

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA




## PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.  
SACYR S.A.U.  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

<p>IL PROGETTISTA <b>c.s.i.a.</b> Prof. Ing. Lorenzo Domenichini Ordine Ingegneri di Roma N°9585</p> <hr/> <p> Ing. E.Pagani Ordine Ing. Milano n°15408</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE PROJECT MANAGER (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale Ing. G. Fiammenghi</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato Dott. P.Ciucci</p>
--	---	---	--

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

<p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE <i>Tipo di sistema</i> TECNICO <i>Raggruppamento di opere/attività</i> Manuale di esercizio e gestione delle emergenze <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> Generale <i>Titolo del documento</i> Modello di microsimulazione del sistema Ponte</p>	<p>GEV0311_F0</p>
---	-------------------

CODICE	C	G	3	4	0	0	P	E	X	V	G	T	C	M	7	G	0	0	0	0	0	0	0	7	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	31/05/2012	Emissione finale	S. Nourbakhsh	A. Giaccherini	L. Domenichini

NOME DEL FILE: GEV0311\_F0

revisione interna: \_\_



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## INDICE

INDICE .....	3
Il modello di microsimulazione del “sistema Ponte” .....	4
1 Premessa .....	4
2 Obiettivo del documento .....	4
3 Riferimenti .....	5
4 Abbreviazioni .....	5
5 La “consistenza” del modello di simulazione .....	5
6 La caratterizzazione dell’offerta del “sistema Ponte” .....	8
6.1.1 L’estensione territoriale.....	8
6.1.2 La tipologia degli assi stradali .....	10
7 La caratterizzazione della domanda di mobilità.....	17
7.1.1 Le classi veicolari e la composizione della mix di traffico .....	17
7.1.2 La definizione dei livelli di domanda.....	21
8 La caratterizzazione della barriera di esazione .....	22
9 La definizione dei dati di output.....	24

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## Il modello di microsimulazione del “sistema Ponte”

### 1 Premessa

Durante l’elaborazione del Progetto Definitivo (PD) dell’Opera di attraversamento stabile dello Stretto di Messina e dei suoi collegamenti stradali sul versante calabrese e siciliano è stato ritenuto necessario mettere a punto un sistema che consentisse di verificare l’idoneità delle scelte progettuali operate sotto il punto di vista della funzionalità della circolazione stradale e consentisse, allo stesso tempo, di definire e calibrare i sistemi di controllo e di gestione del traffico. La scelta del sistema idoneo a realizzare gli obiettivi di cui sopra, tenuto conto del dettaglio necessario per le analisi da effettuare, è ricaduta su un modello di microsimulazione del traffico veicolare (nello specifico è stato di ausilio il tool AIMSUN NG), in grado di rappresentare l’interazione veicolare a livello di singolo veicolo e di rappresentare altresì la risposta dinamica dei sistemi di gestione e controllo del traffico considerati in progetto. Il modello di microsimulazione doveva consentire di simulare sia condizioni normali di esercizio, sia condizioni di circolazione perturbate per la presenza di attività programmate di manutenzione dell’Opera o per l’accadimento di situazioni di criticità inattese, quali quelle che si generano nel traffico in presenza di incidenti.

### 2 Obiettivo del documento

Il presente documento è funzionale alla descrizione di tutte le attività che si sono rese necessarie per la costruzione del modello, a partire dalla rappresentazione della rete “fisica” fino alla caratterizzazione della domanda di mobilità e delle varie categorie di utenti che andranno a comporre la mix di traffico. La struttura del modello viene mantenuta invariata nelle analisi dei diversi scenari di circolazione (sia in condizioni imperturbate che in caso di emergenza), fatta eccezione per le modifiche di dettaglio che si devono apportare per caratterizzare ciascuno dei suddetti scenari, con particolare riferimento alle strategie di gestione in caso di emergenza.

In ragione di quanto sopra esposto il documento è così strutturato:

- la “consistenza” del modello di simulazione;
- caratterizzazione dell’offerta afferente il “sistema ponte”;
- descrizione della domanda di mobilità nei diversi orizzonti temporali di analisi e caratterizzazione della mix di traffico (categorie veicolari e relativi parametri comportamentali);
- elementi di dettaglio del modello (quali ad esempio la caratterizzazione della barriera di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

esazione);

- definizione degli output che nei vari scenari saranno valutati.

### 3 Riferimenti

- a. Aggiornamento degli studi sui flussi di traffico previsti in relazione alla messa in esercizio del Ponte - Relazione Generale, doc. SDM000-P-RG-D-G-GE-0322-F0 (GE0322);
- b. Risposta alla richiesta Prot. CTVA – 2011 – 0004534 del 22/12/2011 – ID15 – codice elaborato VIAG015;
- c. Analisi della relazioni di mobilità all’interno del Sistema Ponte, doc. CG3400-P-EX-V-G-TC-M7-G0-00-00-00-05-F0 (GEV0310);
- d. Analisi dell’offerta infrastrutturale, doc. CG3400-P-EX-V-G-TC-M7-G0-00-00-00-04-F0 (GEV0309);
- e. Relazione di dimensionamento barriera di esazione, doc. CG0700-P-RG-D-S-SC-P0-G0-00-00-00-02-F0 (SS0945);
- f. Analisi della circolazione nei collegamenti stradali in condizioni di esercizio normali, doc. CG3400-P-EX-V-G-TC-M7-G0-00-00-00-09-F0 (GEV0313).

### 4 Abbreviazioni

LOS:	Livello di Servizio
O/D:	Origine/Destinazione
PD:	Progetto Definitivo
PE:	Progetto Esecutivo
Pk:	Progressiva chilometrica
PMV:	Pannello a Messaggio Variabile
VL:	Veicoli leggeri
VP:	Veicoli pesanti

### 5 La “consistenza” del modello di simulazione

Di seguito si intende descrivere l’approccio metodologico tenuto per la realizzazione del modello. A tal proposito, tralasciando la descrizione di dettaglio dei modelli comportamentali alla base delle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

tecniche di microsimulazione (car-following, gap acceptance, lane changing, per i quali si rimanda alla copiosa letteratura in materia), si precisa quanto segue:

- il processo di messa a punto e calibrazione del modello è stato sviluppato in coerenza con le linee guida a livello internazionale riassunte nel documento della FHWA americana dal titolo *“Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software”* (ed. Luglio 2004). In particolare:
  - si è definita l'estensione della rete da simulare in relazione agli obiettivi del lavoro;
  - sono stati individuati i dati necessari alla costruzione del modello si è verificato successivamente quali fossero disponibili;
  - si è operato un controllo “visivo” preliminare sulla rispondenza della simulazione a quanto atteso dall'analista, verificando eventuali errori nella costruzione del network, nonché anomalie nel comportamento dell'utente (attività che è stata fondamentale soprattutto nella fase di analisi degli scenari di emergenza, dove è stata controllata visivamente la rispondenza delle strategie simulate a quelle realmente pianificate in sede di PD);
  - si sono confrontati i volumi di traffico simulati con quelli previsti dagli studi resi disponibili (rif. a) e b) del § 3).
- in una simulazione di traffico di tipo microscopico il movimento dei veicoli all'interno della rete è condizionato da precise leggi comportamentali, funzione di numerosi parametri che permettono di simulare il comportamento di differenti tipi di veicoli. Questi parametri sono suddivisi in tre gruppi:
  - Caratteristiche dei veicoli (lunghezza, larghezza, massima velocità desiderata, massima accelerazione, decelerazione normale, ecc.). I parametri di questo gruppo sono definiti per ogni categoria veicolare ed è richiesta la definizione del valore medio, della deviazione standard, del massimo e del minimo al fine di caratterizzare in modo diverso ogni veicolo che fa parte di una data categoria.
  - parametri locali (quali ad esempio la velocità limite di ciascuna sezione stradale). Questa categoria raggruppa parametri che determinano il comportamento dei veicoli, ma che sono riferiti alle caratteristiche delle sezioni; in altre parole questi parametri sono applicati localmente, cioè a quei veicoli che si trovano a viaggiare in una sezione con determinate caratteristiche. La definizione di tali parametri nel modello in esame è coerente con l'impostazione del sistema dei collegamenti stradali previsti nei documenti di PD;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- parametri globali (tempo di reazione del guidatore, definizione di coda, ecc.). Questa categoria raggruppa parametri che determinano il comportamento dei veicoli e che sono riferiti all'intera rete.

