

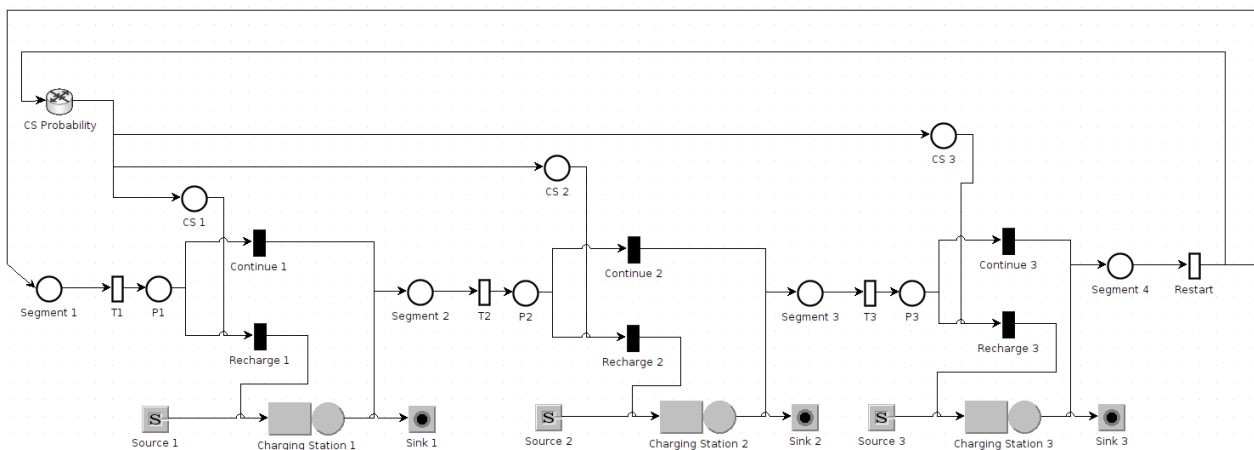
Progetto di Performance Evaluation and Applications

(Tipo A)

Modelling:

Per risolvere il progetto propostoci ho ritenuto comodo utilizzare un modello a multi-formalismo, in cui venivano sfruttate sia le reti di Petri sia i queuing networks, implementato su JMT e successivamente risolto nella fase di simulazione impostando gli opportuni indici di performance.

Segue l'immagine del modello:



L'idea di base nello sviluppo del modello è quella di avere un primo sistema chiuso che rappresenti la macchina elettrica (soggetto del progetto), formalizzato tramite una rete di Petri con un singolo token, insieme a 3 stazioni di ricarica modellate come dei sistemi aperti, tramite dei queuing networks.

Ogni segmento, eccezion fatta per l'ultimo, è rappresentato dalle stazioni Segment x e P_x insieme alla transizione T_x , la quale, prima di essere percorsa, attenderà un tempo che segue un'opportuna distribuzione (Figura 4), in base al segmento a cui si riferisce.

Successivamente quando il token si sarà spostato nella stazione P_x ci sarà la possibilità di scegliere fra 2 possibili transizioni istantanee, ovvero Continue x e Recharge x . La transizione Recharge x ha una priorità superiore rispetto a quella dei Continue x ; tuttavia necessita di 2 token per poter essere stimolata (Figura 5): il token che rappresenta la macchina elettrica e un token che proviene dalle stazioni CS x , ovvero quello che permette la scelta di uno ed uno solo fra i 3 punti di ricarica durante un viaggio della macchina elettrica. Quindi il token appartenente alla rete di Petri (che rappresenta la macchina elettrica) passerà solo nella postazione di ricarica corrispondente all'unica stazione CS fra le 3 che possiede il token.

Una volta nella stazione di ricarica, rappresentata dal sistema aperto composto da Source x + Charging Station x + Sink x , il token passerà attraverso la coda di macchine già presenti e verrà servito seguendo una distribuzione esponenziale con media 30 minuti (come indicato dal testo del problema), prima di tornare nella rete di Petri. Per fare ciò nella sezione di routing delle Charging Stations verrà indicato che tutti i jobs appartenenti alle classi dei sistemi aperti debbano andare nel Sink, mentre i jobs appartenenti alla classe del sistema chiuso (la rete di Petri) debbano andare alla stazione Segment x collegata alla Charging Station (Figura 3).

