

**COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE TRA LE CITTÀ DI BRESCIA E DI MILANO**

**CUP E31B05000390007**

**ALLEGATO 1) ALLA RELAZIONE ACCOMPAGNATORIA AL PIANO ECONOMICO-  
FINANZIARIO DEL 22 DICEMBRE 2010**

\* \* \*

**NOTA METODOLOGICA SULLE MODALITÀ DI STIMA DEI VALORI DI  
TRAFFICO E DEGLI INTROITI DEL PEF 2010**

\* \* \*



**BREBEMI SPA**

**NOTA METODOLOGICA SULLE MODALITÀ DI STIMA DEI VALORI DI  
TRAFFICO E DEGLI INTROITI DEL PEF 2010**

**TRT Trasporti e Territorio**

Milano (Italy), giugno 2010





<i>Cliente</i>	Brebemi
<i>Titolo del progetto</i>	Brebemi-2009
<i>Responsabile</i>	RS
<i>Documento</i>	
<i>Data</i>	04/06/2010
<i>File</i>	Nota-PEF 2010.doc
<i>Controllo qualità</i>	FT
<i>Codice TRT</i>	

Ing. Fabio Torta





## INDICE

1.	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
2	<b>Metodologia e strumenti di analisi.....</b>	<b>2</b>
2.1	La zonizzazione e il grafo .....	2
2.2	La domanda di traffico .....	3
3.	<b>I LIVELLI DI TRAFFICO NELLA SITUAZIONE FUTURA.....</b>	<b>4</b>
3.1	Le variabili trasportistiche considerate .....	4
	I tassi di crescita adottati .....	4
	L'espansione dall'ora di punta al giorno .....	4
	Gli altri parametri trasportistici .....	4
3.2	I livelli di traffico attesi nello scenario di progetto: Brebemi a 3 corsie...5	5



## 1. INTRODUZIONE

La presente nota è sviluppata sulla base dei risultati dello studio di traffico effettuato per il progetto definitivo 2009 a sua volta derivante dalla "Richiesta di integrazione per la procedura VIA" della Commissione Speciale di Valutazione dell'Impatto Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (rif. n. CSVIA/2004/0001209 del 29/7/2004).

I dati di traffico utilizzati per redigere l'aggiornamento del PEF di Brebemi derivano dall'applicazione del modello MEPLAN di simulazione del traffico sviluppato ed aggiornato nel corso dei numerosi studi eseguiti durante le diverse fasi di progettazione e durante le procedure di approvazione e di confronto con gli enti centrali e locali.

Il modello attualmente in uso rappresenta un'evoluzione aggiornata del modello costruito in precedenza, a partire dagli studi di prefattibilità (1996-1997), e alla presentazione del progetto preliminare al Ministero come proposta di project financing (2001), che ha rappresentato la base di gara.

Nello specifico, il modello di traffico messo a punto nell'occasione è un'integrazione dello stesso modello utilizzato per il progetto preliminare del collegamento autostradale Brescia - Milano, avendo recepito i risultati dell'indagine O/D regionale della Lombardia dell'anno 2002<sup>1</sup> e le previsioni di realizzazione delle opere infrastrutturali regionali (TEM, Pedemontana Lombarda, ecc.) come pure richiesto dalla Commissione Speciale di Valutazione dell'Impatto Ambientale (CS VIA).

Per quanto riguarda il traffico merci, fu a suo tempo completata la revisione delle stime alla luce dei risultati e delle analisi effettuate nel 2004, relative alle dimensioni ed alle caratteristiche del trasporto delle merci nell'area di studio (Brescia-Bergamo-Milano).

Nel corso degli anni sono stati inoltre effettuati conteggi e indagini ad hoc lungo numerose sezioni stradali e autostradali.

La nota è stata prodotta a valle degli incrementi tariffari concordati con il soggetto concedente Cal con il fine di poter riequilibrare il PEF (tariffa dei veicoli leggeri pari a 0,10322 euro/km e dei veicoli pesanti pari a 0,18353) attraverso la modifica di alcuni parametri trasportistici del modello di previsione di traffico come presentati di seguito.