I dati disponibili alla taratura del modello di calibrazione (citati nel seguito) hanno permesso di determinare solo alcuni dei suddetti parametri e per tutti gli altri sono stati mantenuti i valori preimpostati; successivamente, in fase di calibrazione è stata verificata l'aderenza di tali valori alla specifica realtà analizzata. I parametri adottati sono rispondenti al comportamento standard di un utente tipo autostradale;

- la costruzione del modello di simulazione ha sofferto la mancanza di dati aggiornati e relativi all'area di studio con i quali andare a tarare alcuni elementi caratterizzanti il comportamento veicolare (non sono infatti noti rilievi recenti dai quali poter dedurre distribuzioni di velocità per tipologia veicolare) e con i quali "pesare" gli effetti sul traffico indotti dalla presenza dei nodi di immissione/diversione presenti lungo il tracciato simulato. Tali elementi si andranno comunque ad aggiornare con opportune campagne di indagine da prevedere in sede di progetto esecutivo;
- in considerazione di quanto espresso al punto precedente il modello è stato calibrato sulla base di esperienze ed indagini condotte in contesti simili, tra le quali si citano:
  - modello di simulazione sviluppato per lo studio di sicurezza afferente l'ammodernamento dell'autostrada A1 "Variante di Valico" (studio condotto da TSS – Spagna)
  - rilievi di traffico effettuati nell'anno 2000 sulla tratta autostradale Gioia Tauro – Scilla. Tale dato è coerente con la messa a punto del modello del "Sistema Ponte" in quanto i rilievi citati sono stati eseguiti in un momento antecedente agli attuali lavori sulla tratta e quindi non riportano le perturbazioni sul traffico che si possono rilevare oggi;
  - rilievi di velocità effettuati nell'anno 2004 sull'autostrada A3 alle chilometriche 398+100 in direzione Nord e 397+200 in direzione Sud. Anche in questo caso i rilievi citati sono stati eseguiti in un momento antecedente agli attuali lavori sulla tratta e quindi non riportano le perturbazioni sul traffico che si possono rilevare ad oggi;
  - flussi di traffico forniti dal Committente e descritti nei documenti in Rif. a), b) e c) del §3;
- in assenza di dati sperimentali (come sopra citato), ad ulteriore conferma dei risultati offerti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

dal modello, si sono confrontati detti risultati con quelli derivanti dall'applicazione di altri strumenti di valutazione della qualità delle condizioni di circolazione. In particolare si è fatto riferimento al modello HCM 2000, che, in tutte le verifiche effettuate ha fornito risultati del tutto coerenti con le indicazioni desunte dal modello (v. ad esempio quanto riportato nei documenti CG3400 P EX V G TC 00 G0 00 00 00 01 F0 nonché CG3400 P RG V G TC 00 G0 00 00 00 08 F0 riguardanti le verifiche funzionali delle zone di scambio, diversione ed immissione).

- i risultati del modello di simulazione come sopra descritto sono inoltre stati validati comparando i risultati afferenti la funzionalità del sistema di esazione. Quanto emerge dal modello qui descritto è in linea con le analoghe valutazioni sviluppate nel documento in Rif. e) "Relazione di dimensionamento barriera di esazione, doc CG0700-P-RR-G-D-SS-C-P0-G0-00-00-00-02-A".

## 6 La caratterizzazione dell'offerta del "sistema Ponte"

### 6.1.1 L'estensione territoriale

L'estensione dell'offerta infrastrutturale considerata all'interno del modello è stata definita in funzione della necessità di:

- garantire la "cucitura" con la viabilità oggi esistente, con particolare riferimento agli assi autostradali A20 ed A3 rispettivamente lato Sicilia e lato Calabria;
- comprendere tutta quella viabilità necessaria alla corretta valutazione dei diversi scenari di emergenza che di volta in volta saranno analizzati e descritti su specifico report;

così da consentire l'analisi delle differenti condizioni di esercizio della rete costituente il Sistema Ponte e dell'utenza che la utilizza in termini ad esempio di Livello di Servizio (LOS), velocità medie, tempi di percorrenza per coppia O/D, flussi veicolari, lunghezza delle code, numero di utenti potenzialmente "intrappolati" nel sistema, etc.

In ragione di quanto sopra esposto lo schema di viabilità incluso nel modello micro comprende:

- le rampe di accesso veicolare al ponte lato Calabria;
- A3 Salerno-Reggio Calabria da Scilla a Villa San Giovanni;
- il raccordo di collegamento Ponte- A20 lato Sicilia con l'esclusione dello svincolo di Giostra;
- la strada Panoramica dello Stretto fino a Messina;
- la viabilità di raccordo tra il futuro svincolo di Curcuaci e la Strada Panoramica;

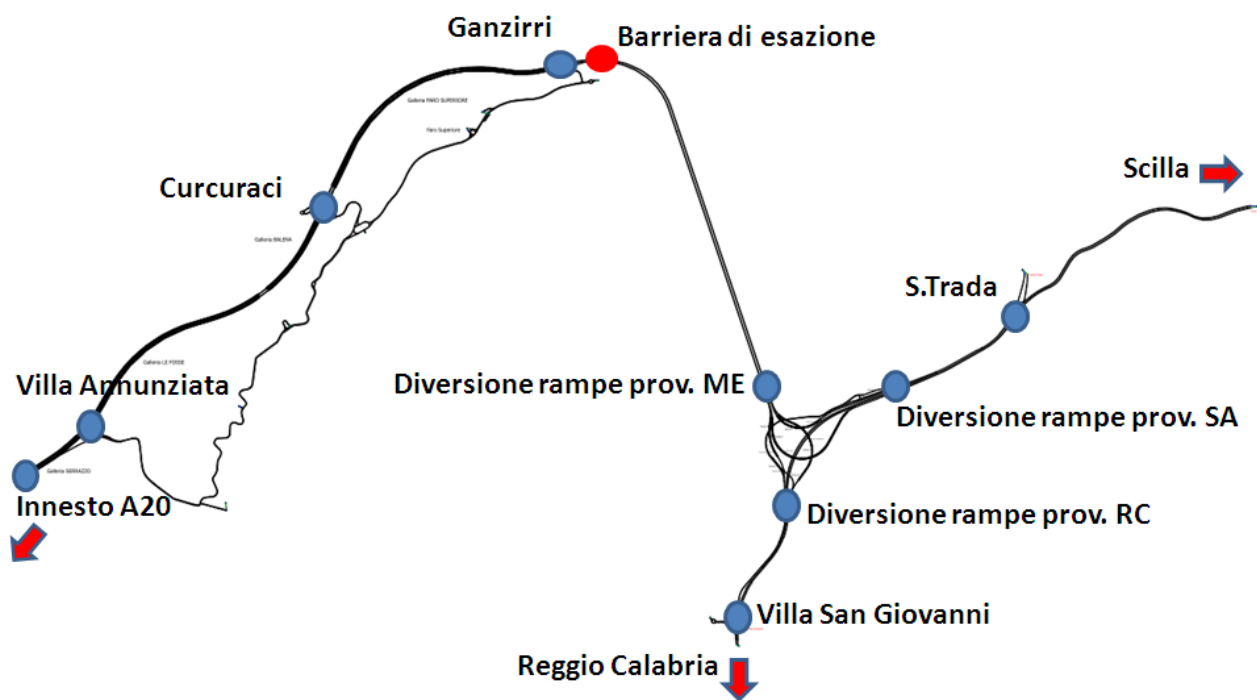


		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- la viabilità di raccordo tra il futuro svincolo di Annunziata e la Strada Panoramica (viale Annunziata);

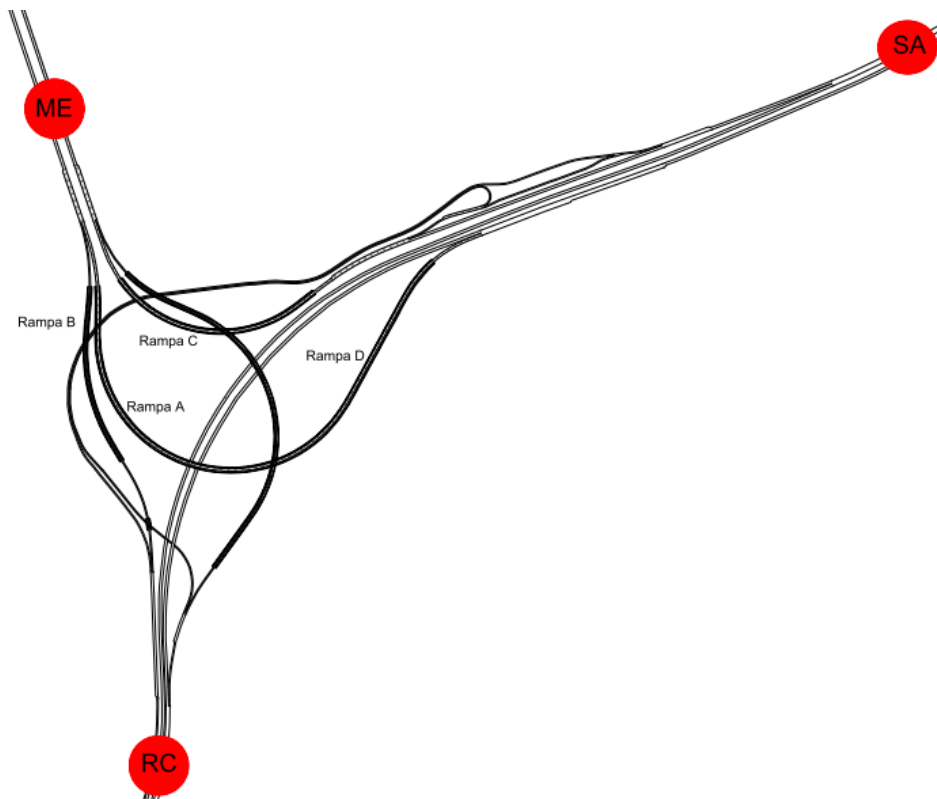
Nelle figure a seguire si riporta in successione la “riproduzione” all’interno del modello di simulazione adottato dell’area di interesse ed un dettaglio del sistema dei collegamenti stradali sul versante calabrese.

