



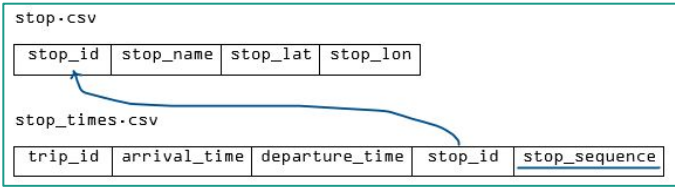
TRENORD TRANSPORT NETWORK



Struttura del lavoro svolto

- Contesto e rappresentazioni del dominio
- Task 1
 - Quanto la rete è vulnerabile?
 - Qual è la migliore strategia d'attacco?
 - Quali risultati produrrebbe un fallimento a cascata?
- Task 2
 - Qual è il carico giornaliero sulla rete?
 - Che differenze esistono tra le varie tratte?
 - Che differenze esistono tra le varie fasce orarie?
- Conclusioni

Rappresentazioni del dominio



COLLEGAMENTI FISICI TRA STAZIONI

trip_id	arrival_time	departure_time	stop_id	stop_sequence
13497685	06:09:00	06:09:00	1139	1
13497685	06:12:00	06:13:00	2151	2
13497685	06:17:00	06:18:00	1258	3
13497685	06:22:00	06:23:00	1228	4
13497685	06:28:00	06:29:00	618	5
13497685	06:33:00	06:38:00	2993	6
13497685	06:41:30	06:42:00	1329	7
13497685	06:48:00	06:49:00	1575	8
13497685	06:53:30	06:54:00	1934	9
13497685	06:59:00	07:00:00	1632	10
13497685	07:06:00	07:07:00	365	11
13497685	07:17:00	07:19:00	1550	12
13497685	07:26:00	07:27:00	807	15
13497685	07:37:00	07:38:00	1066	18
13497685	07:43:00	07:44:00	905	20
13497685	07:54:00	07:55:00	1841	22
13497685	08:07:00	08:07:00	1728	25

COLLEGAMENTI CON TRENI TRA STAZIONI

trip_id	arrival_time	departure_time	stop_id	stop_sequence
13497685	06:09:00	06:09:00	1139	1
13497685	06:12:00	06:13:00	2151	2
13497685	06:17:00	06:18:00	1258	3
13497685	06:22:00	06:23:00	1228	4
13497685	06:28:00	06:29:00	618	5
13497685	06:33:00	06:38:00	2993	6
13497685	06:41:30	06:42:00	1329	7
13497685	06:48:00	06:49:00	1575	8
13497685	06:53:30	06:54:00	1934	9
13497685	06:59:00	07:00:00	1632	10
13497685	07:06:00	07:07:00	365	11
13497685	07:17:00	07:19:00	1550	12
13497685	07:26:00	07:27:00	807	15
13497685	07:37:00	07:38:00	1066	18
13497685	07:43:00	07:44:00	905	20
13497685	07:54:00	07:55:00	1841	22
13497685	08:07:00	08:07:00	1728	25

Task 1

RETE COSTRUITA TRAMITE COLLEGAMENTI FISICI TRA STAZIONI ADIACENTI



- Quanto la rete è vulnerabile?
- Qual è la migliore strategia d'attacco?
- Quali risultati produrrebbe un fallimento a cascata?

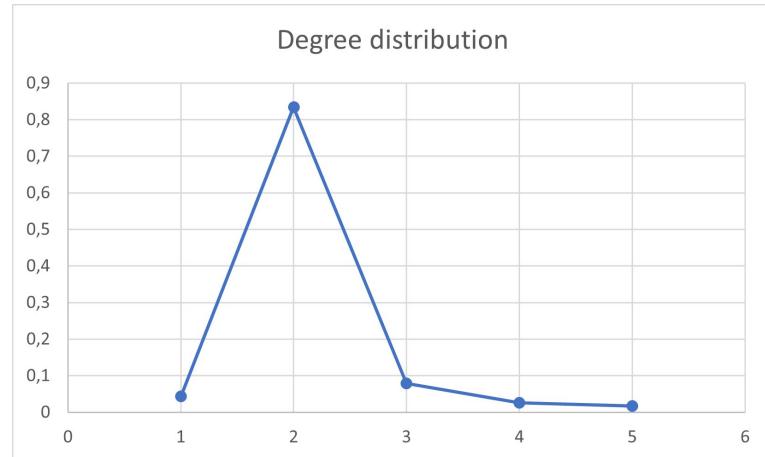


Quanto la rete è vulnerabile?

