

# INDICATORI DI CENTRALITÀ DELLE RETI INFRASTRUTTURALI DI TRASPORTO

---

NEW ECONOMIC REGULATION FOR TRANSPORT IN CASE OF EMERGENCY  
EVENTS



*Progetto finanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma di sostegno alle riforme strutturali  
e realizzato da CIELI - UniGe in collaborazione con la Commissione Europea*



COMUNE DI GENOVA

# INTRODUZIONE

---

Strade, autostrade e ferrovie formano un sistema di reti i cui nodi sono rappresentati dai caselli di entrata o dalle stazioni ferroviarie.

I network si intersecano gli uni con gli altri e di conseguenza esistono alcuni nodi tramite i quali si può passare da un network all'altro.



**COMPLEX NETWORK THEORY**

# INTRODUZIONE

---

Il primo obiettivo dell'analisi è definire le caratteristiche dei network di nostro interesse

Una volta definiti gli indicatori chiave per comprendere la struttura dei network, l'obiettivo diventa quello di analizzare le reti in modo congiunto, ossia studiare le possibili congiunzioni per passare da uno all'altro → **network multimodale**

# ANALISI:

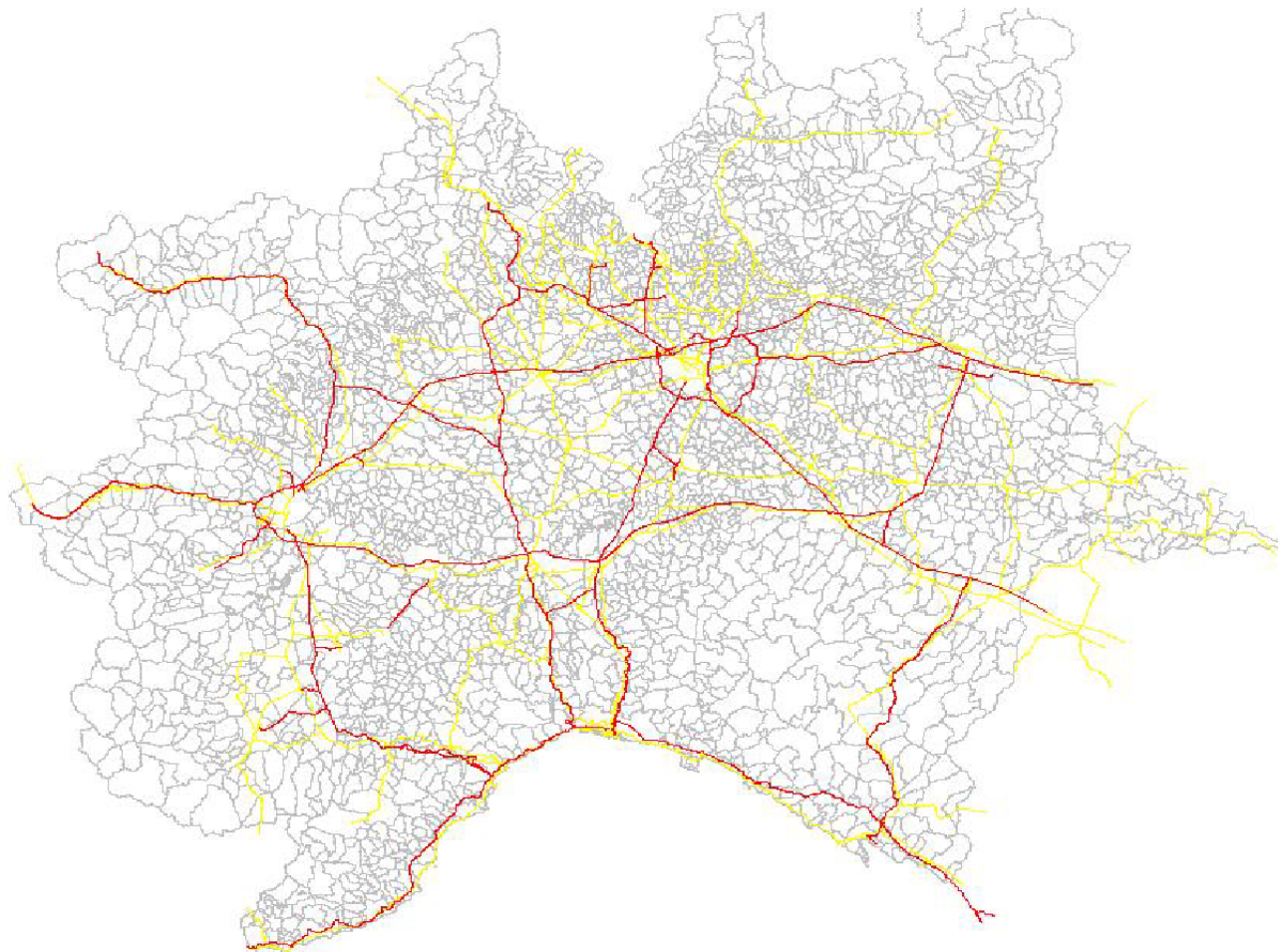
---

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

# ANALISI:

---

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente



La rete di interesse per il progetto si riferisce:

1. alla rete autostradale (in rosso)
2. Alla rete ferroviaria (in giallo)

del Nord-Ovest.

# ANALISI:

---

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

# Rete autostradale

---

- ❖ Network autostrade  $Graph_h = (V_h, E_h)$ :
- ❖ Grafo simmetrico → archi non direzionati
- ❖ Nodi = entrate/uscite autostradali →  $|V_h| = 25$
- ❖ Link = autostrade esistenti tra due nodi →  $|E_h| = 35$  prima del crollo 34 dopo il crollo del ponte Morandi
- ❖ Pesi →  $w_1$  = distanza in km      $w_2$  = valore dei veicoli teorici giornalieri



Prima e dopo il crollo del ponte  
Morandi



In 4 periodi  
Primo e terzo trimestre del 2018  
E primo e secondo trimestre del 2019  
Per due tipi di veicoli: sia leggeri sia pesanti  
Fonte: AISCAT



# Rete ferroviaria

---

- ❖ Network ferrovie  $Graph_r = (V_r, E_r)$ :
- ❖ Grafo asimmetrico  $\rightarrow$  archi direzionati
- ❖ Nodi = stazioni ferroviarie  $\rightarrow |V_r| = 195$
- ❖ Link = ferrovie esistenti tra due nodi (fondamentali, complementari, nodo e AV)  $\rightarrow |E_r| = 469$
- ❖ Pesi  $\rightarrow w_1 =$  distanza in km     $w_2 =$  livello di saturazione della rete