Per una descrizione più dettagliata della rete infrastrutturale considerata nello sviluppo del modello di microsimulazione si rinvia al documento in Riferimento d) “Analisi dell’offerta infrastrutturale”.



**Figura 1:** La rete nel modello di simulazione – vista d’insieme

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012



**Figura 2:** La rete nel modello di simulazione – dettaglio del sistema di rampe

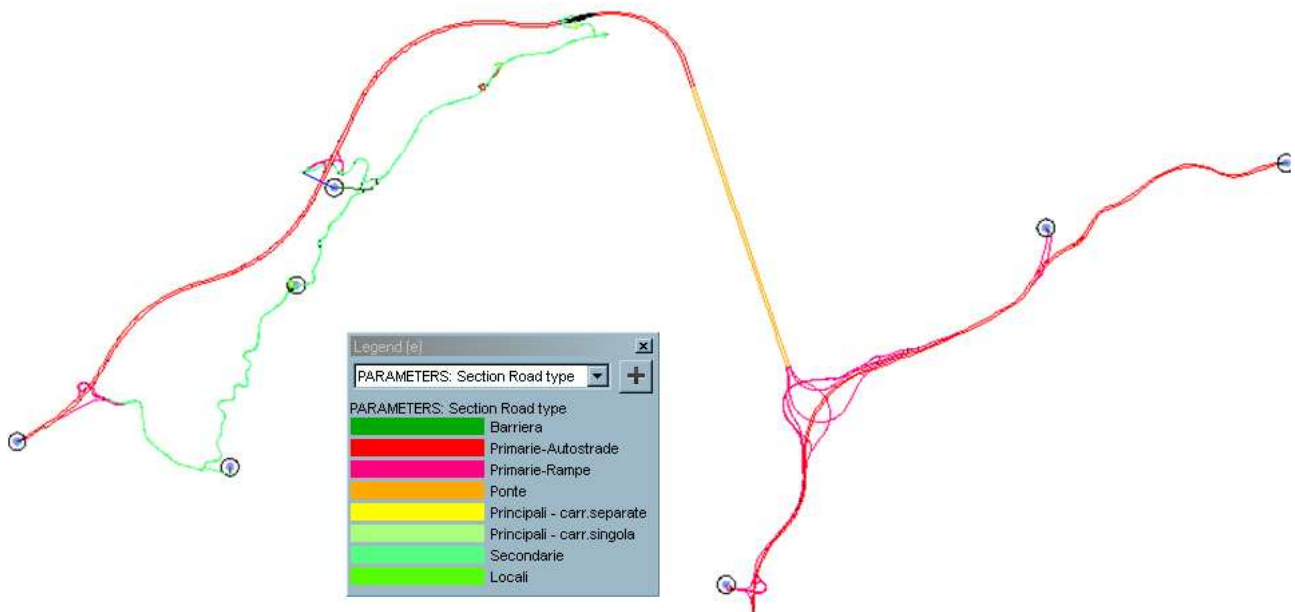
### 6.1.2 La tipologia degli assi stradali

Tenuto conto del livello funzionale di ciascuno degli elementi stradali appartenenti all'area di interesse, nel modello sono state rappresentate le seguenti "classi" stradali:

- Primarie-Autostrade;
- Primarie-Rampe;
- Ponte;
- Principali-carr.separate;
- Principali-carr.singola;
- Secondarie;
- Locali;
- Barriera.

Si precisa che tale distinzione risponde da un lato alla necessità di gerarchizzare la rete in termini strettamente funzionali, dall'altro identificare delle tipologie stradali utili per le elaborazioni che saranno sviluppate a valle delle simulazioni nei differenti scenari di esercizio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	



**Figura 3:** La classificazione della rete viaria nel modello

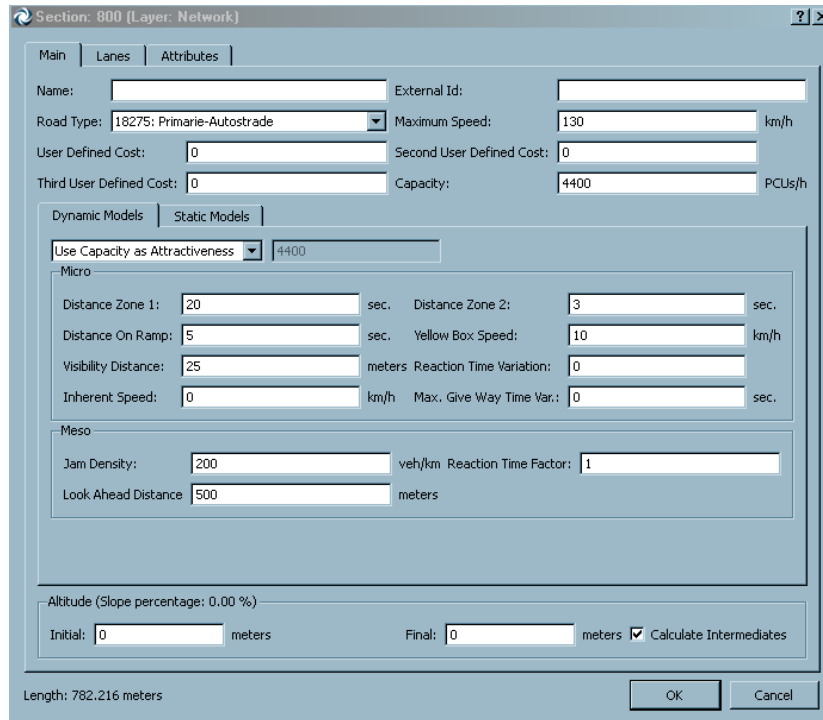
In Figura 3 si riporta lo schema d'insieme.

Ciascuna classe stradale è caratterizzata da una serie di attributi specifici, quali ad esempio:

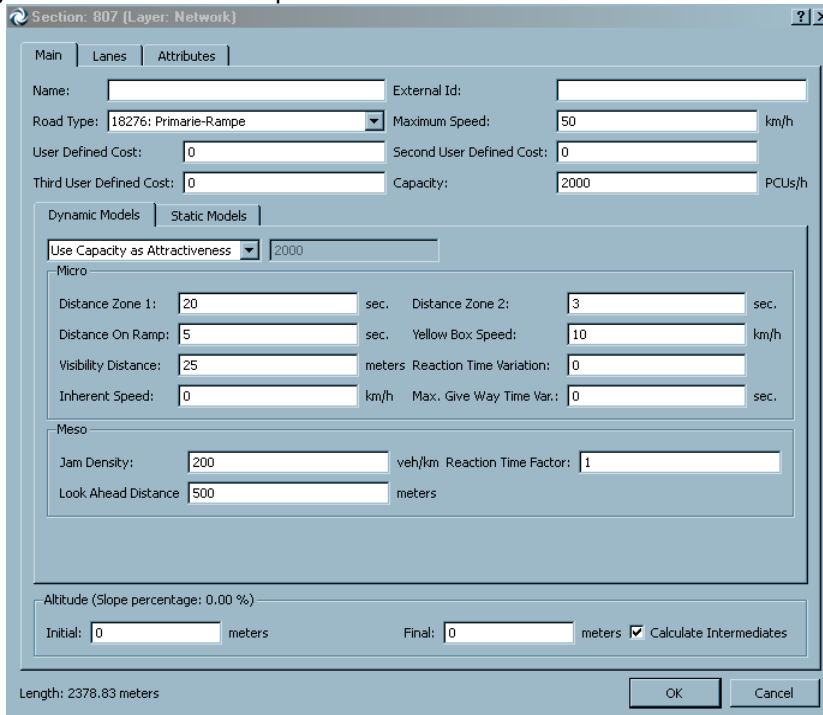
- numero di corsie e larghezza delle stesse;
- capacità complessiva della sezione;
- Velocità di "base" (che potrà essere modificata per ogni singola sezione appartenente alla stessa classe);
- velocità massima;
- caratteristiche altimetriche (non considerate nel modello in oggetto)
- parametri specifici utilizzati nei modelli teorici descritti nel paragrafo precedente