---

<sup>1</sup> Tali matrici sono il risultato di una indagine campionaria realizzata da TRT insieme a NielsenCRA e CapGeminiErnst&Young per conto della Regione Lombardia nel corso del 2002.



## 2 METODOLOGIA E STRUMENTI DI ANALISI

Le stime di traffico sono state effettuate con il modello MEPLAN, modello di assegnazione tradizionale del tipo ad equilibrio stocastico, in cui l'offerta di trasporto è implementata attraverso un grafo orientato al quale sono assegnate le caratteristiche geometrico-prestazionali (velocità in condizioni di libero deflusso, capacità teorica, curve di deflusso, ecc.) e la domanda è costituita dalle matrici origine destinazione suddivise per classi veicolari.

L'algoritmo di assegnazione è ad equilibrio stocastico SUE (Stochastic User Equilibrium) e fa riferimento alla teoria dell'utilità casuale. Nella singola iterazione l'algoritmo SUE assegna i flussi secondo una ripartizione probabilistica tra tutti i percorsi possibili per ciascuna coppia origine/destinazione. In particolare l'algoritmo SUE implementato in MEPLAN fa uso del metodo delle medie successive MSA (Method of Successive Averages) per la definizione dell'ampiezza degli aggiustamenti con cui evolve il processo iterativo fino alla convergenza.

I metodi di assegnazione di equilibrio dell'utente calcolano i flussi sulla rete che rendono minimi i costi generalizzati percepiti da ciascun utente e al tempo stesso assicurano il rispetto dei vincoli di capacità degli archi. Il metodo SUE garantisce una più realistica rappresentazione della realtà: grazie ai principi dell'utilità casuale simula l'effetto di dispersione dei flussi lungo i diversi percorsi dovuto alla differenza nella percezione dei costi da parte di ciascun conducente dei veicoli.

Il modulo di trasporto ricerca l'equilibrio nella simulazione della scelta del percorso: ad equilibrio raggiunto, teoricamente nessun singolo utente può trovare conveniente modificare la propria scelta di modo e/o di percorso senza peggiorare la propria condizione.

### 2.1 La zonizzazione e il grafo

La zonizzazione è costituita da 418 zone:

- Milano e Brescia sono costituite rispettivamente di 4 e 5 sottozone (cfr figure seguenti). La suddivisione in sottozone nasce dall'esigenza di meglio rappresentare la distribuzione della domanda nelle diverse parti delle città anche in relazione all'utilizzo dell'anello delle tangenziali a Milano e dei caselli e della tangenziale urbana a Brescia. In particolare la suddivisione in sottozone del comune di Brescia è stata possibile ancora prima che fosse disponibile la matrice O/D regionale in quanto nel 2001 si era effettuata un'indagine o/d sulle principali direttrici in accesso alla città;
- le zone corrispondenti ad un singolo comune sono 226 e sono concentrate principalmente nell'area di studio compresa tra Milano, Bergamo e Brescia (cfr. figura seguente);
- le zone con gruppi da 2 a massimo di 10 comuni (più lontane dall'area di studio) sono 159;
- le zone esterne e le valli sono 24.

Il numero di archi considerati nel modello è di circa 3.200.

La classificazione delle infrastrutture viabilistiche è la seguente:

- a) Autostrade
- b) Strada principale



- c) Strada secondaria
- d) Strada urbana
- e) Svincoli autostradali

## 2.2 La domanda di traffico

Le banche dati utilizzate per la stima della domanda di traffico sono state:

- traffico passeggeri: Indagine O-D Regione Lombardia – Anno 2002;
- traffico merci: Indagini OD e Stated Preference condotte nel 2004 quale ultimo aggiornamento delle indagini e dei conteggi effettuati tra il 1999 ed il 2003 ed utilizzati per la stima della matrice dei veicoli pesanti;
- conteggi di traffico disponibili tra gli anni 2004 e 2008.

Nelle sezioni della viabilità ordinaria sono stati effettuati anche dei conteggi automatici di traffico mentre nelle sezioni autostradali sono stati acquisiti i dati dei passaggi dalle rispettive società concessionarie. Nel 2004 furono anche effettuate indagini Stated Preference. Le indagini sono state rivolte ai mezzi pesanti (classi B 3, 4 e 5), e sono state progettate per verificare le o/d, gli itinerari praticati e la disponibilità a pagare, attraverso tecniche Stated Preference.