Analisi a priori della rete

GRADO MINIMO	$\min(d_k)$	1
GRADO MASSIMO	$\max(d_k)$	5
SHORT PATH MEDIO	l	23.34
EFFICIENCY	$e(g)$	0.059
GCC	$S(g)$	1
SPECTRAL GAP	$s(g)$	0.520
ALGEBRAIC CONNECTIVITY	λ_2	0.018

- 415 nodi (stazioni)
- 444 archi (collegamenti tra le stazioni) non orientati

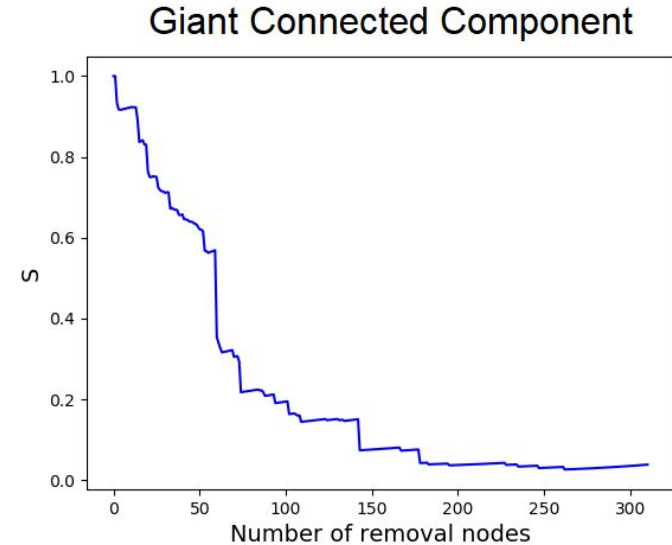
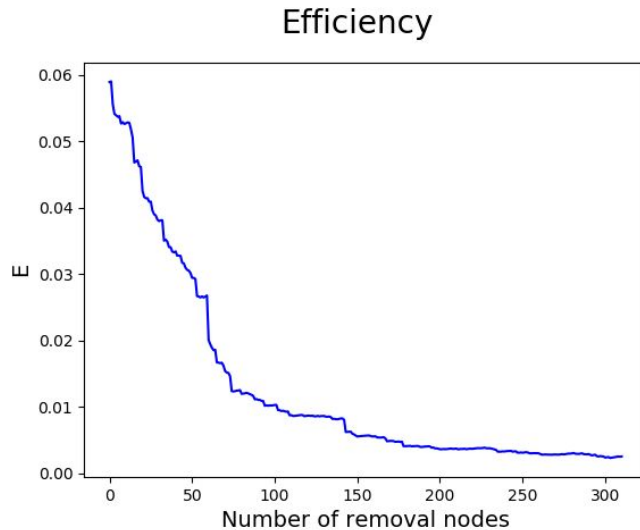




Qual è la migliore strategia d'attacco?

Random Attack

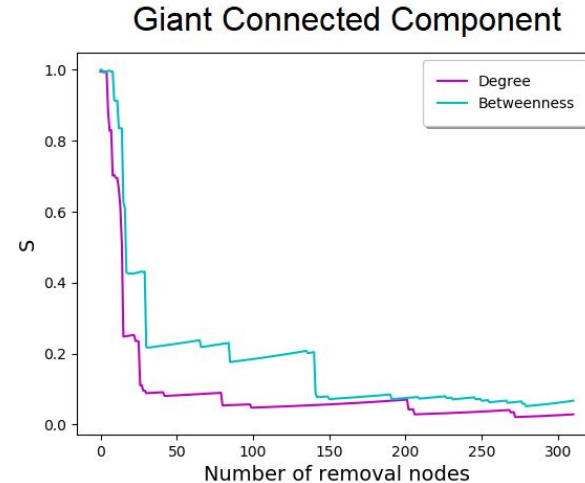
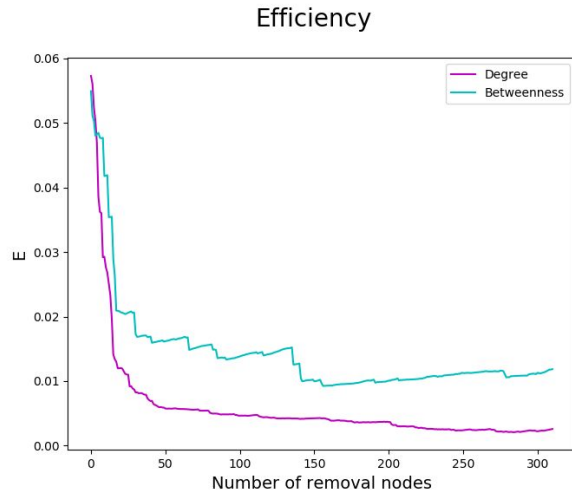
ATTACCO RANDOM: Viene rimossa una stazione ferroviaria per volta selezionata casualmente



Targeted Attack - Degree vs Betweenness

ATTACCO MIRATO: viene rimossa una stazione ferroviaria per volta in base alle caratteristiche che presenta