Nelle figure a seguire si riportano le caratteristiche di base per ciascuna delle classi stradali utilizzate nel modello.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

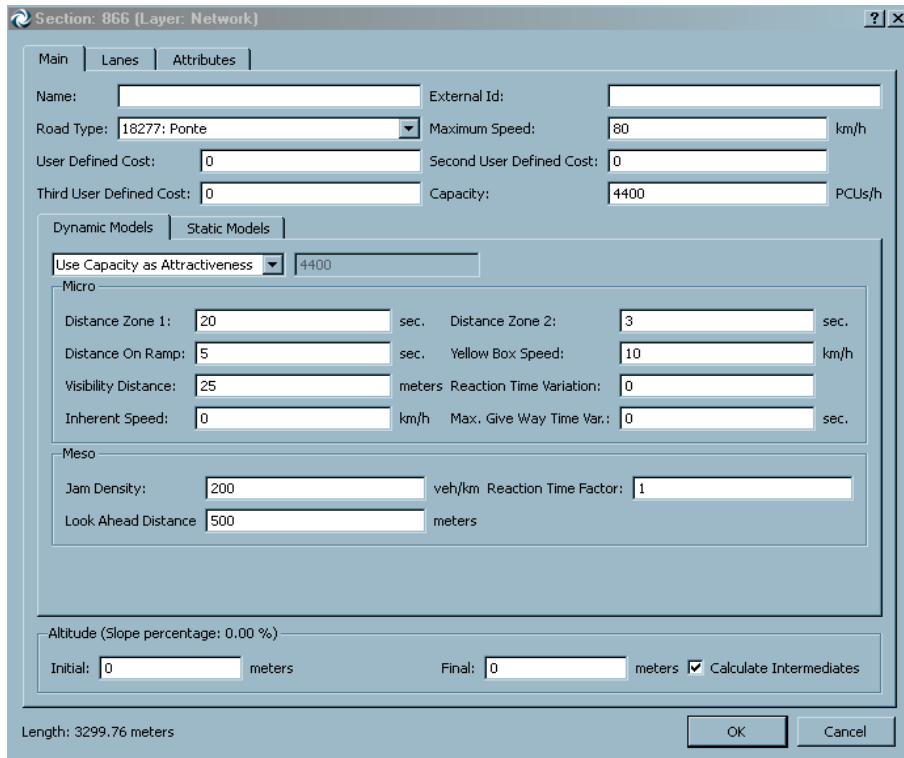


**Figura 4:** Caratteristiche specifiche delle classi stradali – Primarie-Autostrade



**Figura 5:** Caratteristiche specifiche delle classi stradali – Primarie-Rampe

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012



**Section: 866 (Layer: Network)**

Main | Lanes | Attributes

Name: [ ] External Id: [ ]

Road Type: 18277: Ponte Maximum Speed: 80 km/h

User Defined Cost: 0 Second User Defined Cost: 0

Third User Defined Cost: 0 Capacity: 4400 PCUs/h

Dynamic Models | Static Models

Use Capacity as Attractiveness: 4400

**Micro**

Distance Zone 1: 20 sec. Distance Zone 2: 3 sec.

Distance On Ramp: 5 sec. Yellow Box Speed: 10 km/h

Visibility Distance: 25 meters Reaction Time Variation: 0

Inherent Speed: 0 km/h Max. Give Way Time Var.: 0 sec.

**Meso**

Jam Density: 200 veh/km Reaction Time Factor: 1

Look Ahead Distance: 500 meters

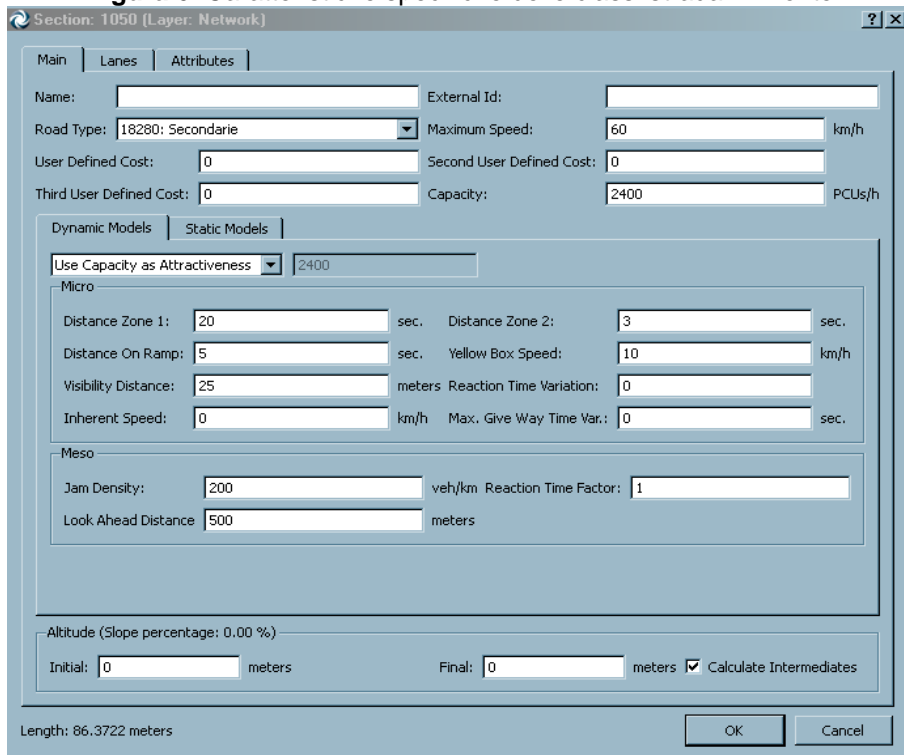
Altitude (Slope percentage: 0.00 %)

Initial: 0 meters Final: 0 meters  Calculate Intermediates

Length: 3299.76 meters

OK Cancel

**Figura 6: Caratteristiche specifiche delle classi stradali – Ponte**



**Section: 1050 (Layer: Network)**

Main | Lanes | Attributes

Name: [ ] External Id: [ ]

Road Type: 18280: Secondarie Maximum Speed: 60 km/h

User Defined Cost: 0 Second User Defined Cost: 0

Third User Defined Cost: 0 Capacity: 2400 PCUs/h

Dynamic Models | Static Models

Use Capacity as Attractiveness: 2400

**Micro**

Distance Zone 1: 20 sec. Distance Zone 2: 3 sec.

Distance On Ramp: 5 sec. Yellow Box Speed: 10 km/h

Visibility Distance: 25 meters Reaction Time Variation: 0

Inherent Speed: 0 km/h Max. Give Way Time Var.: 0 sec.

**Meso**

Jam Density: 200 veh/km Reaction Time Factor: 1

Look Ahead Distance: 500 meters

Altitude (Slope percentage: 0.00 %)

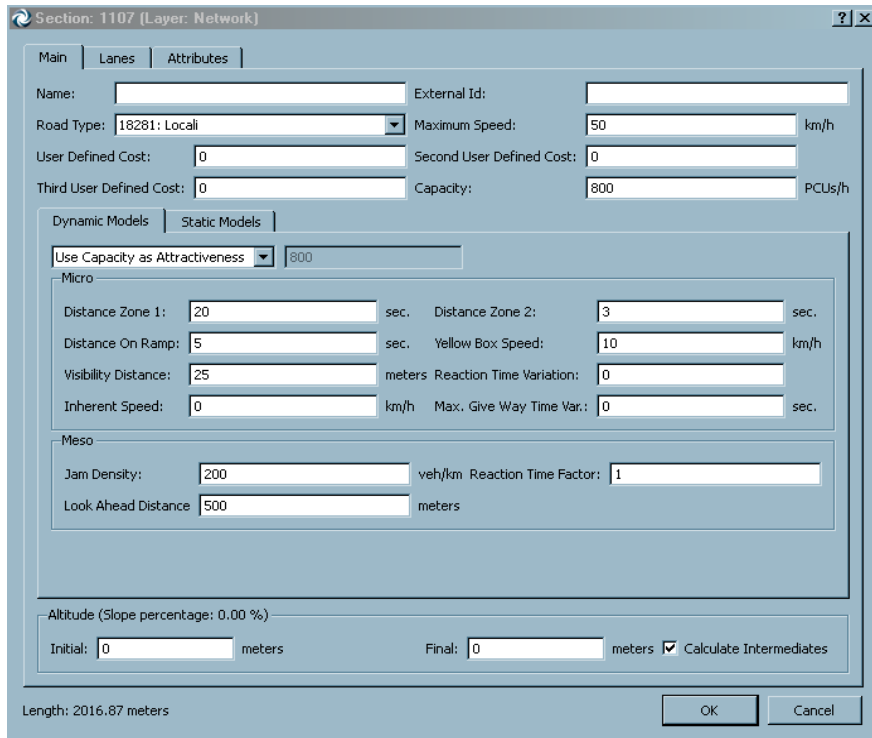
Initial: 0 meters Final: 0 meters  Calculate Intermediates

Length: 86.3722 meters

OK Cancel

**Figura 7: Caratteristiche specifiche delle classi stradali – Secondarie**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012



Section: 1107 [Layer: Network]

Main | Lanes | Attributes

Name: [ ] External Id: [ ]

Road Type: 18281: Locali Maximum Speed: 50 km/h

User Defined Cost: 0 Second User Defined Cost: 0

Third User Defined Cost: 0 Capacity: 800 PCUs/h

Dynamic Models | Static Models

Use Capacity as Attractiveness: 800

Micro

Distance Zone 1: 20 sec. Distance Zone 2: 3 sec.