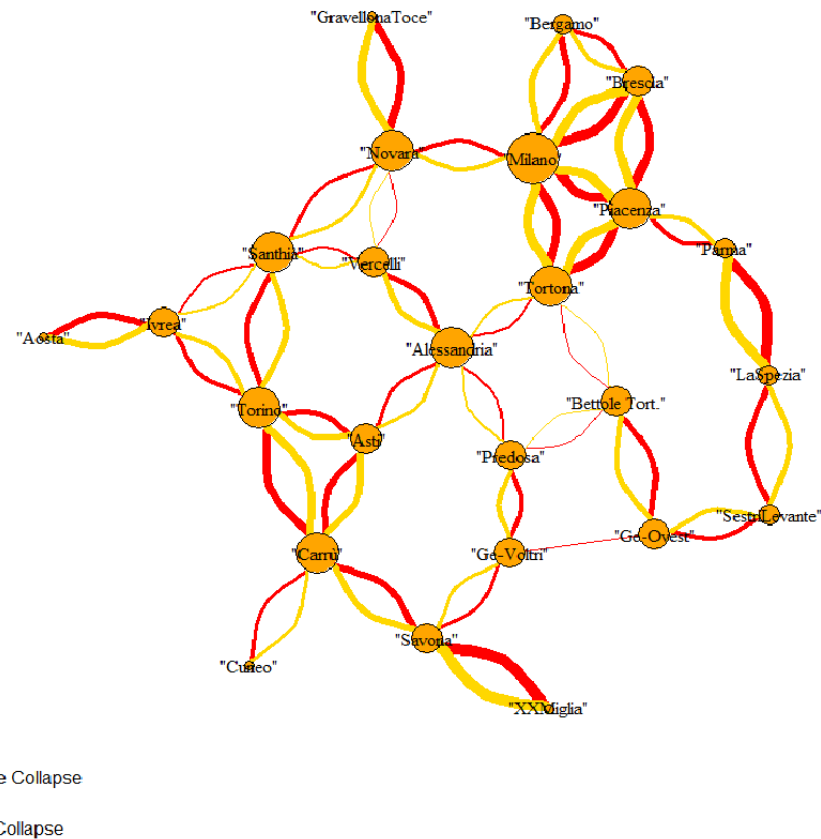
# ANALISI:

---

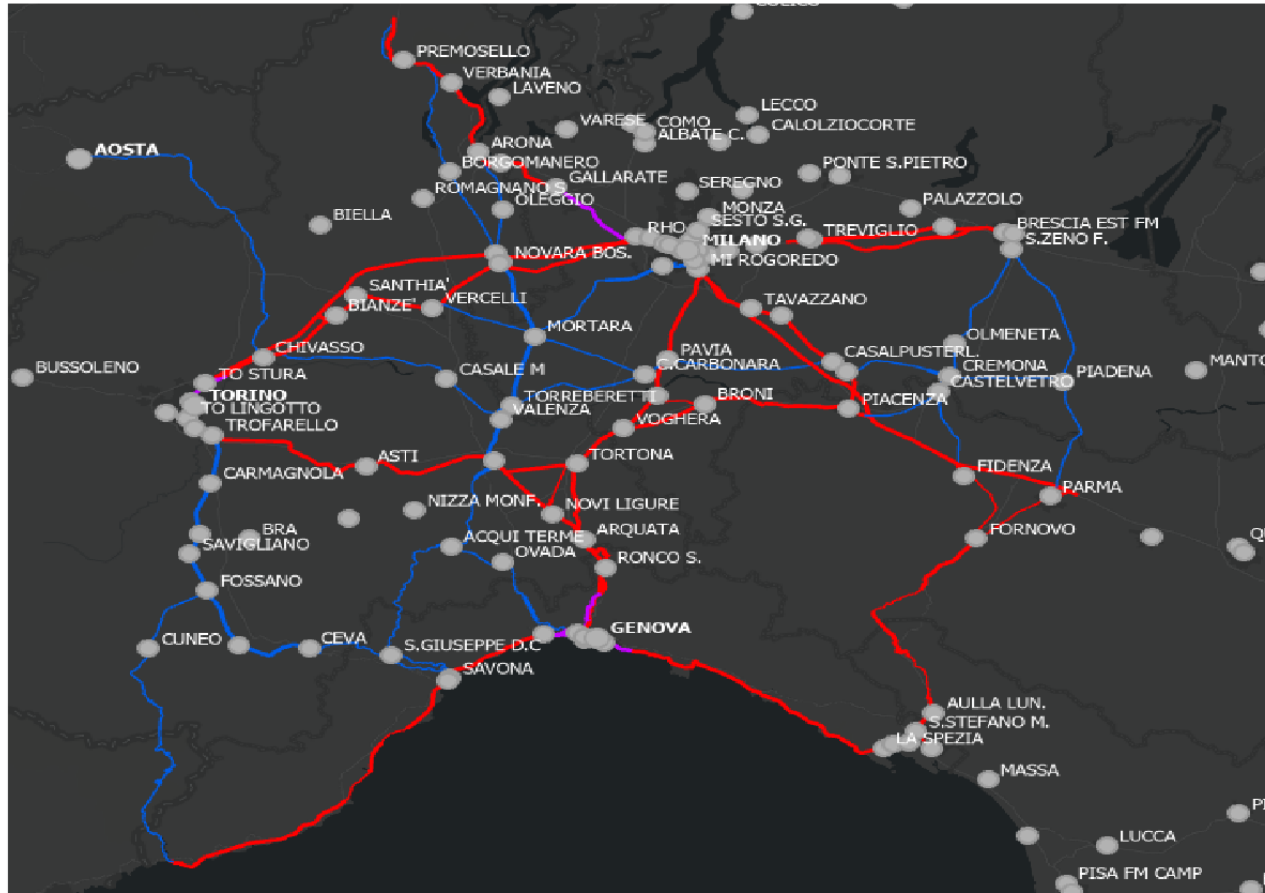
- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente



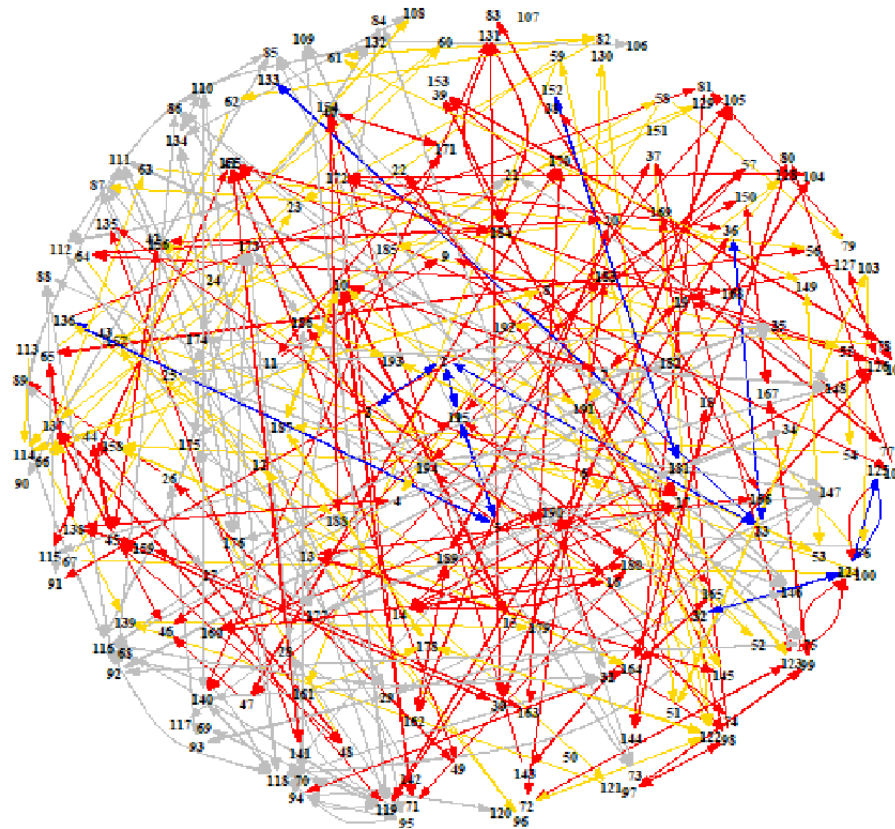
# Rete autostradale



# Rete ferroviaria



# Rete ferroviaria



# ANALISI:

---

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

# INDICATORI DELLA RETE

## ❖ CENTRALITÀ DEI NODI

DEGREE

STRENGTH

VERTEX BETWEENNESS CENTRALITY

CLOSENESS CENTRALITY

EIGENVECTOR CENTRALITY SCORE

## ❖ PROPRIETÀ DELLA RETE

DIAMETER