Dopo aver completato i primi 3 segmenti, il token della rete di Petri proseguirà verso Segment 4 e la sua

transizione Restart, la quale una volta stimolata genererà 2 token (Figura 6), uno appartenente alla classe della macchina elettrica (rappresentata dalla rete chiusa) e l'altro che andrà verso il router chiamato "CS Probability", il quale, seguendo una distribuzione prestabilita, inoltrerà il token verso la stazione CS x opportuna, permettendo così la scelta di una ed una sola fra le varie postazioni di ricarica lungo un singolo viaggio.

In una prima versione del progetto, il token generato dalla transizione di Restart ed inviato al router era appartenente anch'esso alla classe della macchina elettrica, tuttavia, nel calcolo del response time del sistema, mi sono reso conto che il tempo trascorso dal token nella stazione CS x veniva sommato al response time del token che passa attraverso i segmenti, nonostante la sua attesa nella stazione CS avvenisse in parallelo rispetto al tempo di percorrenza dell'altro token attraverso i segmenti. Quindi per risolvere questo problema ho creato un'altra classe, chiamata Charging Station Choice (CS Choice, Figura 1), e nella transizione Restart genero 2 token: uno appartenente alla classe della macchina elettrica e mandato a Segment 1 e l'altro appartenente alla classe di CS Choice mandato al router. Infine, il response time del sistema viene calcolato solo per la classe della macchina elettrica (Figura 2).

Figura 1: elenco delle classi e della loro popolazione (in caso di classe chiusa) o gli arrival rate (in caso di queuing network)

Name	Type	Priority	Population	Interarrival Time Distribution		Soft Deadline	Reference Station
Electric car	Closed	0	1			0.0000	Segment 1
Charging Point 1	Open	0		exp(0.1)	Edit	0.0000	Source 1
Charging Point 2	Open	0		exp(0.067)	Edit	0.0000	Source 2
Charging Point 3	Open	0		exp(0.083)	Edit	0.0000	Source 3
CS Choice	Open	0				0.0000	Transition

Figura 2: elenco dei performance indexes e dei loro corrispondenti intervalli di confidenza e errori massimi relativi

Performance Index	Class/Mode	Station/Region/System	Save Stats	Conf.Int.	Max Rel.Err.
Response Time	Electric car	Charging Station 1	<input type="checkbox"/>	0.999	0.01
Response Time	Electric car	Charging Station 2	<input type="checkbox"/>	0.999	0.01
Response Time	Electric car	Charging Station 3	<input type="checkbox"/>	0.999	0.01
Response Time	Electric car	System	<input type="checkbox"/>	0.999	0.01

Figura 3: sezione di routing e service delle Charging Stations

Station Name
Charging Station 1

Charging Station 1 Parameters Definition

Queue Section \ Service Section \ Routing Section \

Routing Strategies

Class	Routing Strategy
Electric car	Probabilities
Charging Point 1	Probabilities
Charging Point 2	Probabilities
Charging Point 3	Probabilities
CS Choice	Random

Description

Jobs are routed to stations connected to the current one according to the specified probabilities. If the sum of the routing probabilities is different from 1, the values will be scaled to sum to 1.

Routing Options

Destination	Probability
Segment 2	1.0

Station Name
Charging Station 1

Charging Station 1 Parameters Definition

Queue Section \ Service Section \ Routing Section \

Routing Strategies

Class	Routing Strategy
Electric car	Probabilities
Charging Point 1	Probabilities
Charging Point 2	Probabilities
Charging Point 3	Probabilities
CS Choice	Random

Description

Jobs are routed to stations connected to the current one according to the specified probabilities. If the sum of the routing probabilities is different from 1, the values will be scaled to sum to 1.