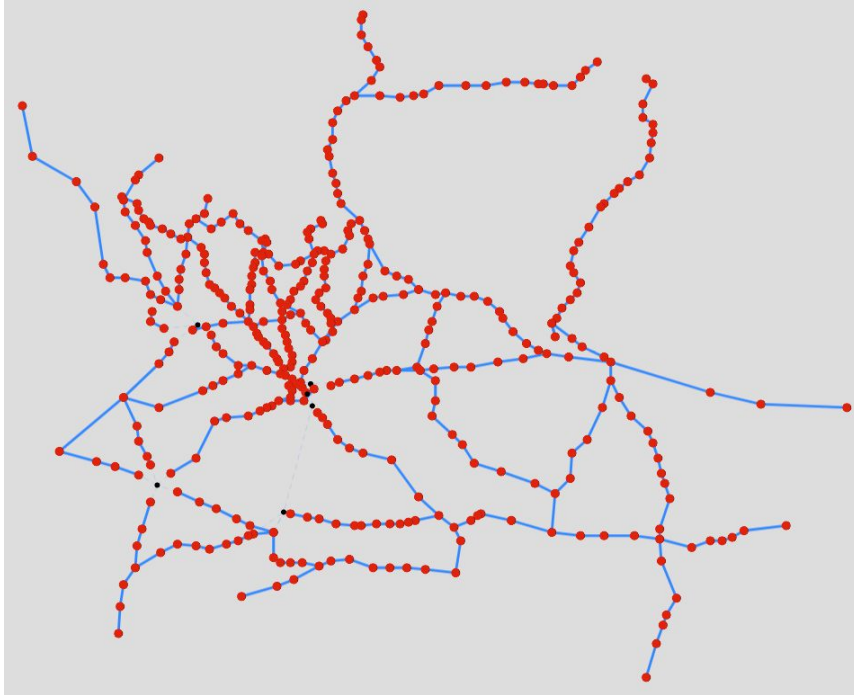
- **DEGREE (i):** numero di stazioni ferroviarie con cui la stazione i è collegata
- **BETWEENNESS (i):** numero di stazioni che attraverso i sono collegate ad altre stazioni della rete ferroviaria



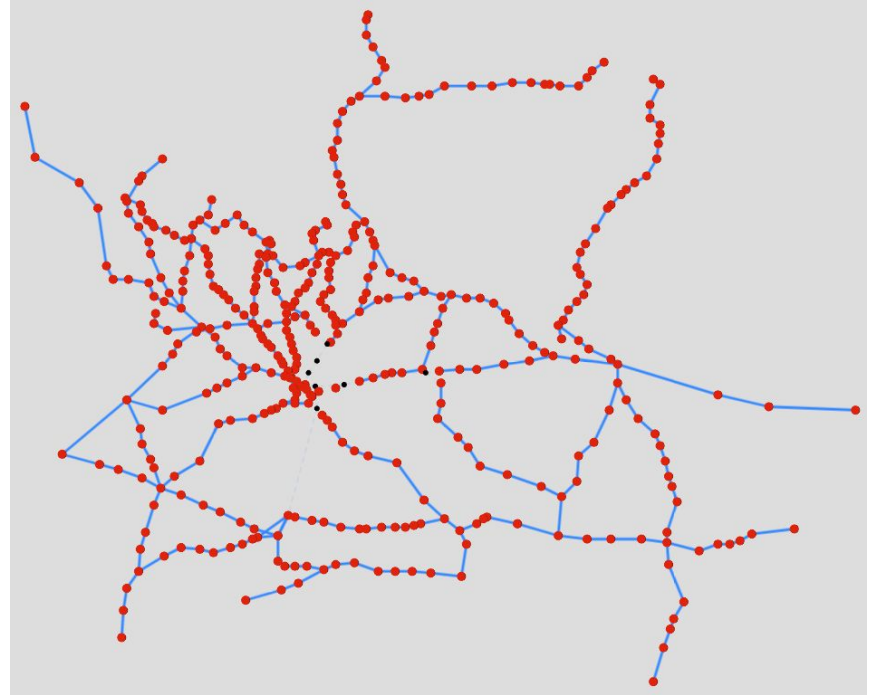
Rimozione ridotta - 0.02% delle stazioni



Rimozione dello 0.02% di stazioni con degree maggiore



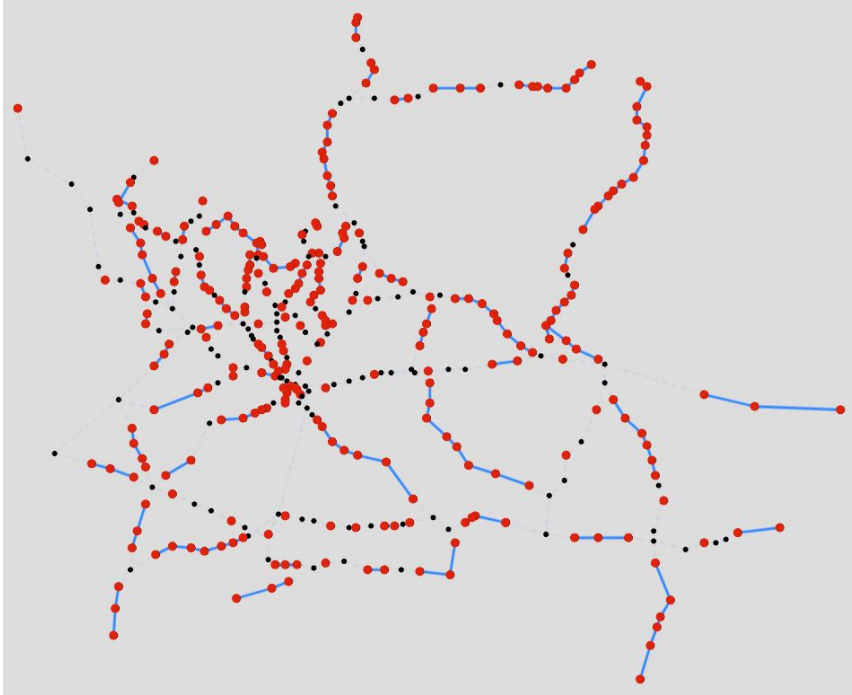
Rimozione dello 0.02% di stazioni con betweenness maggiore