SHORTEST PATH MATRIX

EDGE DENSITY

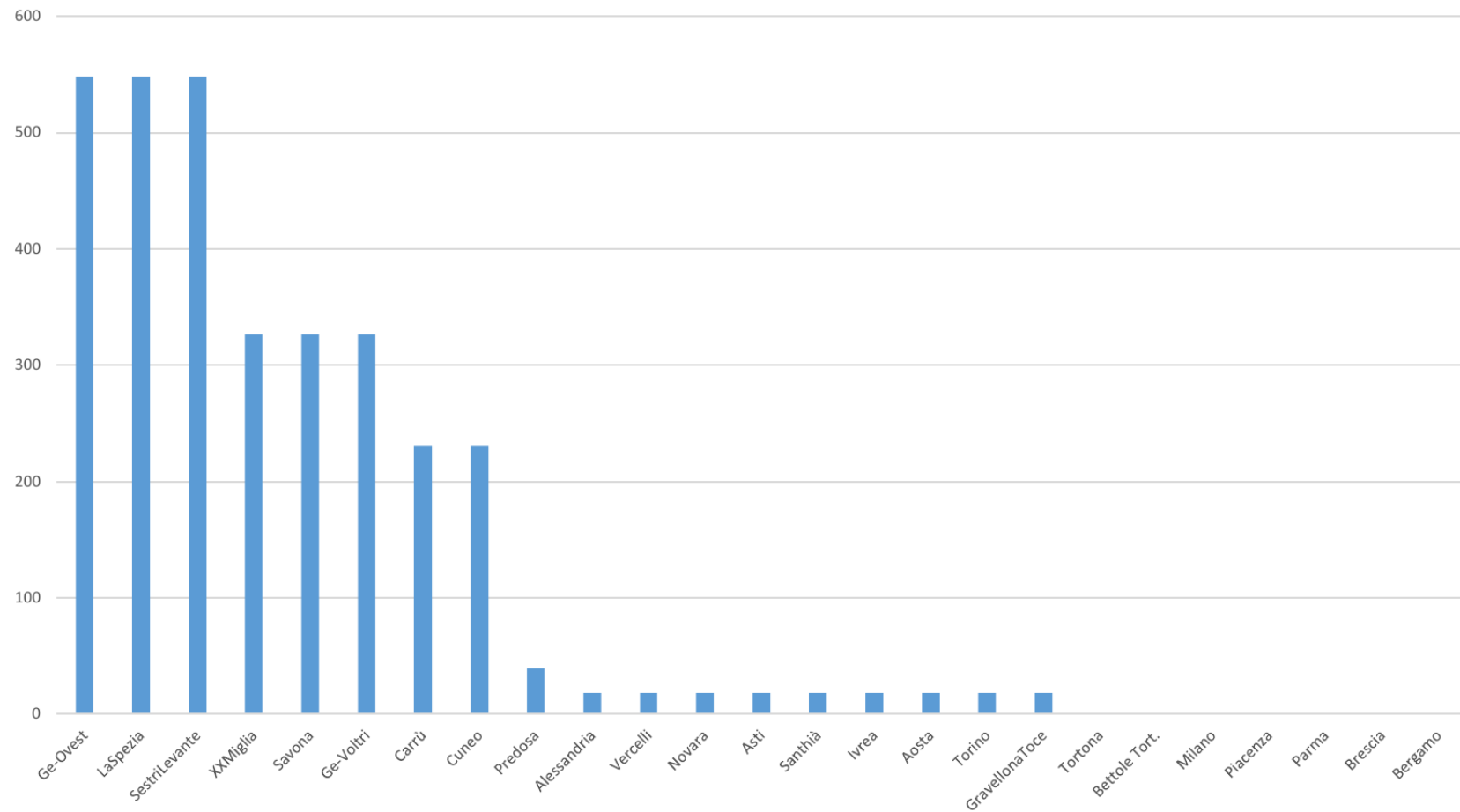
TRANSITIVITY

EIGENVECTOR CENTRALITY SCORE

EFFICIENCY



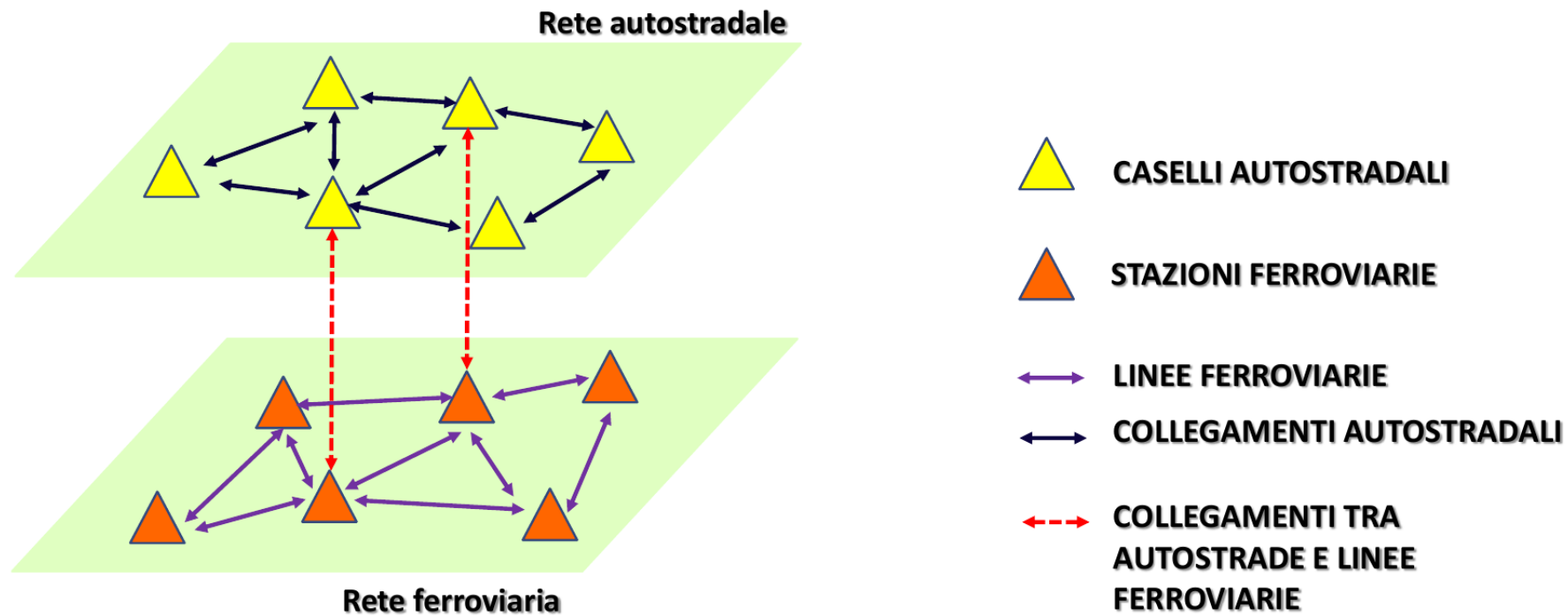
Delta = Shortest Path Matrix After Collapse - Shortest Path Matrix Before Collapse



# ANALISI:

---

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente



# CONCLUSIONE:

---

Una volta individuati i nodi tramite i quali può avvenire un passaggio tra le due reti, è possibile dunque riscrivere le matrici di adiacenza e **calcolare gli indicatori** per valutare:

- ❖ I nodi critici
- ❖ Le ricadute sul **network multimodale** di una caduta dei livelli di servizio
- ❖ Le misure di resilienza della rete infrastrutturale di trasporto