Distance On Ramp: 5 sec. Yellow Box Speed: 10 km/h

Visibility Distance: 25 meters Reaction Time Variation: 0

Inherent Speed: 0 km/h Max. Give Way Time Var.: 0 sec.

Meso

Jam Density: 200 veh/km Reaction Time Factor: 1

Look Ahead Distance: 500 meters

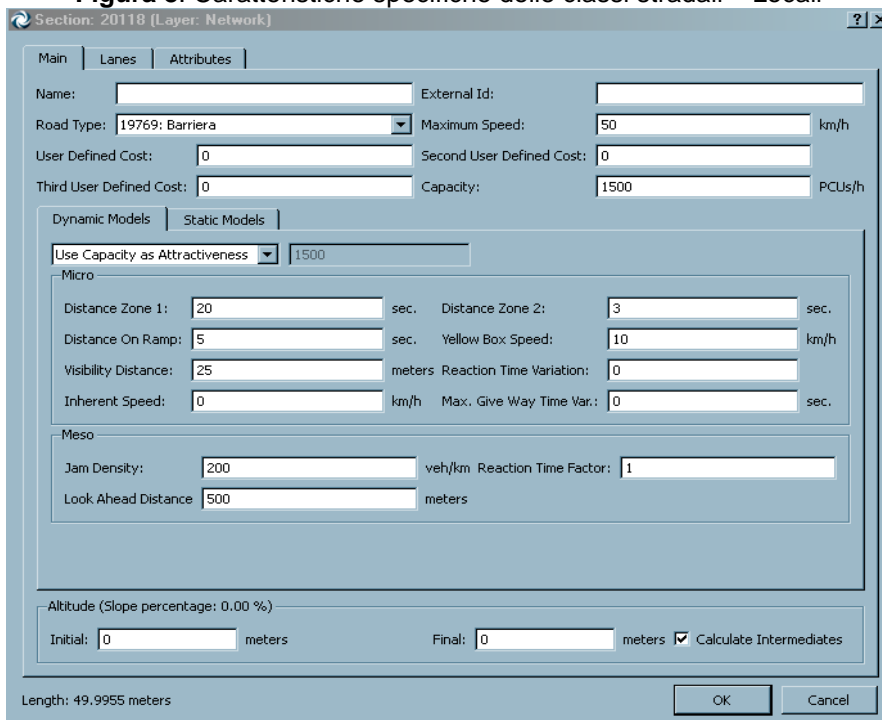
Altitude (Slope percentage: 0.00 %)

Initial: 0 meters Final: 0 meters  Calculate Intermediates

Length: 2016.87 meters

OK Cancel

**Figura 8:** Caratteristiche specifiche delle classi stradali – Locali



Section: 20118 [Layer: Network]

Main | Lanes | Attributes

Name: [ ] External Id: [ ]

Road Type: 19769: Barriera Maximum Speed: 50 km/h

User Defined Cost: 0 Second User Defined Cost: 0

Third User Defined Cost: 0 Capacity: 1500 PCUs/h

Dynamic Models | Static Models

Use Capacity as Attractiveness: 1500

Micro

Distance Zone 1: 20 sec. Distance Zone 2: 3 sec.

Distance On Ramp: 5 sec. Yellow Box Speed: 10 km/h

Visibility Distance: 25 meters Reaction Time Variation: 0

Inherent Speed: 0 km/h Max. Give Way Time Var.: 0 sec.

Meso

Jam Density: 200 veh/km Reaction Time Factor: 1

Look Ahead Distance: 500 meters

Altitude (Slope percentage: 0.00 %)

Initial: 0 meters Final: 0 meters  Calculate Intermediates

Length: 49.9955 meters

OK Cancel

**Figura 9:** Caratteristiche specifiche delle classi stradali – Barriera

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Successivamente, a ciascun arco del sistema, è stata associata la sua velocità limite: tale velocità può differire (fondamentalmente per ragioni di sicurezza) da quella di base definita nelle caratteristiche proprie di ogni singola tipologia stradale riportata nelle figure precedenti.

Nella tabella a seguire si riportano i limiti di velocità considerati nello sviluppo del modello per ciascun elemento del sistema.

**Tabella 1: Classificazione del sistema in base alla velocità limite**

	Pk In.	Pk Fin.	Limite di velocità	Presenza TUTOR	Lunghezza [m]	Descrizione tratta
ASSE SICILIA - Direzione Reggio Calabria			80	SI	3300	Ponte sullo Stretto
(*)	0	1.881	80		1.881	
	1.881	1.881			0	Barr. Esazione
	1.881	2.139	60		258	Barr. Esazione
	2.139	2.281	60		142	Galleria Faro Superiore
	2.281	2.681	80		400	Galleria Faro Superiore
	2.681	3.081	100		400	Galleria Faro Superiore
	3.081	5.219	130		2.138	Galleria Faro Superiore
	5.219	5.560	130		341	Immissione nella Galleria Faro Superiore
	5.560	5.616	130		56	Immissione all'aperto
	5.616	5.842	130		226	Svincolo Curcuraci
	5.842	5930	130		88	Diversione all'aperto
	5.930	6109	130		179	Diversione nella Galleria Balena
	6.109	7.140	130		1.031	Galleria Balena
	7.140	7.291	130		151	
	7.291	9.700	130		2.409	Galleria Le Fosse
	9.700	9.794	100		94	Galleria Le Fosse
	9.794	10.009	100		215	Immissione nella Galleria Le Fosse
	10.009	10.039	100		30	Svincolo Annunziata nella Galleria Le Fosse
	10.039	10.295	100		256	Svincolo Annunziata
	10.295	10.700	100		405	Galleria Serrazzo
	10.700	10.855	100		155	Diversione nella Galleria Serrazzo
	10.855	11.328	100		473	Galleria Serrazzo

Modello di microsimulazione del sistema Ponte

Codice documento  
GEV0311\_F0

Rev  
F0

Data  
31/05/2012

	Pk In.	Pk Fin.	Limite di velocità	Presenza TUTOR	Lunghezza [m]	Descrizione tratta
ASSE SICILIA - Direzione Messina (*)			80	SI	3.300	Ponte sullo Stretto
	0	1.525	80		1.525	
	1.525	1.925	60		400	
	1.925	1.925			0	Barr. Esazione
	1.925	2.183	130		258	Barr. Esazione
	2.183	5.560	130		3.377	Galleria Faro Superiore
	5.560	5.626	130		66	Diversione nella Galleria Faro Superiore
	5.626	5.827	130		201	Diversione all'aperto
	5.827	6.041	130		214	Svincolo Curcuraci
	6.041	6.053	130		12	Svincolo di Curcuraci nella Galleria Balena
	6.053	6.459	130		406	Immissione nella Galleria Balena
	6.459	7.207	130		748	Galleria Balena
	7.207	7.329	130		122	
	7.329	8.975	130		1.646	Galleria Le Fosse
	8.975	9.375	130		400	Galleria Le Fosse
	9.375	9.775	110		400	Galleria Le Fosse
	9.775	10.045	100		270	Galleria Le Fosse
	8.975	10.131	100		1.156	Diversione nella Galleria Le Fosse
	10.131	10.216	100		85	Diversione all'aperto
	10.216	10.377	100		161	Svincolo Annunziata
10.377	10.422	100		45	Galleria Serrazzo	
10.422	10.639	100		217	Immissione nella Galleria Serrazzo	
10.639	11.246	100		607	Galleria Serrazzo	
11.246	11.385	100		139		