Routing Options

Destination	Probability
Segment 2	0.0
Sink 1	1.0

Station Name
Charging Station 1

Charging Station 1 Parameters Definition

Queue Section \ Service Section \ Routing Section \

Server Configuration

Number of Servers: 4 Advanced Features: Edit

Service Time Distributions

Class	Strategy	Service Time Distribution	
Electric car	Load Independent	exp(0.033)	Edit
Charging Point 1	Load Independent	exp(0.033)	Edit
Charging Point 2	Load Independent	exp(0.033)	Edit
Charging Point 3	Load Independent	exp(0.033)	Edit
CS Choice	Load Independent	exp(1)	Edit

Figura 4: distribuzioni del tempo di percorrenza dei 4 segmenti

Station Name
Station Name: T1

T1 Parameters Definiton
Enabling Section \ Timing Section \ Firing Section \

Add Mode

Timing Options

Mode	Number of Serv...	∞	Timing Strategy	Firing Time Distribu...	Firing Priority	Firing Weight
Model1	∞	<input checked="" type="checkbox"/>	Timed	erl(1.427,10)	Edit	-- X

Station Name
Station Name: T2

T2 Parameters Definiton
Enabling Section \ Timing Section \ Firing Section \

Add Mode

Timing Options

Mode	Number of Serv...	∞	Timing Strategy	Firing Time Distribu...	Firing Priority	Firing Weight
Model1	∞	<input checked="" type="checkbox"/>	Timed	erl(0.947,9)	Edit	-- X

Station Name
Station Name: T3

T3 Parameters Definiton
Enabling Section \ Timing Section \ Firing Section \

Add Mode

Timing Options

Mode	Number of Serv...	∞	Timing Strategy	Firing Time Distribu...	Firing Priority	Firing Weight
Model1	∞	<input checked="" type="checkbox"/>	Timed	erl(0.463,6)	Edit	-- X

Station Name
Station Name: Restart

Restart Parameters Definiton
Enabling Section \ Timing Section \ Firing Section \

Add Mode

Timing Options

Mode	Number of Serv...	∞	Timing Strategy	Firing Time Distribu...	Firing Priority	Firing Weight
Model1	∞	<input checked="" type="checkbox"/>	Timed	erl(1.498,12)	Edit	-- X

Figura 5: enabling section per l'evento di recharge

Station Name
Station Name: Recharge 1

Recharge 1 Parameters Definiton
Enabling Section \ Timing Section \ Firing Section \

Enabling Condition for Model1

*	Electric car	Charging Point 1	Charging Point 2	Charging Point 3	CS Choice
CS 1	0	0	0	0	1
P1	1	0	0	0	0

Inhibiting Condition for Model1

*	Electric car	Charging Point 1	Charging Point 2	Charging Point 3	CS Choice
CS 1	∞	∞	∞	∞	∞
P1	∞	∞	∞	∞	∞

Modes

Add Mode

Mode

Model1 X

Notice

Ci sono 2 matrici: una che mostra quanti e quali token sono necessari perché l'evento venga lanciato e l'altra che mostra quanti token sono necessari e in quale stazione, per prevenire l'attivazione di questa transizione (in questo progetto non viene usata)

Figura 6: token generati dalla transizione di Restart

Station Name
Station Name: Restart

Restart Parameters Definiton
Enabling Section \ Timing Section \ Firing Section \

Firing Outcome for Model1

*	Electric car	Charging Point 1	Charging Point 2	Charging Point 3	CS Choice
CS Probabil...	0	0	0	0	1
Segment 1	1	0	0	0	0