Rimozione notevole - 30% delle stazioni



Rimozione del 30% di stazioni con degree maggiore



Rimozione del 30% di stazioni con betweenness maggiore

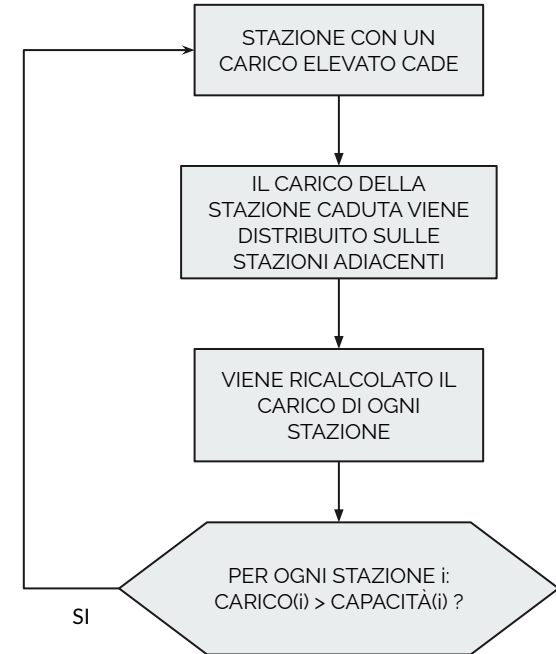
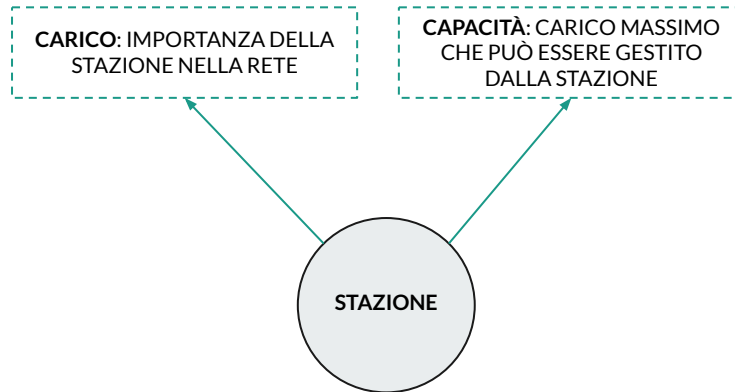




**Quali risultati produrrebbe
un fallimento a cascata?**

Cos'è un fallimento a cascata?

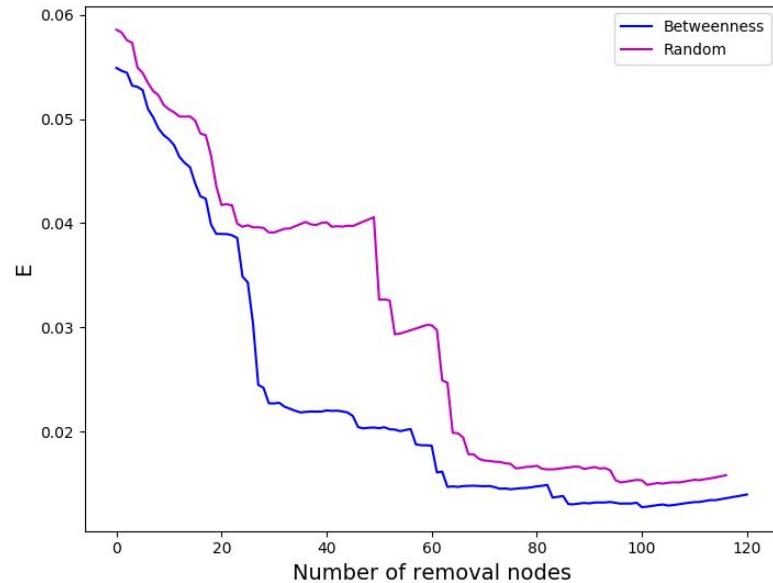
FALLIMENTO A CASCATA: effetto domino che si origina quando la caduta di un certa stazione innesca successivi fallimenti di una o più stazioni, che a loro volta innescano altri fallimenti (es: interruzione di corrente su vasta scala).



