

Giannino Praitoni

Professore Associato, già Docente di *Teoria e Tecnica della Circolazione*

Scuola di Ingegneria ed Architettura

Bologna

**STIMA DEL LIVELLO DI SERVIZIO
DEL “PASSANTE DI MEZZO”**

Arco autostradale complanare di Bologna

Accademia delle Scienze di Bologna

4 giugno 2019

PREMESSA : CONCETTO E MISURA DEL LIVELLO DI SERVIZIO

LOS : Level Of Service secondo HCM 2000 (*)

Misura delle *condizioni operative* di una infrastruttura stradale che sintetizza – con idonee variabili – l'insieme dei vari aspetti oggettivi di circolazione e di funzionamento dell'insieme strada-veicolo, così come vengono percepiti dall'utente: *velocità, tempi di percorrenza, interruzioni e ritardi, libertà di manovra, sicurezza, comfort, economia.*

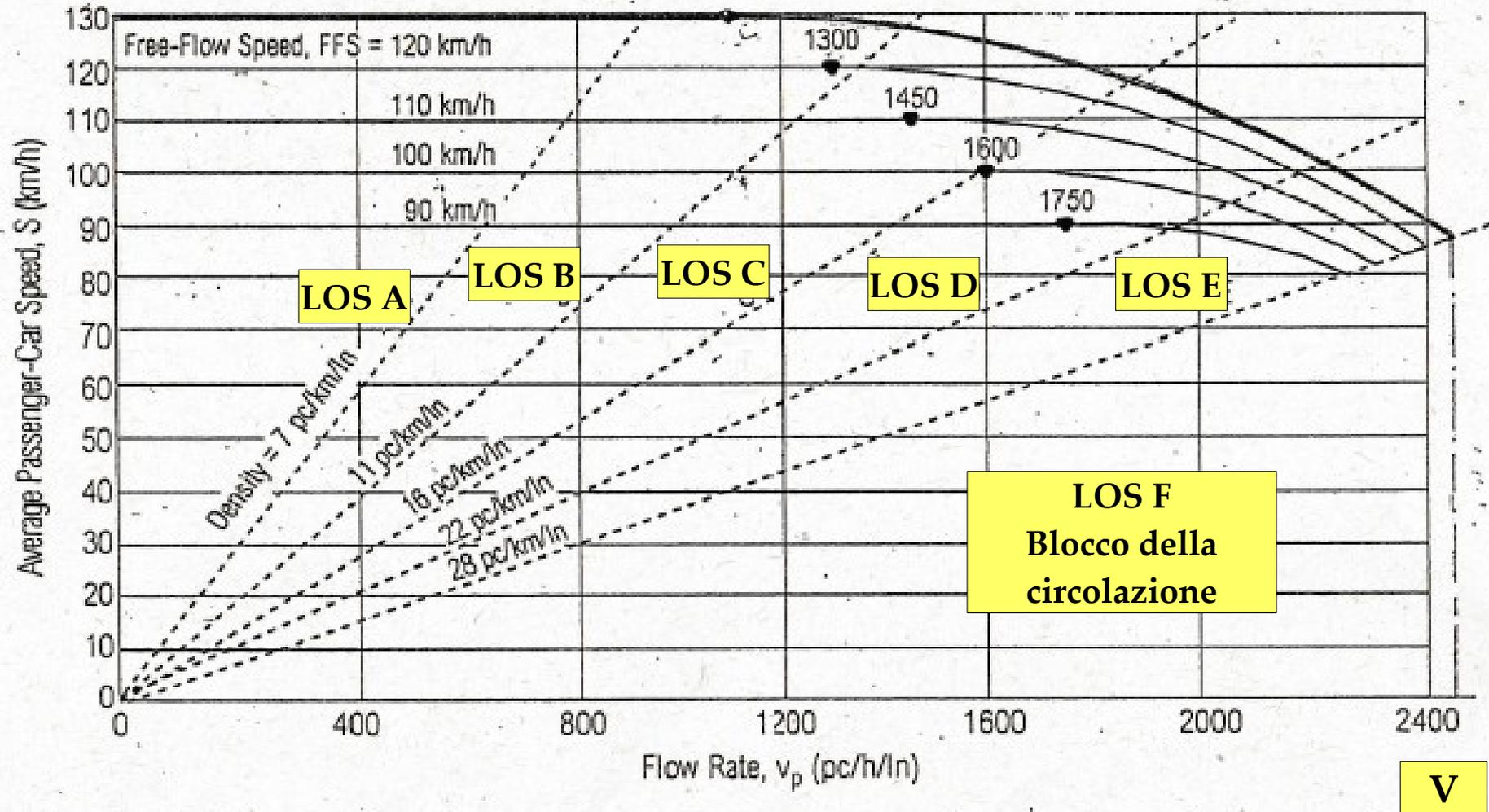
HCM ha definito le misure quantitative di tale LOS sia per strade ed autostrade, sia per i vari tipi di intersezione a raso ed a livelli sfalsati, ed ha fissato sei classi di LOS: A (ottima), B, C, D, E (peggiore), F (blocco della circolazione) : in sede di progetto/verifica di una infrastruttura, sulla base del flusso veicolare che la utilizza, è richiesto almeno LOS C.