Modes

Add Mode

Mode

Model1 X

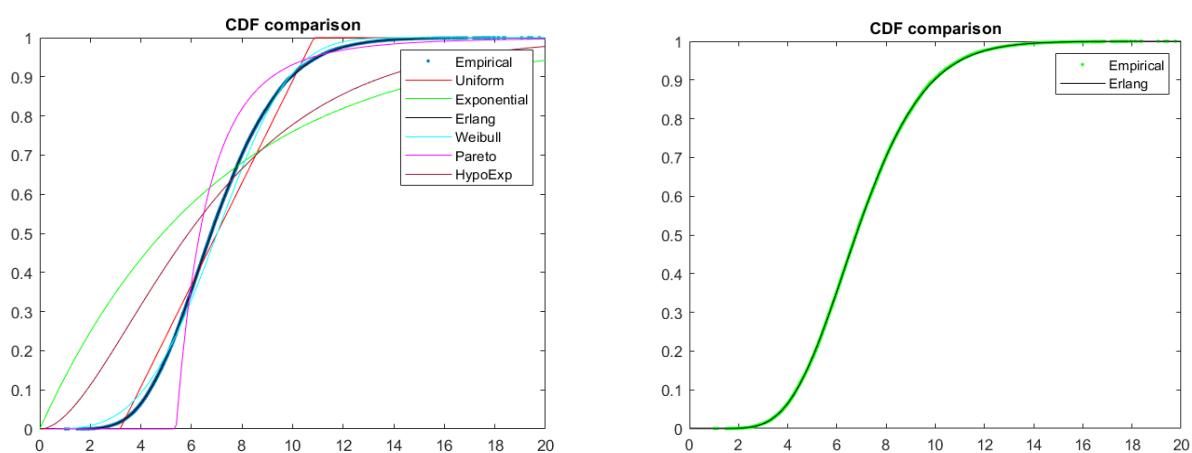
Notice

Fitting:

Un altro dei problemi da risolvere, proposti dal progetto, è stato quello di trovare la distribuzione che rappresentasse meglio il tempo di percorrenza dei vari segmenti. Per trovare tale distribuzione ho cercato, grazie ai dati forniti dai file "Trace", quale fra alcune delle distribuzioni più note si avvicinasse di più: uniforme, esponenziale, Erlang, Weibull, Pareto, Hyper exponential, Hypo exponential.

Per farlo ho usato il metodo dei momenti, così che i momenti più importanti fossero perfettamente allineati a quelli dei dati, anche se avendo una grossa quantità di campioni (ovvero 50000) non cambia molto fra il metodo di massima somiglianza e quello dei momenti; infatti come si noterà dalle immagini, le 2 linee (della distribuzione empirica e di quella ipotizzata) sono perfettamente sovrapposte, nonostante si stia usando il metodo dei momenti.

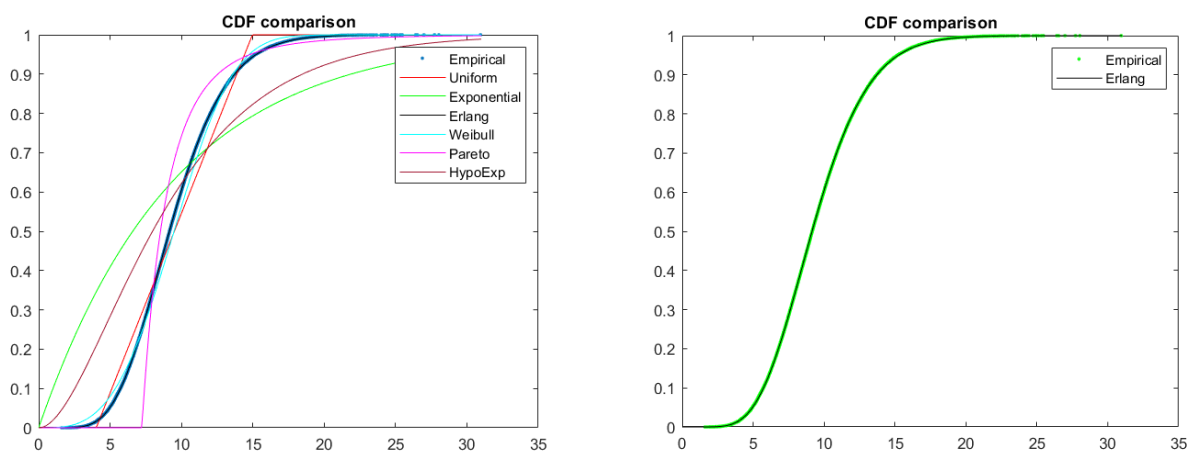
Figure di fitting per la traccia 1:



Manca l'Hyper exponential poiché il coefficiente di variazione è minore di 1.

Il fitting migliore è dato da una Erlang con parametri $k = 10$, $\lambda = 1.4266$ come mostrato nell'immagine a destra.