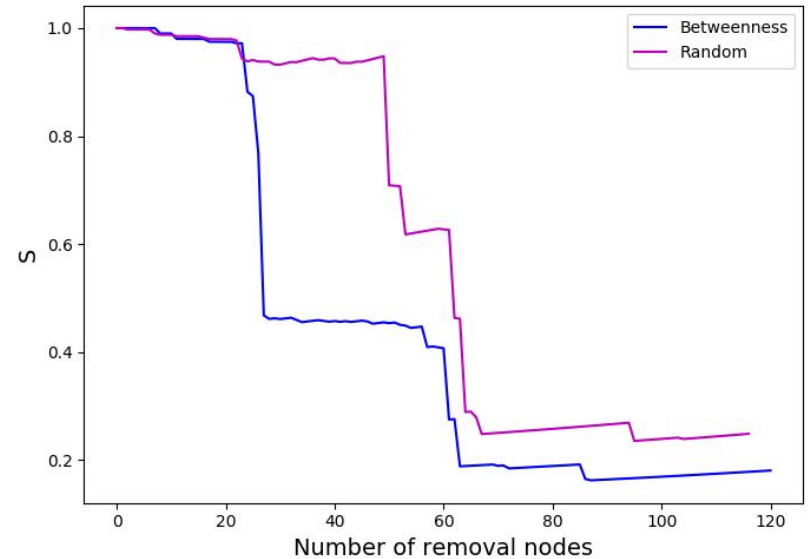
Failure Cascade - Betweenness vs Random



Efficiency



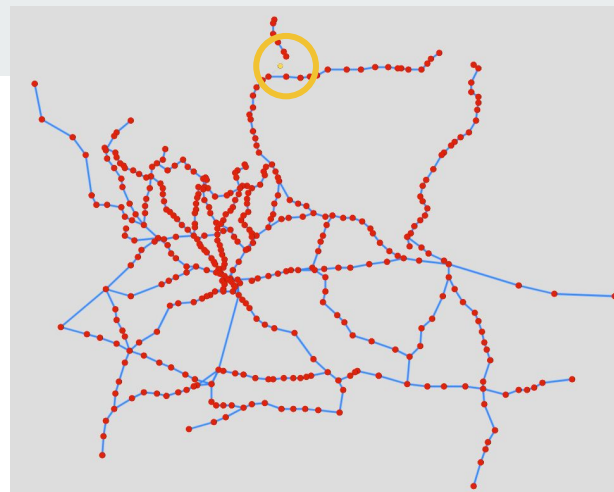
Large Connected Component



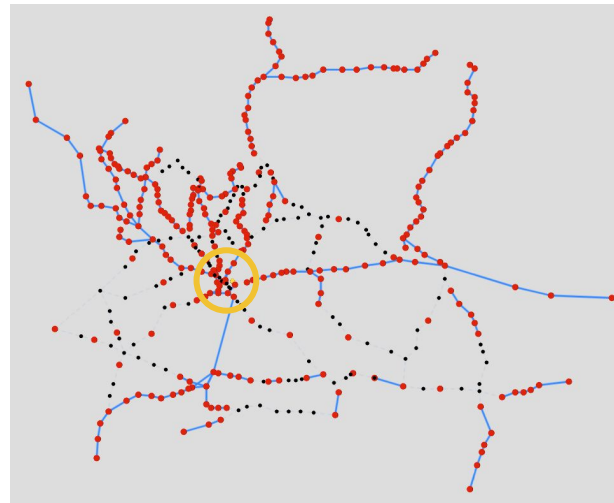
Failure Cascade

Betweenness vs Random

Rimozione della stazione con betweenness maggiore



Rimozione di una stazione random marginale



Rimozione di una stazione random centrale

Task 2



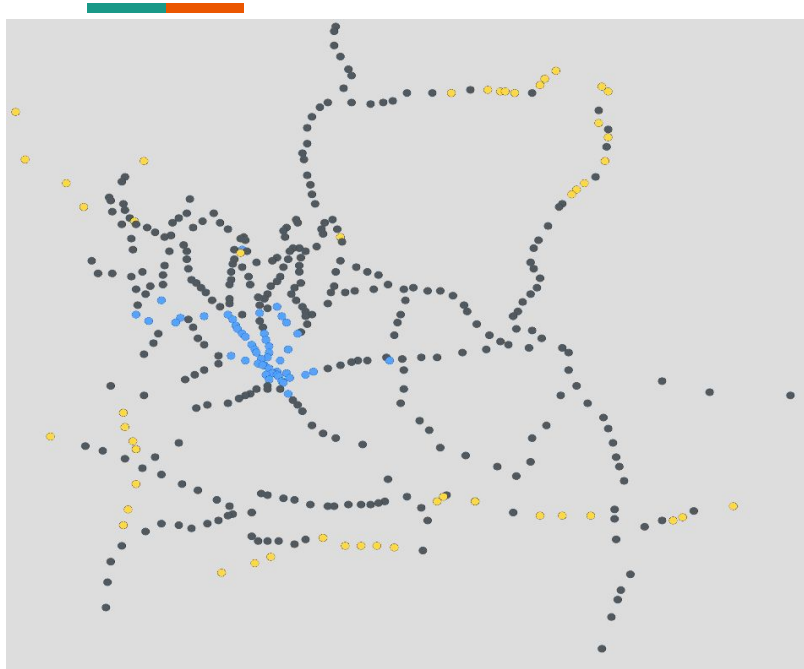
RETE COSTRUITA TRAMITE COLLEGAMENTI DI TRENI TRA LE STAZIONI

- Qual è il carico giornaliero sulla rete?
- Esiste differenza di carico tra le varie tratte ?
- Esiste differenza di carico tra diverse fasce orarie?
- Quali stazioni hanno un carico sbilanciato rispetto alle fasce orarie?