Le matrici Origine Destinazione validate a valle della procedura di calibrazione sono state suddivise in veicoli leggeri e pesanti. In particolare i veicoli leggeri sono stati suddivisi in 3 sottomatrici:

- Spostamenti interni alla Lombardia.
- Spostamenti in uscita dalla Lombardia.
- Spostamenti in ingresso in Lombardia.

I veicoli pesanti sono rappresentati da una matrice O/D unica ed è ricostruita attraverso l'utilizzo di un algoritmo automatizzato che prende in considerazione come dato di partenza una quota della matrice dei veicoli leggeri e che ne effettua una correzione ed un completamento mettendo a confronto i dati di traffico misurati sulla rete con la domanda di spostamento tra tutte le coppie origine-destinazione. In pratica, dati un flusso di traffico rilevato sulle sezioni stradali e le possibili relazioni O/D che potenzialmente contribuiscono alla generazione del flusso stesso, la procedura è in grado di ricostruire una matrice origine destinazione minimizzando le differenze tra il dato osservato e quello modellizzato. L'assegnazione dei singoli conteggi alle possibili relazioni O/D, vista la dimensione dell'area di studio ed il numero di percorsi possibili, è effettuata direttamente tramite il modello di simulazione dei trasporti Meplan.

La procedura ha un approccio multiproporzionale, non cerca infatti come le procedure bi o tri-proporzionali di bilanciare la matrice degli spostamenti mantenendo i totali in destinazione della matrice, ma fa delle correzioni successive alle singole celle per riportarsi al valore dei conteggi cercato. Tale tipo di procedura trova il suo fondamento scientifico sulla massimizzazione di una funzione di entropia, che minimizza la possibilità di scarto di ogni singola cella della matrice essendo soggetta ai vincoli dati dai conteggi sui vari archi; ciò che la procedura cerca di riprodurre è quindi la matrice più probabile che soddisfa i vincoli.



### **3. I LIVELLI DI TRAFFICO NELLA SITUAZIONE FUTURA**

#### **3.1 Le variabili trasportistiche considerate**

##### **I tassi di crescita adottati**

Le previsioni sono costruite a partire dai trend evolutivi del territorio interessato dall'infrastruttura analogamente a quanto previsto nelle analisi della Regione. A tal fine l'impianto modellistico esistente è stato confermato con l'utilizzo di due moduli, il primo relativo alla domanda generata localmente attraverso una metodologia di analisi delle attuali condizioni territoriali e di stima del traffico che la nuova infrastruttura è in grado di attivare, grazie alle mutate condizioni di accessibilità dei comuni attraversati, e il secondo relativo alla scelta del modo di trasporto, per poter trattare l'impatto della piena realizzazione della AV/AC ferroviaria.

Le previsioni di crescita del traffico nel tempo sono inoltre costruite sulla base di quanto effettuato dalla Regione Lombardia (tassi di crescita della domanda pari allo 0,9% per i veicoli leggeri e pari al 2,3% per i veicoli pesanti) per definire e mettere a punto le delibere ad hoc con le osservazioni relative alle tre principali infrastrutture programmate in Lombardia: il collegamento autostradale Brescia – Milano, la Pedemontana lombarda e la TEM (tangenziale est esterna di Milano).

Ciò ha consentito di mantenere una coerenza di risultati con la Regione in un ambito territoriale generale che comprende le altre infrastrutture programmate.

##### **L'espansione dall'ora di punta al giorno**

I dati del traffico medio giornaliero sono ricavati dalle simulazioni dell'ora di punta attraverso i coefficienti di espansione pari a 14,29 per i veicoli leggeri (ora di punta 7,0% del giorno) e pari a 13,70 per i veicoli pesanti (ora di punta 7,3% del giorno, che tiene conto che, a fronte di un peso dell'ora di punta inferiore, i veicoli commerciali non circolano sulla rete nei giorni festivi).

Il traffico giornaliero medio è riportato ai valori annuali moltiplicando per 365 giorni.