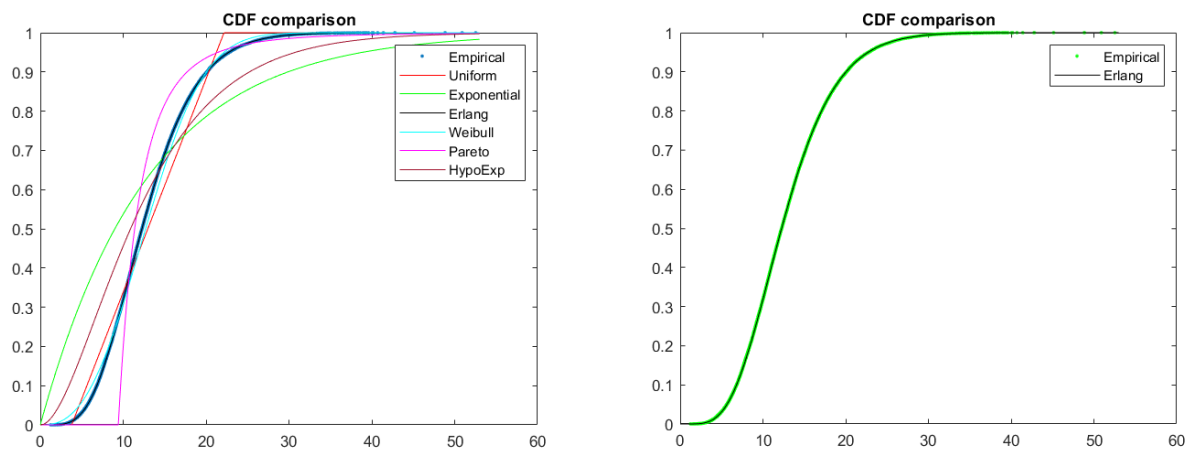
Figure di fitting per la traccia 2:



Manca l'Hyper exponential poiché il coefficiente di variazione è minore di 1.

Il fitting migliore è dato da una Erlang con parametri $k = 9$, $\lambda = 0.9471$ come mostrato nell'immagine a destra.

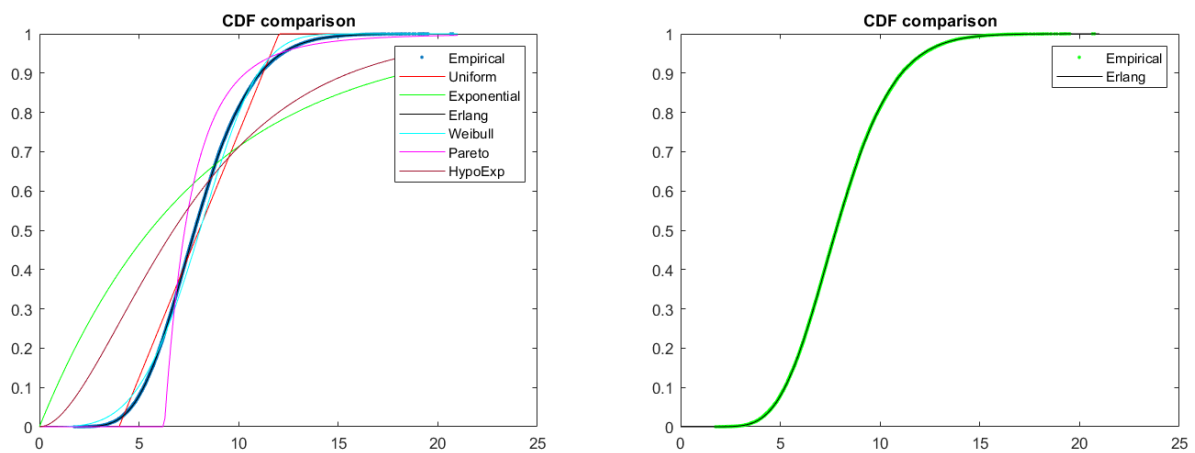
Figure di fitting per la traccia 3:



Manca l'Hyper exponential poiché il coefficiente di variazione è minore di 1.

Il fitting migliore è dato da una Erlang con parametri $k = 6$, $\lambda = 0.4625$ come mostrato nell'immagine a destra.

Figure di fitting per la traccia 4:



Manca l'Hyper exponential poiché il coefficiente di variazione è minore di 1.

Il fitting migliore è dato da una Erlang con parametri $k = 12$, $\lambda = 1.4979$ come mostrato nell'immagine a destra.