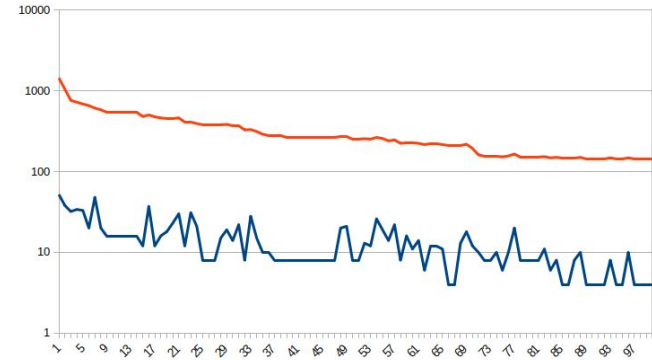


**Qual è il carico giornaliero
sulla rete?**

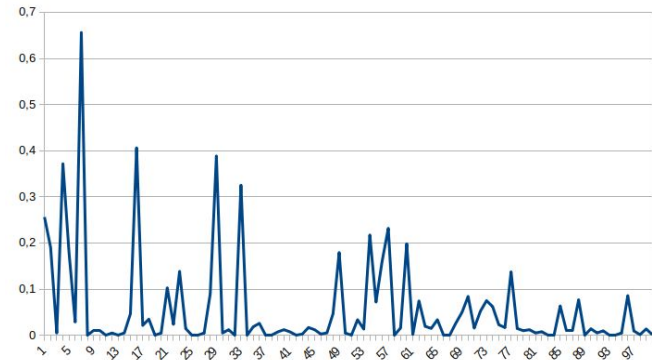
Carico sulla rete



In giallo le 50 stazioni con minor carico e in blu le 50 con maggior carico



Andamento del carico (arancione) confrontato con la centralità di grado

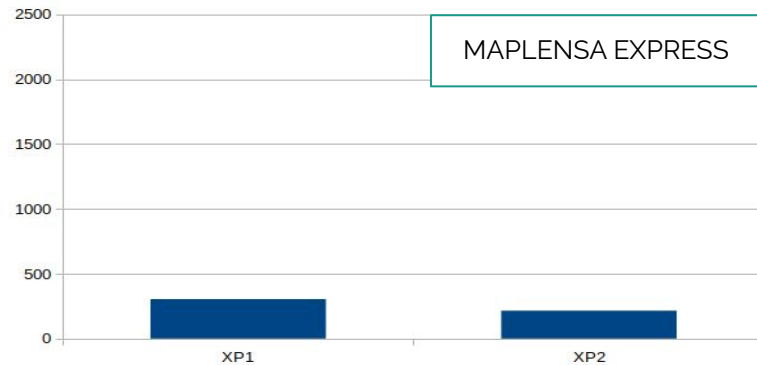
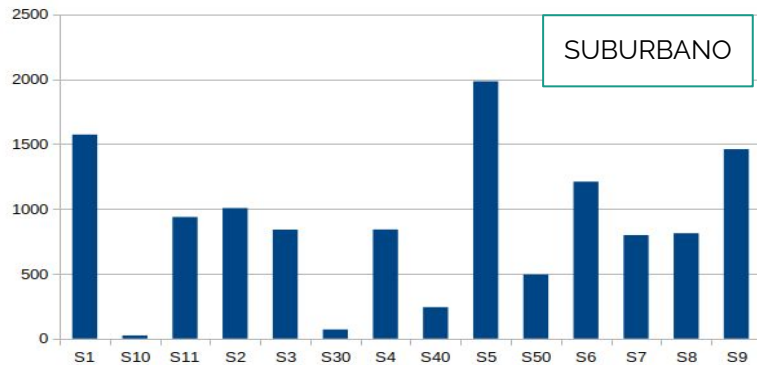
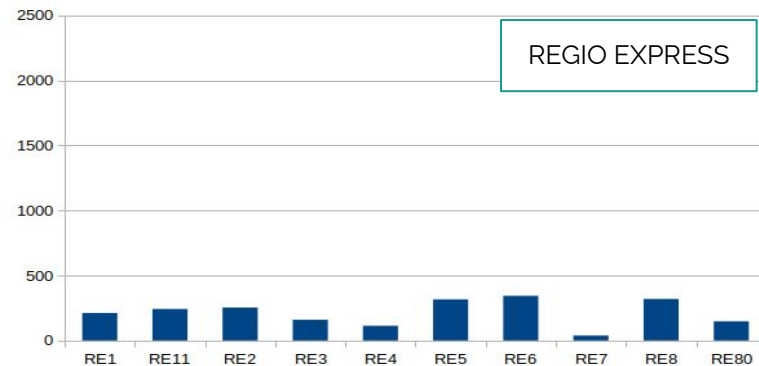
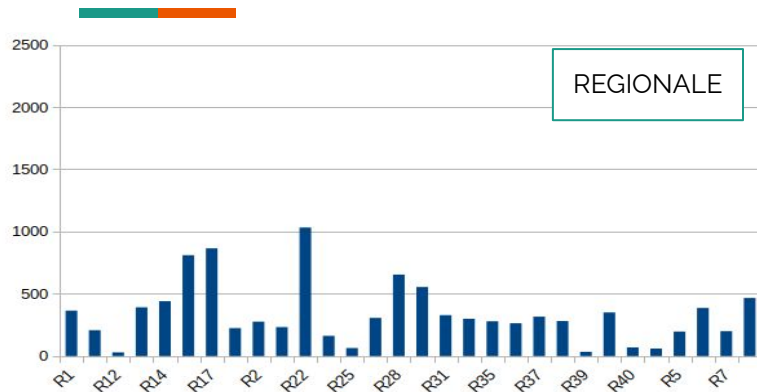