##### **Gli altri parametri trasportistici**

L'approvazione del progetto da parte del Ministero dell'Ambiente e del CIPE ha comportato l'inserimento di una serie di prescrizioni regionali e della Commissione di VIA in merito al disegno e alle caratteristiche dell'autostrada.

In particolare l'attività di progettazione ha consentito un'ulteriore messa a punto del grafo di rete, introducendo o modificando alcuni archi del progetto (soprattutto della viabilità di scambio con l'autostrada) e della viabilità ordinaria, per tenere conto al meglio di alcune realizzazioni sviluppate nel tempo e aggiornare il quadro programmatico.

Rispetto a quanto svolto nell'ambito delle attività per le integrazioni per la procedura VIA, il modello è stato aggiornato, differenziandosi per i seguenti aspetti e parametri:



- inserimento della cosiddetta “variante di Liscate” di accesso a Milano, che diventa parte integrante del tracciato con tariffazione pari a quella applicata alla Brebemi;
- correzione puntuali del grafo per tenere conto dell’evoluzione effettiva della rete ordinaria;
- le tariffe di tutte le altre concessionarie (base 2008) sono incrementate del +26,5% al 2013 e del +37,5% al 2023 (+10% rispetto alle ipotesi precedentemente adottate nel 2008 che prevedevano +15% al 2013 e +25% al 2023).

Gli incrementi tariffari concordati con il soggetto concedente Cal, con il fine di poter riequilibrare il PEF, hanno suggerito di modificare alcuni parametri del modello di previsione di traffico.

Al fine di raggiungere un ottimo tariffario più alto rispetto ai PEF precedenti, sono stati effettuati diversi test di incremento del valore del tempo, identificando in particolare i seguenti valori in uno scenario di elevata acquisizione di traffico.

Il valore del tempo è crescente nel tempo con incrementi tali da portare la disponibilità a pagare:

- dei veicoli leggeri di breve percorrenza a 7,3 Euro/ora nel 2013 e a 8,0 Euro/ora nel 2023,
- dei veicoli leggeri di lunga percorrenza a 11,7 Euro/ora nel 2013 e a 12,9 Euro/ora nel 2023,
- e dei veicoli commerciali a 13,2 euro/ora nel 2013 e 16,5 Euro/ora nel 2023.

Le previsioni, peraltro, riguardano un periodo di oltre 25 anni, superiore alla durata della concessione. Questo potrebbe consentire di assorbire fenomeni congiunturali attraverso l’alternanza di anni critici, come gli attuali, e anni, ad essi successivi, aventi tassi più elevati di crescita rispetto alla media, mantenendo quindi validi i valori medi indicati, anche sulla base di quanto osservato sull’andamento storico dei dati di traffico autostradale.

Si può considerare anche l’effetto anticiclico di un evento come l’Expo negli anni della sua realizzazione, da oggi al 2015, in particolare in Lombardia, dove è situata l’autostrada.

Ulteriori incrementi tariffari previsti nel corso degli anni e legati al parametro X (previsti essere pari a circa il 2,5-3% annui) non modificheranno sostanzialmente l’assetto del PEF, tenendo conto che il quadro tariffario delle autostrade concorrenti dell’area, sarà aggiornato nei prossimi anni con incrementi dello stesso ordine di grandezza.

### **3.2 I livelli di traffico attesi nello scenario di progetto: Brebemi a 3 corsie**

Per ogni scenario considerato si sono evidenziati i risultati delle simulazioni sia in forma tabellare che in forma grafica per:

- l’anno 2013 entrata in esercizio del nuovo collegamento e avvio del quadro infrastrutturale regionale (realizzazione di TEM, del raccordo Ospitaletto-Montichiari, riqualificazione della Paullese);
- l’anno 2023 – autostrada a regime e piena attuazione degli interventi programmati dalla Regione (Pedemontana ed autostrada Bergamo-Treviglio) e da RFI.

Lo scenario di progetto prevede che la nuova autostrada sia realizzata tutta a 3 corsie tra la SP19 a Brescia e la TEM a Milano.



Nella configurazione di progetto a 3 corsie, l'autostrada, all'apertura, ha un flusso medio pari a circa 38.000 veicoli/giorno con una quota di veicoli pesanti pari al 23% che corrispondono a circa 9.000 veicoli/giorno.