Testing:

Per testare il modello ho scelto come indici di performance il response time delle 3 stazioni di ricarica, dal punto di vista del sistema chiuso per la macchina elettrica, e il response time di tutto il sistema chiuso (la rete di Petri che rappresenta il percorso della macchina elettrica).

Come intervallo di confidenza e massimo errore relativo ho scelto rispettivamente 99.9% e 0.01.

Nel testare il sistema ho cercato quale fosse la migliore distribuzione di probabilità con cui scegliere la stazione di ricarica a cui fermarsi, modificando la sezione di routing del router (chiamato "CS Probability") che indirizza i token della classe di CS Choice.

Inizialmente ho provato ad impostare delle distribuzioni che forzassero la macchina elettrica a fermarsi sempre alla stessa postazione di ricarica, quindi impostando al 100% una delle 3 stazioni di ricarica e allo 0% le altre 2 (Figura 7, 8, 9); successivamente ho testato anche una distribuzione uniforme, dove ogni stazione poteva essere scelta con la stessa probabilità delle altre (Figura 10).

In tutti i casi il response time delle stazioni di ricarica non è variato (Figura 12), mentre quello del sistema ha avuto un minimo nel caso in cui si scegliesse sempre la seconda stazione (80.76 minuti, Figura 8) e un massimo con la scelta costante della terza (109.76 minuti, Figura 9). Questo accade molto probabilmente perché ogni giro della macchina elettrica risulta indipendente rispetto al precedente, rendendo una delle 3 stazioni (in questo caso la seconda) sempre la migliore da scegliere.

L'unica condizione per cui ci possa essere dipendenza fra i vari giri è che fra un giro e quello successivo la coda formatasi, a causa del passaggio della macchina elettrica in una delle 3 stazioni, non si fosse ancora smaltita, introducendo un'attesa aggiuntiva nella coda di suddetta stazione. Tuttavia, il percorso della macchina elettrica è sufficientemente lungo da evitare tale problema, rendendo la scelta migliore della stazione di ricarica sempre la stessa per ogni giro.

Per fare un ultimo tentativo che avvalorasse questa tesi ho impostato una distribuzione che scegliesse la seconda stazione l'80% delle volte, mentre la prima e la terza stazione il 10% delle volte per ognuna (Figura 11) ed effettivamente il response time del sistema risulta superiore (83.78 minuti) rispetto a scegliere sempre la seconda stazione.

Figura 7: scelgo sempre la prima stazione di ricarica (distribuzione di probabilità [1 0 0])

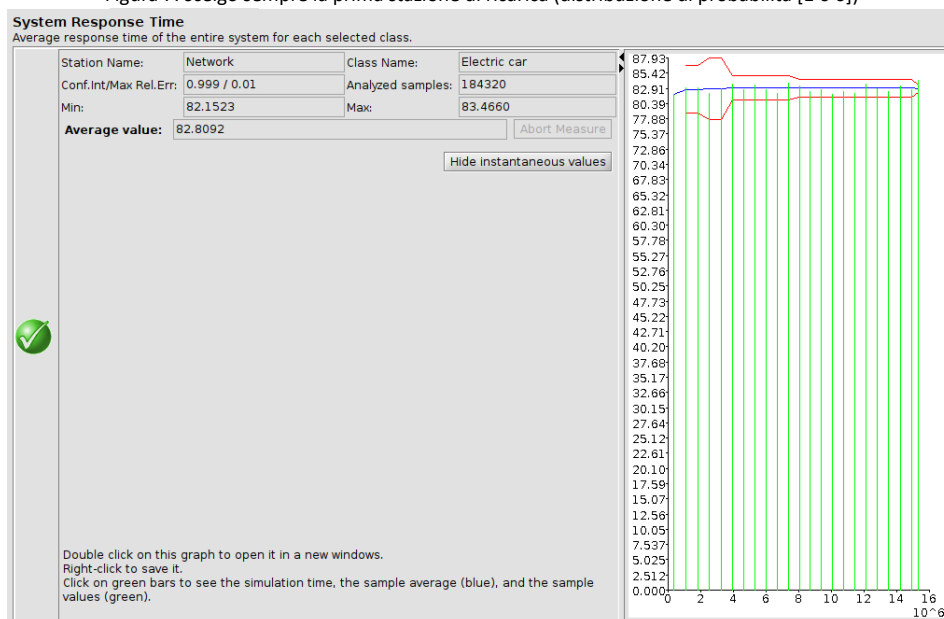


Figura 8: scelgo sempre la seconda stazione di ricarica (distribuzione di probabilità [0 1 0])