Per le autostrade la misura è fornita dalla *densità veicolare* $K = V/FFS$ (secondo la nomenclatura HCM) ovvero *n° medio di veicoli per km e per corsia*, fornito dal rapporto fra *traffico medio orario per corsia V (Flow Rate)* e *velocità di progetto FFS (Free Flow Speed)* come rappresentato nel diagramma di Tav. 1: in esso in ordinata la velocità **FFS**, in ascissa il traffico **V**. Le *linee tratteggiate uscenti dall'origine individuano i valori limiti del LOS*. Ad esempio LOS B = 10 (<11) significa un *distanziamento medio di 100 m* fra veicoli su una corsia, distanza largamente compatibile con una marcia in condizioni di assoluta sicurezza.

(*) HCM: *Highway Capacity Manual* - Pubblicazione di riferimento di validità universale sotto il profilo scientifico ed applicativo, redatta dal Transportation Research Board del National Research Council (Ente Federale USA paragonabile al nostro CNR) con il contributo di studiosi di tutto il mondo (9 edizioni, dal 1955 al 2010)

EXHIBIT 23-3. SPEED-FLOW CURVES AND LOS FOR BASIC FREEWAY SEGMENTS

FFS



TAV 1

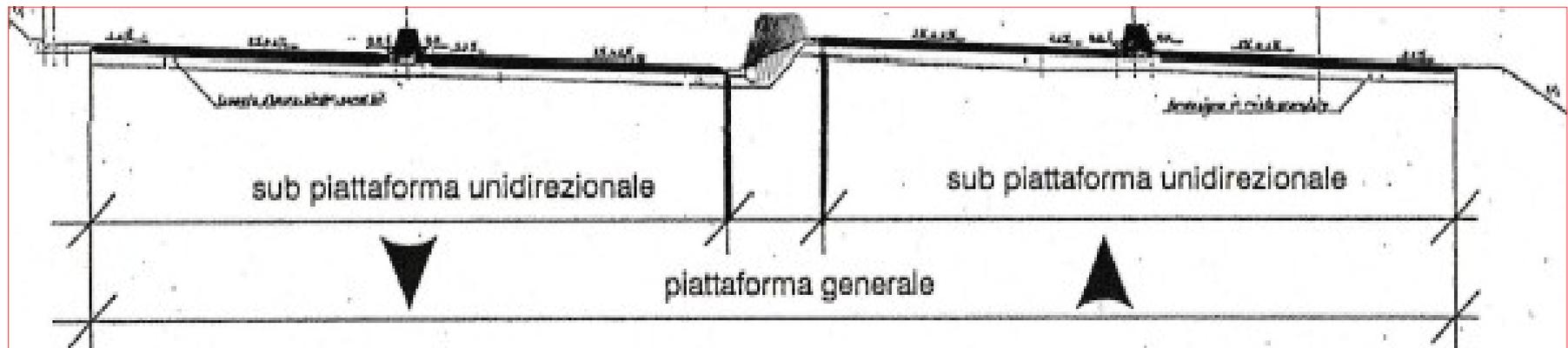
- Diagramma Velocità-Flusso-Densità per autostrada (HCM 2000)

Tangenziale Complanare degli anni 60

Proposta dall'Amministrazione Comunale di Bologna (Sindaco Giuseppe Dozza; progettisti ingg. Fantoni e Mondini) in accordo con altri Enti Locali, ANAS, Soc. Autostrade, realizzata in tre anni e mezzo (!) costituita da una piattaforma comune per l'arco autostradale A1-A14 e la Tangenziale Urbana BorgoP./Casalecchio – S. Lazzaro, entrambi a 2 corsie per senso di marcia (Tav. 2: sezione in curva) quindi possibilità di *banalizzazione* e di realizzare un unico arco a 5 corsie per direzione.

NB- Tale possibilità è stata però compromessa in via definitiva dalla realizzazione (2006) dello svincolo fra Autostrada e Fiera che ha comportato la separazione delle due piattaforme per circa 1km.