Andamento della misura di betweenness

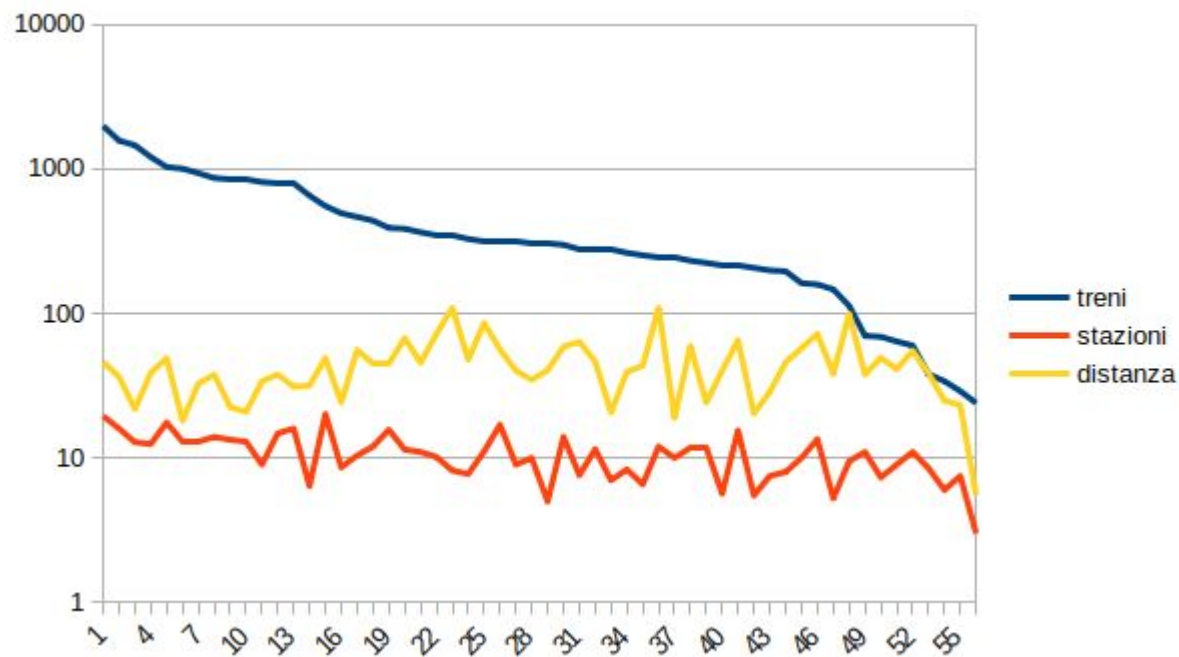


**Che differenze esistono tra le
varie tratte?**

Carico nelle varie tratte



Carico - Distanza - Numero stazioni





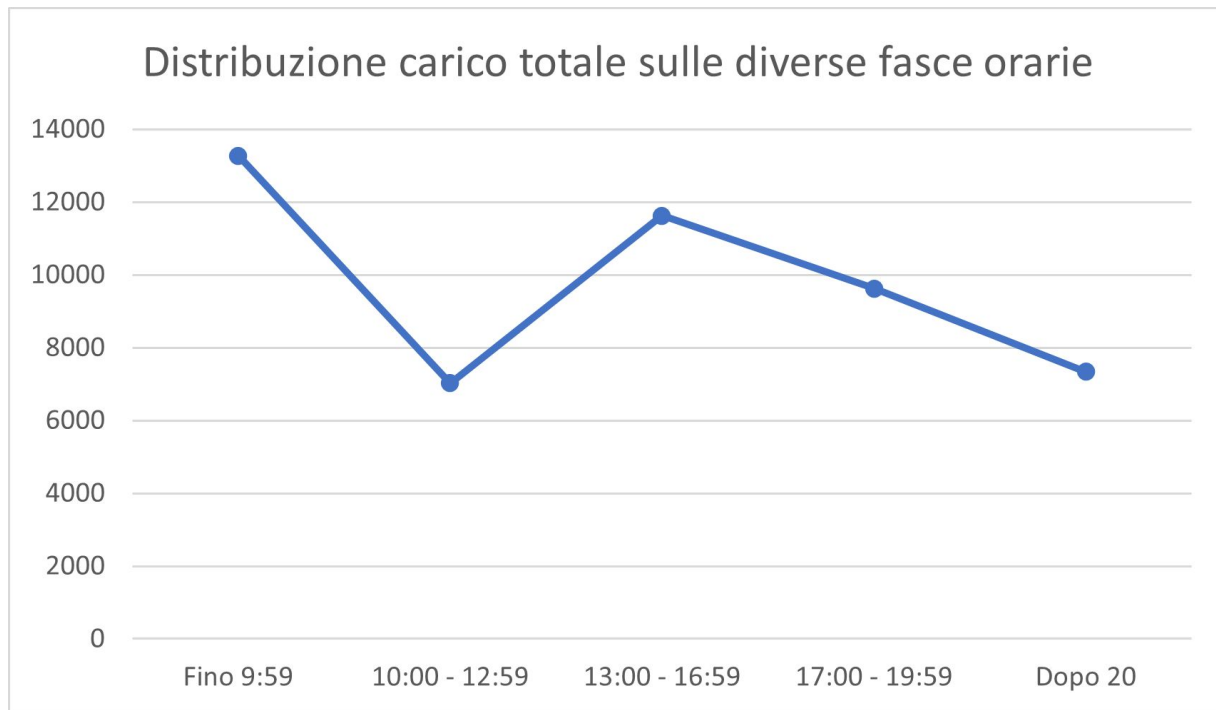
**Che differenze esistono tra le
varie fasce orarie?**