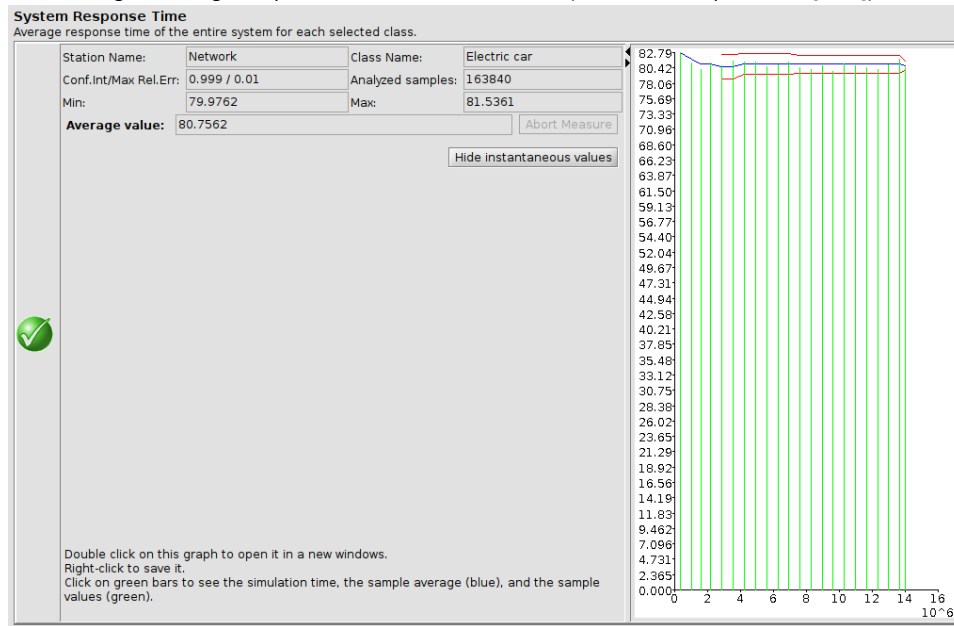


Figura 9: scelgo sempre la terza stazione di ricarica (distribuzione di probabilità [0 0 1])

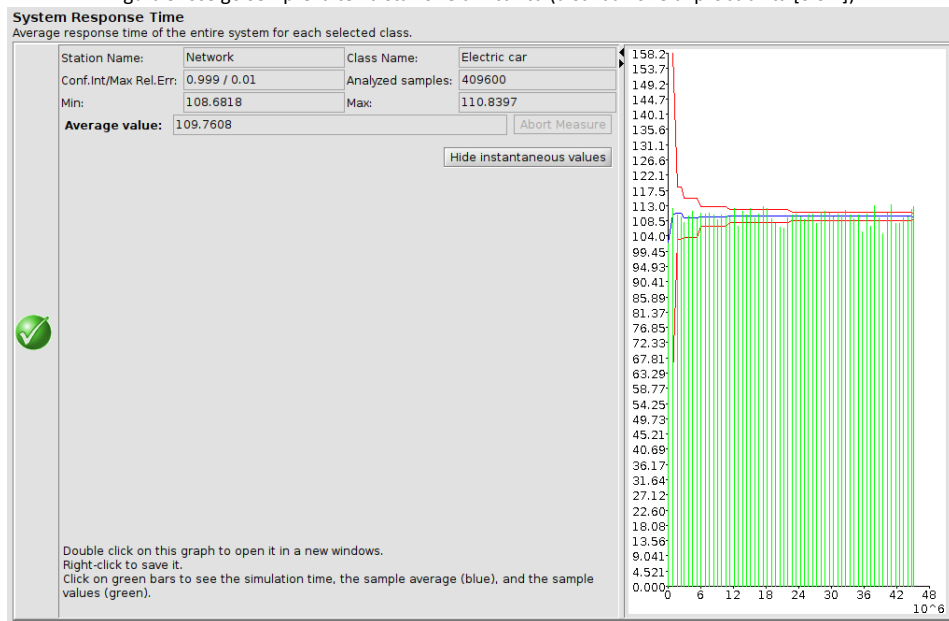


Figura 10: scelgo con la stessa probabilità di un terzo una fra le stazioni (distribuzione di probabilità [1/3 1/3 1/3])

