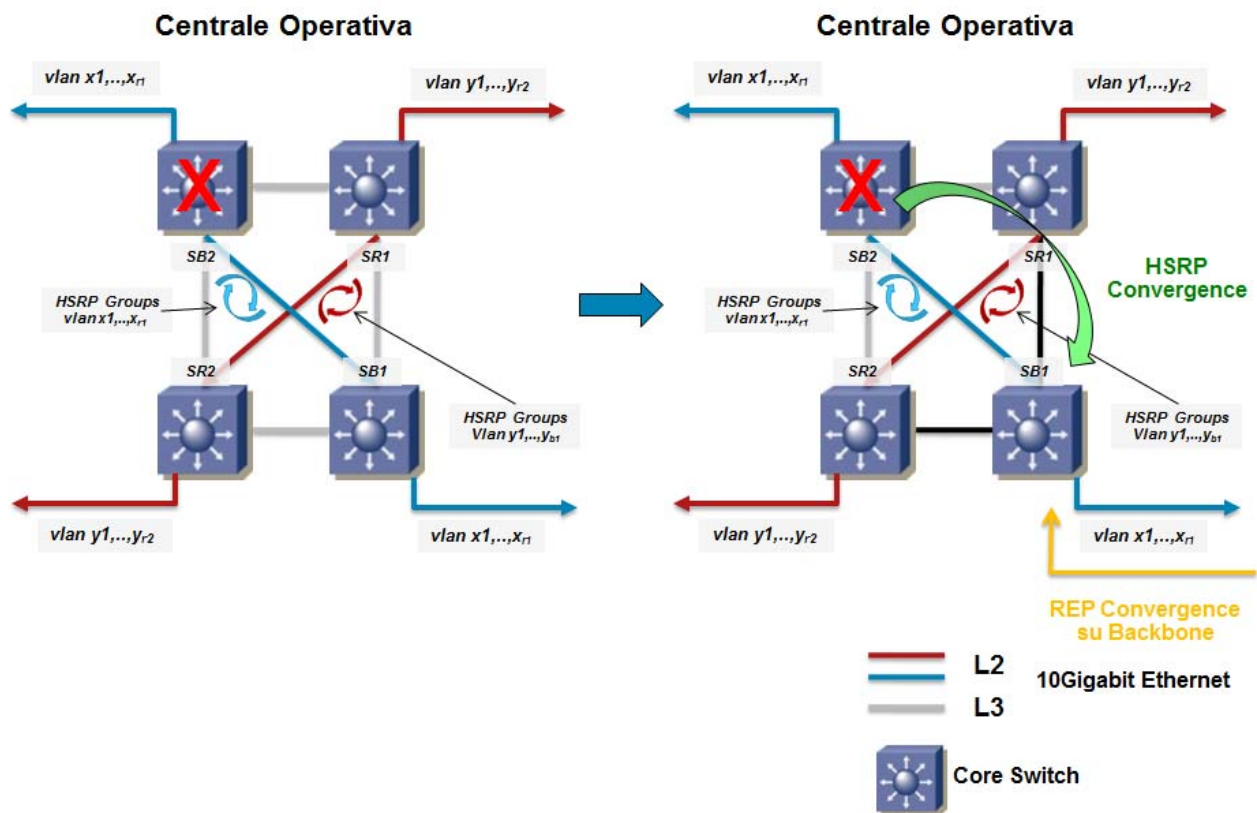
Nella figura viene mostrato come i segmenti impattati dal fault convergono sul percorso alternativo.  
L'esempio mostra solo una direzione del traffico. La convergenza si applica anche al traffico in ingresso.

## 7.3 Fault nodo servizi L2



Nella figura viene mostrato come i nodi del segmento impattato dal fault convergono sul percorso alternativo. L'esempio mostra solo una direzione del traffico. La convergenza si applica anche al traffico in ingresso.

## 7.4 Fault nodo di core L3



Il fault di nodo di L3 comporta:

- Convergenza degli anelli REP ivi terminati
- Convergenza del protocollo HSRP (virtual default gateway)
- Convergenza L3 verso altre reti IP (nell'esempio tra nodi della Centrale Operativa)