Carico nelle diverse fasce orarie



Suddivisione delle fasce orarie:

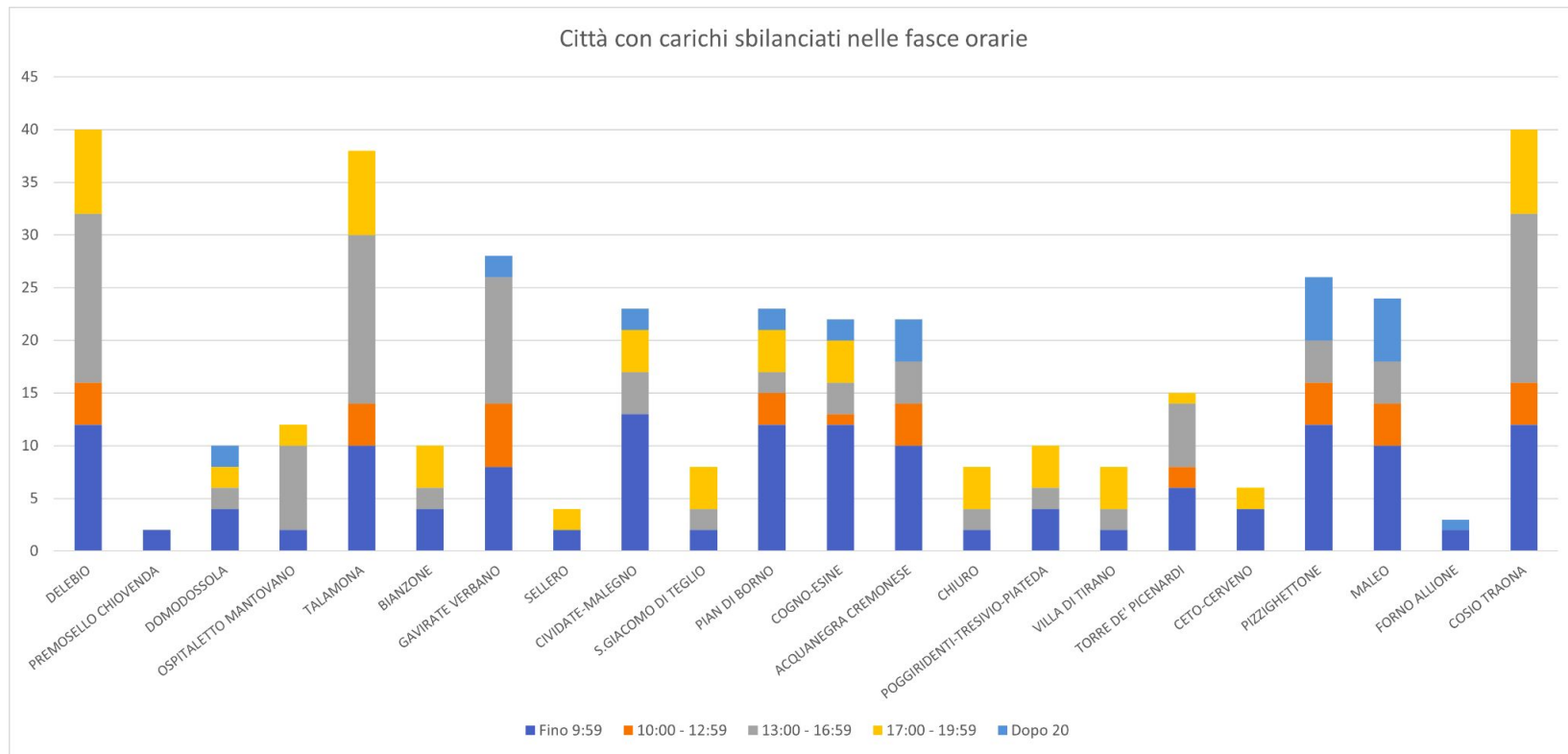
- Fino alle 9:59
- 10:00 - 12:59
- 13:00 - 16:59
- 17:00 - 19:59
- Dopo le 20





**Quali stazioni hanno un
carico sbilanciato rispetto
alle fasce orarie?**

Stazioni con carico sbilanciato



Conclusioni



- Comportamento scale-free
- Attacchi mirati più efficaci degli attacchi random
- Attacchi basati sulla degree sono più distruttivi rispetto a quelli basati sulla betweenness

- Stazioni con carico più elevato sono quelle della zona di Milano
- Categorie di tratte:
 - Regionali: collegamenti con varie distanze e numero di stazioni
 - RegioExpress: treni a lunga percorrenza con un ridotto numero di stazioni e corse giornaliere
 - Suburbani: percorsi più brevi con un numero maggiore di stazioni attraversate e un elevato carico giornaliero
- Fasce orarie:
 - la fascia più trafficata è risultata essere quella della prima mattina (prima delle 10)
 - la fascia pre-serale (17-19:59) carico inferiore rispetto a quello atteso