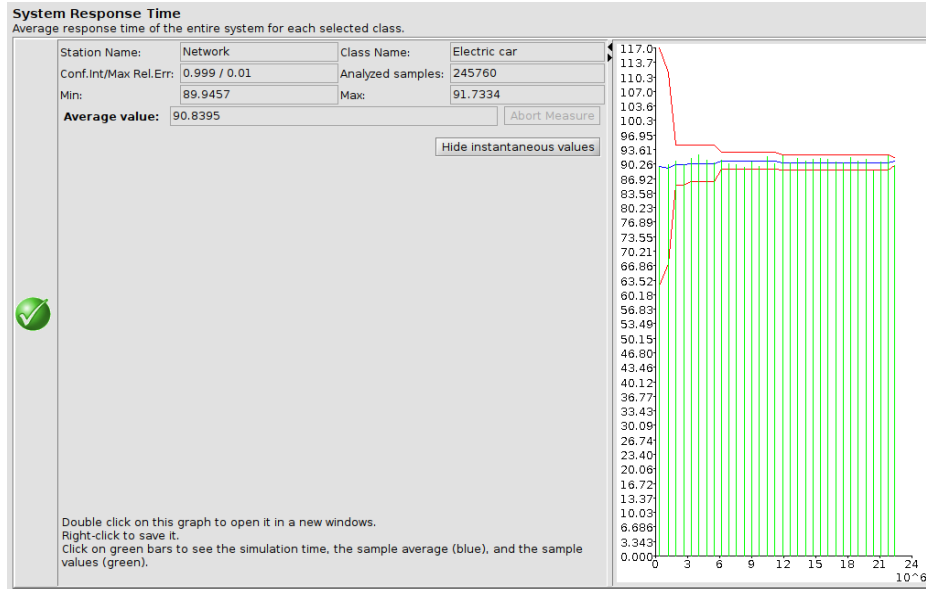


Figura 11: distribuzione di probabilità [0.1 0.8 0.1]

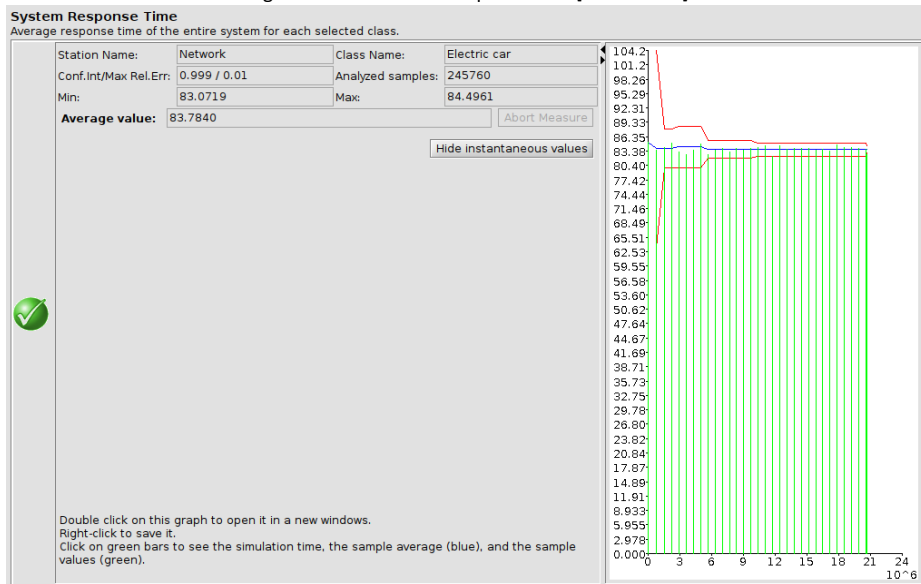


Figura 12: response time delle 3 stazioni di ricarica