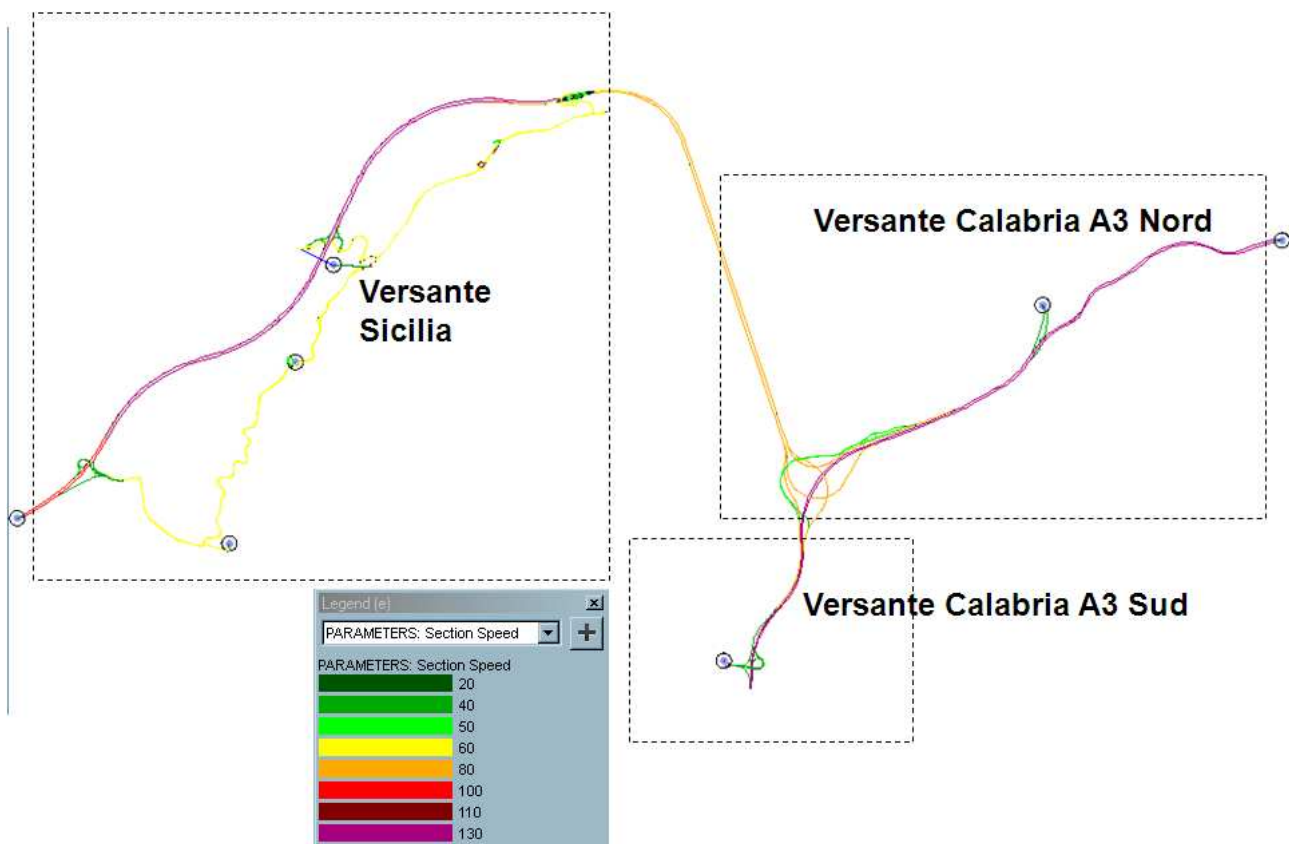
	Pk In.	Pk Fin.	Limite di velocità	Presenza TUTOR	Lunghezza [m]	Descrizione tratta
ASSE CALABRIA - Rampa A (**)	0	208	80	SI	208	
	208	369	80	SI	161	Diversione all'aperto della Rampa B
	369	558	80	SI	189	
	558	2.178	80	SI	1.620	Galleria Piaie
	2.178	2.337	80		159	
	2.337	2.890	130		553	Corsia spec. immissione
ASSE CALABRIA - Rampa B (***)	Pk In.	Pk Fin.	Limite di velocità	Presenza TUTOR	Lunghezza [m]	Descrizione tratta
	0	161	80	SI	161	Diversione all'aperto dalla Rampa A
	161	272	80	SI	111	
	272	793	80	SI	521	Galleria Pian di Lastrico
	793	967	80		174	
	967	1.010	80		43	Galleria Polistena
	1.010	1.054	80		44	
	1.054	1.129	80		75	
	1.129	1.487	80		358	Immissione della Rampa L dal CD
	1.487	1.876	80		389	
	1.876	2.270	80		394	zona di scambio con A3
2.270	2.307	80		37		
2.307	2.662	130		355	Immissione all'aperto sulla A3	

	Pk In.	Pk Fin.	Limite di velocità	Presenza TUTOR	Lunghezza [m]	Descrizione tratta
ASSE CALABRIA - Rampa C (**)	0	208	80	SI	208	
	208	372	80	SI	164	Immissione della Rampa D
	372	559	80	SI	187	
	559	1.193	80	SI	634	Galleria Minasi
	1.193	1.254	80	SI	61	
	1.254	1.500	80	SI	246	Immissione della Rampa ... dal CD e dalla ASC Nord
	1.500	2.263	80	SI	763	
	2.263	2.419	80	SI	156	Diversione della Rampa F verso CD e ASC Nord
	2.419	2.573	80	SI	154	
	2.573	3.449	80		876	Diversione da A3



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

	Pk In.	Pk Fin.	Limite di velocità	Presenza TUTOR	Lunghezza [m]	Descrizione tratta
ASSE CALABRIA - Rampa D (****)	0	164	80	SI	164	Immissione nella Rampa C
	164	270	80	SI	106	
	270	1.367	80	SI	1.097	Galleria Campanella
	1.367	1.792	80	SI	425	
	1.792	2.125	80		333	Diversione da A3



**Figura 10:** Rappresentazione grafica della classificazione del sistema in base alla velocità limite

## 7 La caratterizzazione della domanda di mobilità

### 7.1.1 Le classi veicolari e la composizione della mix di traffico

All'interno del modello di microsimulazione sviluppato i concetti di utente (in quanto utilizzatore della strada con certe caratteristiche) e di categoria veicolare sono intimamente legati: nel momento in cui si definiscono precise categorie di utenti (ad esempio distinguere coloro che

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

possiedono il Telepass per il pagamento del pedaggio) si opera definendo una specifica tipologia veicolare appartenente ad esempio alla classe più ampia dei mezzi leggeri o di quella dei mezzi pesanti. In tal senso, nel modello afferente il “sistema ponte” sono distinte tre classi veicolari e tre tipologie per ciascuna di esse, sostanzialmente caratterizzate dal diverso mezzo di pagamento alla barriera di esazione:

- Veicoli leggeri VL
  - o uso Telepass
  - o uso cassa Manuale
  - o uso cassa Automatica
- Veicoli pesanti
  - o uso Telepass
  - o uso cassa Manuale
  - o uso cassa Automatica
- Bus
  - o uso Telepass
  - o uso cassa Manuale
  - o uso cassa Automatica

In termini percentuali la consistenza delle diverse tipologie di utenti è descritta nella tabella seguente (da cui derivano 9<sup>1</sup> distinte matrici OD all’interno del modello):

Sistema di esazione	veicoli leggeri	veicoli pesanti e bus
Telepass	80%	90%
Automatica (Viacard o simile)	15%	5%
Manuale	5%	5%

**Tabella 2:** Distribuzione dei veicoli tra i sistemi di pedaggio

Ciascuna classe veicolare (VL, VP, Bus) è descritta attraverso una serie di parametri comportamentali che “lavorano” a livello dei modelli di car following, lane changing e gap acceptance descritti nel paragrafo 4.

Nelle figure a seguire si riportano le specifiche principali utilizzate.

<sup>1</sup> 3 per i veicoli leggeri; 3 per i mezzi pesanti; 3 per i bus. Ciascuna delle 9 matrici è calcolata applicando la percentuale indicata in Tabella 2 alle matrici totali riportate nel paragrafo n 7.1.2

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Vehicle Type: 19948, Name: Auto\_A

Main Classes Articulated 2D Shapes 3D Shapes Experiment Defaults Fuel Pollutants Attributes Instantaneous

Name: Auto\_A External Id:

Name	Mean	Deviation	Min	Max	Units
Length	4	0.5	3.4	4.6	meters
Width	2	0	2	2	meters
Max Desired Speed	110	10	80	150	km/h
Max Acceleration	3	0.2	2.6	3.4	m/s <sup>2</sup>
Normal Deceleration	4	0.25	3.5	4.5	m/s <sup>2</sup>
Max Deceleration	6	0.5	5	7	m/s <sup>2</sup>
Speed Acceptance	1.1	0.1	0.9	1.3	
Min Distance Veh	1	0.3	0.5	1.5	meters
Give Way Time	10	2.5	5	15	Secs
Guidance Acceptance	75	10	65	90	%
Sensitivity Factor	1	0	1	1	

After overtaking stay on fast lane:  %      Equipped Vehicles:  %

Undertaking cases:  %      Cruising Tolerance:  m/s<sup>2</sup>

Imprudent Lane Changing cases:  %      PCUs:

Sensitivity for Imprudent Lane Changing:       Max. Capacity:  Length Multiplying Factor

OK Cancel

**Figura 11:** Le caratteristiche della classe "Auto" - VL

Vehicle Type: 19954, Name: Pesanti\_A

Main Classes Articulated 2D Shapes 3D Shapes Experiment Defaults Fuel Pollutants Attributes Instantaneous

Name: Pesanti\_A External Id:

Name	Mean	Deviation	Min	Max	Units
Length	12	3	6	15	meters
Width	2.3	0.5	1.9	3	meters
Max Desired Speed	85	10	70	100	km/h
Max Acceleration	1	0.5	0.6	1.8	m/s <sup>2</sup>
Normal Deceleration	3.5	1	2.5	4.8	m/s <sup>2</sup>
Max Deceleration	5	0.5	4	6	m/s <sup>2</sup>
Speed Acceptance	1	0	1	1	
Min Distance Veh	1.5	0.5	1	2.5	meters
Give Way Time	50	20	30	80	Secs
Guidance Acceptance	80	10	70	90	%
Sensitivity Factor	1	0	1	1	

After overtaking stay on fast lane:  %      Equipped Vehicles:  %

Undertaking cases:  %      Cruising Tolerance:  m/s<sup>2</sup>

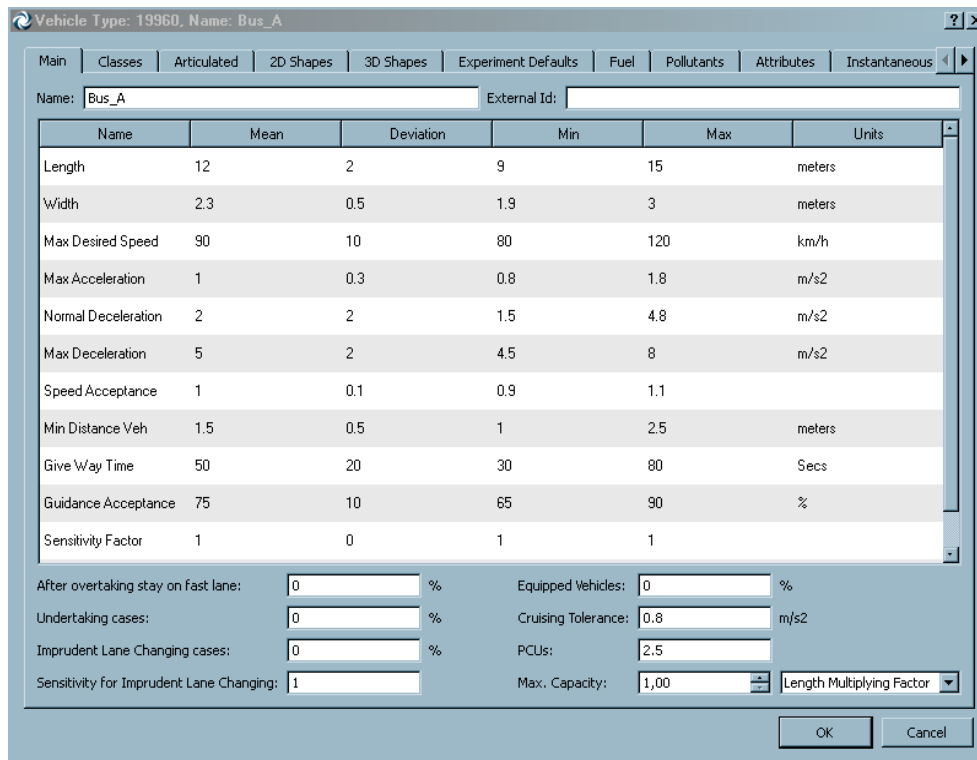
Imprudent Lane Changing cases:  %      PCUs:

Sensitivity for Imprudent Lane Changing:       Max. Capacity:  Length Multiplying Factor

OK Cancel

**Figura 12:** Le caratteristiche della classe "Pesanti" - VP

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012



Name	Mean	Deviation	Min	Max	Units
Length	12	2	9	15	meters
Width	2.3	0.5	1.9	3	meters
Max Desired Speed	90	10	80	120	km/h
Max Acceleration	1	0.3	0.8	1.8	m/s <sup>2</sup>
Normal Deceleration	2	2	1.5	4.8	m/s <sup>2</sup>
Max Deceleration	5	2	4.5	8	m/s <sup>2</sup>
Speed Acceptance	1	0.1	0.9	1.1	
Min Distance Veh	1.5	0.5	1	2.5	meters
Give Way Time	50	20	30	80	Secs
Guidance Acceptance	75	10	65	90	%
Sensitivity Factor	1	0	1	1	

After overtaking stay on fast lane:  %  
 Undertaking cases:  %  
 Imprudent Lane Changing cases:  %  
 Sensitivity for Imprudent Lane Changing:

Equipped Vehicles:  %  
 Cruising Tolerance:  m/s<sup>2</sup>  
 PCUs:   
 Max. Capacity:  Length Multiplying Factor:

**Figura 13:** Le caratteristiche della classe “BUS”

Ciascun attributo caratterizzante le tre classi di veicoli è descritto in termini probabilistici, fornendo nell'ordine il valor medio, la deviazione standard, il minimo ed il massimo di una corrispondente distribuzione normale: in tal modo è assicurata durante la simulazione la variabilità dei mezzi che nella realtà si possono succedere pur appartenendo alla stessa classe (ad esempio VL).

Tra i principali parametri sono stati definiti (tenuto conto di quanto già descritto nel paragrafo 5):

- Length: lunghezza del tipo di veicolo (m);
- Width: larghezza del tipo di veicolo (m);
- Max Desired Speed: velocità massima di viaggio del tipo di veicolo nella rete (km/h);
- Max Acceleration: accelerazione massima che il veicolo può raggiungere in qualsiasi circostanza (m/s<sup>2</sup>);
- Normal Deceleration: massima decelerazione di cui il veicolo può usufruire in circostanza normali (m/s<sup>2</sup>);
- Max Deceleration: massima forza frenante che un veicolo può applicare in circostanze particolari, ad esempio una frenata di emergenza;
- Speed Acceptance:  $q \geq 0$ ; parametro che misura l'aggressività dell'utente nel rispettare o meno i limiti di velocità imposti.  $q \geq 1$  vuol dire che il veicolo adotterà come velocità

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

massima per la sezione una velocità maggiore del limite di velocità;  $q \leq 1$  indica che il veicolo assumerà una velocità inferiore al limite;

- Min Distance Veh: distanza che ogni veicolo tiene col veicolo precedente quando si ferma (m);
- Give Way Time: tempo di attesa agli “stop” o “dare precedenza” oltre il quale il comportamento dell’utente diventa aggressivo e riduce i margini di accettazione (forzando ad esempio le manovre di immissione). È anche il tempo massimo di attesa che il conducente è disposto ad accettare per trovare spazio di inserimento nel cambio corsia prima di rinunciare e proseguire a dritto;
- Guidance Acceptance:  $0 \leq \lambda \leq 1$ ; parametro che indica il livello di confidenza del tipo di veicolo con le indicazioni di guida (ad es. PMV); indica la probabilità che un veicolo segua le raccomandazioni.

### 7.1.2 La definizione dei livelli di domanda

Il modello è “alimentato” con volumi di traffico, espressi in termini di matrice origine-destinazione, derivati dal documento in Riferimento a) “*Analisi della relazioni di mobilità all’interno del Sistema Ponte, doc. CG3400-P-EX-V-G-TC-M7-G0-00-00-00-05-F0*”.

La matrice OD disponibile sulla base degli studi di traffico di cui si relaziona nel citato documento, è di tipo stazionario e si riferisce al traffico nell’ora di punta tipica del giorno feriale medio.