A regime, anno 2023, il TGM diventa pari a 53.000 veicoli/giorno con una quota dei veicoli pesanti pari al 28% che corrispondono a circa 15.000 veicoli/giorno.

L'intero sviluppo a 3 corsie, oltre che dare maggiore attrattività alla nuova infrastruttura, porta un ulteriore beneficio legato al miglioramento dei livelli di servizio, che, a regime, è mediamente pari a B per l'intera autostrada.

La nuova autostrada migliora i livelli di servizio della A4 e della viabilità ordinaria nella direzione est-ovest. La riqualificazione della Cassanese e della Rivoltana, che possono essere percorse gratuitamente, oltre che servire da accesso a Milano per gli utilizzatori della Brescia-Milano, sono in grado di attrarre il traffico locale di breve percorrenza per raggiungere la città e per collegare la tangenziale est attuale con la nuova TEM.

La disponibilità di capacità autostradale libera la viabilità locale da fenomeni di congestione e perciò l'entrata in esercizio delle nuove infrastrutture dovrà essere opportunamente accompagnata da politiche locali di riduzione degli accessi ai centri urbani al traffico di transito, soprattutto di quello pesante, e politiche di controllo per ridurre i fenomeni di by-pass dei tratti autostradali. Inoltre la regolazione ed il controllo delle velocità sulle viabilità locali potrà consentire di aumentare la sicurezza stradale complessiva.

Le tabelle seguenti mostrano i valori di traffico sull'autostrada di progetto all'apertura, anno 2013, ed a regime, anno 2023, in termini di traffico giornaliero medio (TGM).

Dal 2024 e fino al 2033, il TGM medio sulla nuova infrastruttura è stimato fuori modello ipotizzando una crescita costante con tassi pari all'1,5% annuo per i veicoli leggeri e pari all'1,8% per i veicoli pesanti, di conseguenza i veicoli\*km e gli introiti stimati cresceranno con lo stesso trend.

Al 2033 il TGM medio raggiunge circa 62.000 veicoli/giorno con circa 44.000 veicoli leggeri e circa 18.000 veicoli pesanti.

I dati di traffico dell'intera autostrada in concessione, secondo quanto previsto in convenzione, e i relativi introiti, sono riportati nella tabella seguente.



TRT TRASPORTI E TERRITORIO SRL

Tab. 1 Traffico giornaliero medio - veicoli/giorno - Anno 2013

		Leggeri	Pesanti	Totali	Pesanti v. %
Raccordo SP 19	Raccordo sp 16	40.100	8.300	48.400	17
Raccordo SP 16	Raccordo sp 62	36.000	8.800	44.800	20
Raccordo SP 62	Casello di Chiari	29.600	8.700	38.300	23
Casello di Chiari	Casello Calcio / Antegnate	25.300	8.400	33.700	25
Casello Calcio / Antegnate	Casello Fara Oliv./Romano di Lomb.	26.500	9.600	36.100	27
Casello Fara Oliv./Romano di Lomb	Casello Bariano	25.800	9.000	34.800	26
Casello Bariano	Casello Treviglio Est/Caravaggio	25.800	9.600	35.400	27
Casello Treviglio Est/Caravaggio	Casello Treviglio Ovest/Casirate	21.300	8.000	29.300	27
Casello Treviglio Ovest/Casirate	TEM	27.200	9.800	37.000	26
TEM	Svincolo SP 39 Cerca	27.700	5.800	33.500	17
Svincolo SP 39 Cerca	SP 14 Rivoltana	62.500	6.600	69.100	10
	<b>TGM medio</b>	<b>29.600</b>	<b>8.700</b>	<b>38.300</b>	<b>23</b>
	<b>TGM medio con 85% di rump up</b>	<b>25.200</b>	<b>7.400</b>	<b>32.600</b>	<b>23</b>

Fonte: Elaborazioni TRT

Collegamento autostradale Brescia-Milano

Nota accompagnamento al PEF 2010



TRT TRASPORTI E TERRITORIO SRL

Tab. 2 Traffico giornaliero medio – veicoli/giorno - Anno 2023

		Leggeri	Pesanti	Totali	Pesanti v. %
Raccordo SP 19	Raccordo sp 16	47.500	14.300	61.800	23
Raccordo SP 16	Raccordo sp 62	44.100	14.900	59.000	25
Raccordo SP 62	Casello di Chiari	36.000	15.100	51.100	30
Casello di Chiari	Casello Calcio / Antegnate	31.400	14.500	45.900	32
Casello Calcio / Antegnate	Casello Fara Oliv./Romano di Lomb.	34.600	16.600	51.200	32
Casello Fara Oliv./Romano di Lomb	Casello Bariano	33.900	15.800	49.700	32
Casello Bariano	Casello Treviglio Est/Caravaggio	33.600	16.200	49.800	33
Casello Treviglio Est/Caravaggio	Casello Treviglio Ovest/Casirate	28.400	13.000	41.400	31
Casello Treviglio Ovest/Casirate	TEM	42.200	17.200	59.400	29
TEM	Svincolo SP 39 Cerca	34.000	9.000	43.000	21
Svincolo SP 39 Cerca	SP 14 Rivoltana	70.600	9.600	80.200	12
	<b>I GM medio</b>	<b>38.200</b>	<b>14.800</b>	<b>53.000</b>	<b>28</b>

Fonte: Elaborazioni TRT

Collegamento autostradale Brescia-Milano

Nota accompagnamento al PEF 2010



TRT TRASPORTI E TERRITORIO SRL

Tab. 3 Traffico ed introiti per l'autostrada tutta a 3 corsie

	TGM			Traffico (Milioni Veicoli*km/anno)			Introiti (Milioni Euro/anno)		
	leggeri	pesanti	totale	leggeri	pesanti	totale	leggeri	pesanti	totale
2013**	25.200	7.400	32.600	569,78	168,39	738,17	58,8	30,9	89,7
2014**	29.000	8.900	37.900	655,25	201,27	856,52	67,6	36,9	104,6
2015	31.300	10.000	41.300	709,15	225,63	934,78	73,2	41,4	114,6
2016	32.200	10.600	42.800	728,56	239,40	967,96	75,2	43,9	119,1
2017	33.100	11.200	44.300	747,97	253,16	1.001,13	77,2	46,5	123,7
2018	33.900	11.800	45.700	767,38	266,93	1.034,31	79,2	49,0	128,2
2019	34.800	12.400	47.200	786,79	280,69	1.067,48	81,2	51,5	132,7
2020	35.600	13.000	48.600	806,20	294,45	1.100,66	83,2	54,0	137,3
2021	36.500	13.600	50.100	825,61	308,22	1.133,83	85,2	56,6	141,8
2022	37.300	14.200	51.500	845,03	321,98	1.167,01	87,2	59,1	146,3
2023	38.200	14.800	53.000	864,44	335,75	1.200,18	89,2	61,6	150,9
2024	38.800	15.100	53.900	877,40	341,79	1.219,19	90,6	62,7	153,3
2025	39.400	15.400	54.800	890,56	347,94	1.238,51	91,9	63,9	155,8
2026	39.900	15.700	55.600	903,92	354,21	1.258,13	93,3	65,0	158,3
2027	40.500	15.900	56.400	917,48	360,58	1.278,06	94,7	66,2	160,9
2028	41.200	16.200	57.400	931,24	367,07	1.298,32	96,1	67,4	163,5
2029	41.800	16.500	58.300	945,21	373,68	1.318,89	97,6	68,6	166,2
2030	42.400	16.800	59.200	959,39	380,41	1.339,80	99,0	69,8	168,8
2031	43.000	17.100	60.100	973,78	387,25	1.361,04	100,5	71,1	171,6
2032	43.700	17.400	61.100	988,39	394,22	1.382,61	102,0	72,4	174,4
2033	44.300	17.700	62.000	1.003,21	401,32	1.404,53	103,6	73,7	177,2
2034-2064	44.300	17.700	62.000	1.003,21	401,32	1.404,53	103,6	73,7	177,2

\*\*Ramp up 85% primo anno e 95% secondo anno

Collegamento autostradale Brescia-Milano

Nota accompagnamento al PEF 2010