Pur riconoscendo che l’utilizzo di una matrice OD di tal tipo non consente di sfruttare a pieno le potenzialità di un modello di simulazione dinamica, quale quello utilizzato, si è ritenuto comunque idoneo il suo impiego in considerazione delle seguenti specificità del caso in esame, conseguenti particolarmente agli obiettivi che si è inteso perseguire con il modello implementato:

- una segmentazione sub-oraria della matrice OD, che consentirebbe di evidenziare e riprodurre l’emergere di fenomeni di congestione localizzati nello spazio e nel tempo non avrebbe prodotto nel caso specifico in esame, una accuratezza superiore nei risultati ottenuti in quanto la tipologia della rete simulata (tratto autostradale di lunghezza complessiva pari a circa 18 km con 3 svincoli – uno intermedio e due di margine) e con le portate orarie in gioco (che corrispondono ad un livello di servizio non inferiore a un LOS = B) rendono di fatto limitate le interazioni veicolari derivanti da fluttuazioni della domanda, che restano ben lontane dal far emergere fenomeni di congestione localizzata;
- in ragione dell’obiettivo dello studio, gli effetti indotti dalla chiusura di una corsia o dal blocco di

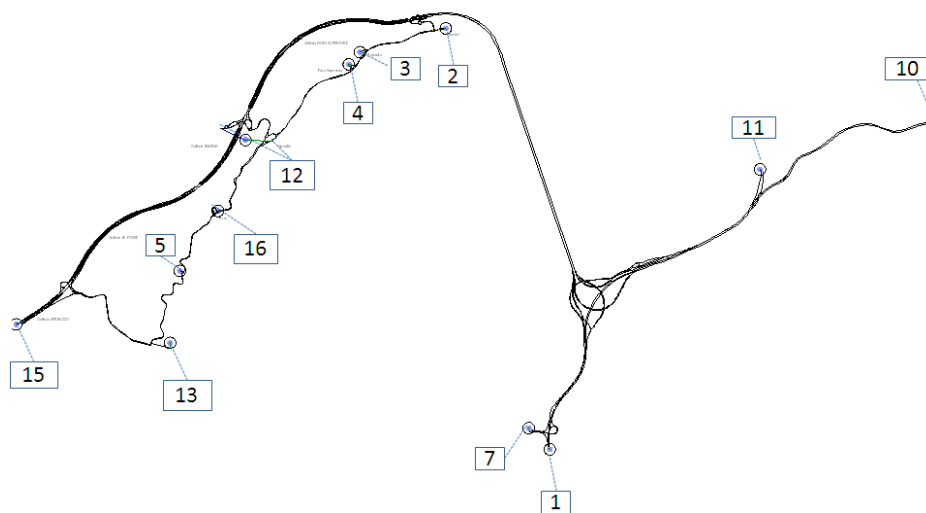
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

una carreggiata per cause esterne sono decisamente più impattanti di quelli indotti dalle dinamiche di moto di plotone veicolare, i cui eventuali effetti risultano del tutto trascurabili nelle simulazioni sviluppate;

- una volta entrati nel sistema simulato, i veicoli non sono chiamati a valutare possibili scelte d'itinerario alternative che potrebbero essere considerate preferibili in presenza di picchi concentrati di traffico; in pratica per ciascuna coppia O/D l'itinerario è unico e predefinito;
- la precisione dei dati di traffico disponibili (v. assenza di dati di svincolo) rende inutile l'eventuale maggiore accuratezza conseguibile con una segmentazione temporale del dato input.

In ogni caso lo strumento di simulazione adottato contiene in sé un algoritmo per l'immissione di veicoli nel sistema che opera con una funzione di tipo esponenziale. L'immissione quindi dei veicoli nel sistema segue una legge di tipo casuale, in grado di rappresentare fenomeni di addensamento – rarefazione nel tempo del traffico che fluisce all'interno del sistema rappresentato.

In Figura 14 si riporta lo schema di rete presente nel modello di simulazione.



**Figura 14:** Il micromodello di simulazione

## 8 La caratterizzazione della barriera di esazione

Per la modellazione della barriera di esazione si è preso a riferimento il documento in Riferimento e) del § 3.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Nello studio citato sono studiati due orizzonti temporali (2018 e 2033) ed è utilizzata una matrice OD dell'ora di punta tipica del giorno festivo medio. I flussi derivanti da questo approccio ai due orizzonti temporali risultano simili a quelli forniti dalla matrice OD fornita da Stretto di Messina SpA, relativa all'ora di punta tipica del giorno feriale medio. Questa osservazione permette di considerare confrontabili le condizioni di calcolo dei due modelli di simulazione e quindi di poter confrontare i risultati con i due strumenti di simulazione (che sono risultati effettivamente in coerenza, come detto nel § 5).

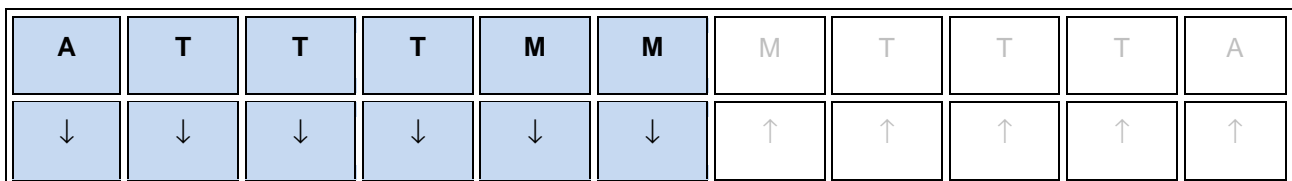
Le ipotesi adottate dallo studio in Riferimento e) e recepite all'interno del modello di microsimulazione sono le seguenti:

- Lunghezza totale del piazzale di esazione: 250m;
- Ripartizione dei flussi (e quindi delle matrici) tra i vari tipi di pedaggio secondo le percentuali di Tabella 3:

Sistema di esazione	veicoli leggeri	veicoli pesanti e bus
Telepass	80%	90%
Automatica (Viacard o simile)	15%	5%
Manuale	5%	5%

**Tabella 3:** Distribuzione dei veicoli tra i sistemi di pedaggio

- 11 piste di esazione con le relative porte ripartite come segue:
  - *Direzione prevalente*



- *Direzione minore*



- Perditempo massimo e minimo alle porte di esazione come Tabella 4:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte		<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Tipo di porta	perditempo min	perditempo max
Telepass	0 (V < 20 km/h)	0 (V < 20 km/h)
Automatica (Viacard o simile)	10 sec	20 sec
Manuale	20 sec	30 sec

**Tabella 4:** Intervalli di perditempo per ogni tipo di barriera

- Velocità massime di percorrenza da Tabella 5:

	veicoli leggeri	veicoli pesanti e bus
piazzale antistante barriera	50 km/h	40 km/h
porte Telepass	20 km/h	15 km/h

**Tabella 5:** Velocità massime in corrispondenza della barriera di esazione

- Capacità delle corsie di pedaggio:
  - Pista Telepass: 1300 veic/h
  - Pista Automatica: 270 veic/h
  - Pista Manuale: 160 veic/h

## 9 La definizione dei dati di output

Con riferimento ai livelli di domanda già descritti, di seguito si relaziona nel merito degli indicatori prestazionali (e relativi metodi di calcolo) assunti a controllo delle condizioni di normale circolazione e per i differenti scenari di emergenza.

I parametri di controllo del “sistema” ponte sono i seguenti:

- normale circolazione
  - peso gravante sul Ponte nel tempo;
  - numero di persone presenti sul Ponte nel tempo;
  - Livello di Servizio (LOS) sul Ponte e nei collegamenti stradali lato Calabria e lato Sicilia nel tempo, espresso in termini di densità equivalente (veicoli equivalenti per km per corsia);
  - Tempi di percorrenza dei veicoli lungo gli itinerari prescelti;
- scenari di emergenza
  - numero di persone presenti nel tempo;
  - Livello di Servizio (LOS) sul Ponte nel tempo, espresso in termini di densità



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Modello di microsimulazione del sistema Ponte	<i>Codice documento</i> GEV0311_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- equivalente (veicoli equivalenti per km per corsia);
- tempo di percorrenza rispetto ai 4 itinerari che si generano dalle 4 rampe di accesso lato Calabria (A-B-C-D) fino alla barriera di esazione
- code che si generano (nel tempo) in corrispondenza delle sezioni di blocco che di volta in volta, a secondo dello scenario esaminato, si andranno ad attivare

Per il calcolo degli indicatori sono assunti i coefficienti riportati in Tabella 6, Tabella 7.

Coefficienti	veicoli leggeri	veicoli pesanti	bus
Coefficiente di riempimento	2	1	28
Coefficiente di equivalenza	1	1,5	1,5

**Tabella 6:** Coefficiente di riempimento (persone/veicolo) per tipologia veicolare

Tipo di veicolo	Autovettura	Autocarri Leggeri (2 assi)			Autocarri Pesanti (3 assi)			Bus/ Autocarri Medi	Autoarticolati e Autotreni	
		C2	C31	C32	C41	C42	C7		C5	C6
Codice classe veicolare	C1	C2	C31	C32	C41	C42	C7	C5	C6	
Lunghezza [m]	< 5	5 – 7,5	7,5 – 8,5	8,5 – 10	8,5 – 10	10 – 12	10 – 12	12 – 15	> 15	
Massa [tonn]	1,5	6	13	13	16	16	13	26	38	
Altezza baricentro [m]	0,53	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,9	1,9	
Carreggiata [m]	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	
% nella mix dei veicoli pesanti	0,0%	13,8%	3,8%	5,3%	5,3%	7,2%	7,2%	21,5%	35,9%	
Categoria veicoli modello	leggeri	pesanti	pesanti	pesanti	pesanti	pesanti	pesanti/bus	pesanti	pesanti	

**Tabella 7:** Caratteristiche tecniche dei veicoli