Tav. 2

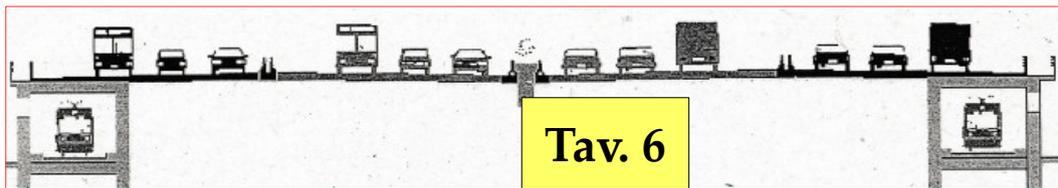
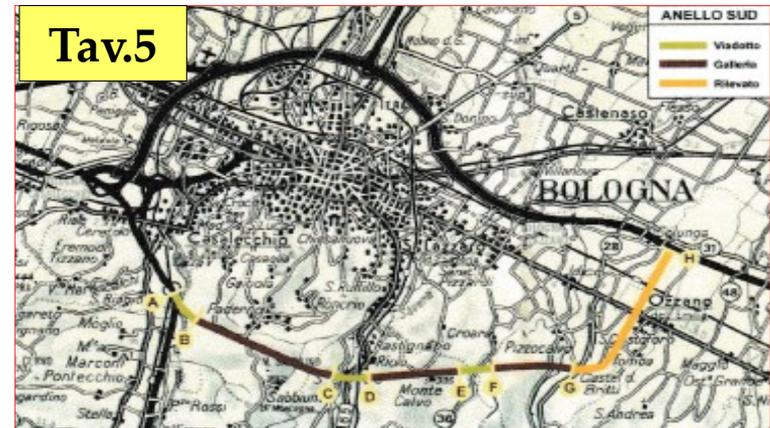
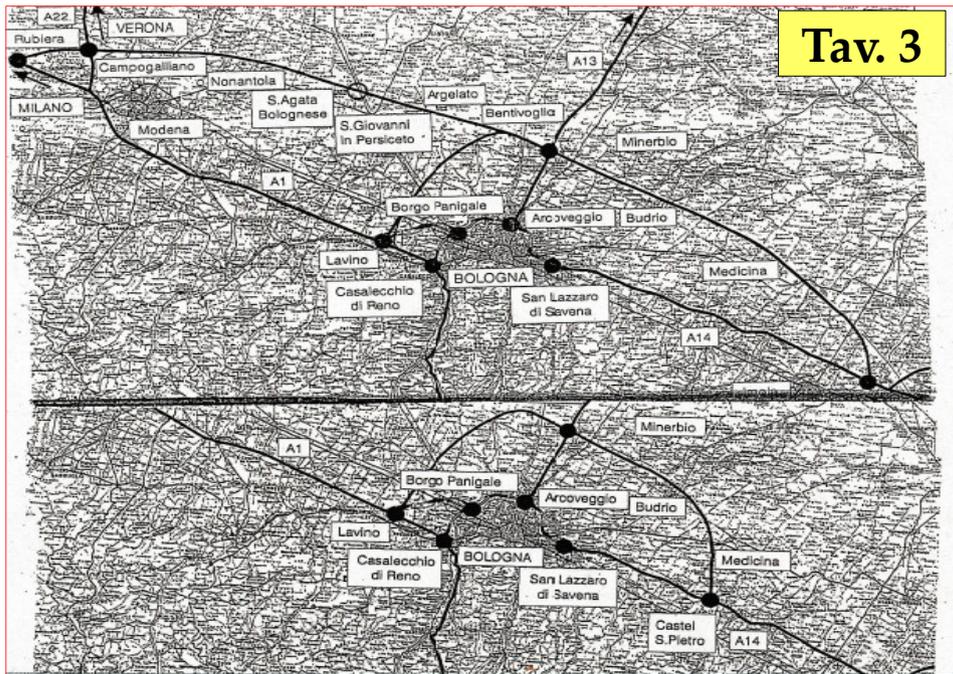


Sviluppo e stato attuale

- Configurazione originale invariata fino al dicembre 2006 (realizzazione svincolo Fiera) con adeguamenti strutturali e funzionali delle corsie e degli svincoli
- Dal 2006 al 2008 ulteriore adeguamento delle corsie, miglioramenti strutturali e funzionali degli svincoli (es. svincolo Aeroporto) utilizzo di barriere a norma e barriere antirumore
- Nel 2008 istituzione della nota *corsia dinamica* con importanti interventi di mitigazione degli impatti, (es. galleria S.Donato) ancora miglioramento degli svincoli, configurazione che di fatto è rimasta invariata fino ad ora

Nel contempo, a partire dagli anni 90 e fino ad ora, si sono susseguite diverse proposte progettuali o in alternativa al tracciato attuale o di adeguamento strutturale e funzionale dell'attuale configurazione

PROPOSTE PROGETTUALI



Tav. 3 – 1996 : Progetto Assindustria Bologna-Mediocredito Centrale – DISTART (DICAM) Trasporti Unibo (proff. A.Orlandi; M. Matassa; G. Praitoni) - *Studio di una nuova tangenziale autostradale nel territorio di Bologna* . Previste una soluzione “lunga” ed una “corta”. La soluzione “lunga” aveva fornito il miglior risultato sotto il profilo economico.

Tav. 4 - 2003 : Progetto Provincia “Passante Nord” – PTCP - *Riorganizzazione del sistema Autostradale – Tangenziale di Bologna – Studio di fattibilità*- Si rileva che il tracciato proposto ricalca sostanzialmente la soluzione “corta” di Tav. 2. Si fa riferimento anche alla *Trasversale di Pianura* come possibile alternativa .

Tav.5 – 2004 : Progetto *Passante Sud* (progettista prof. A. Bucchi), soluzione alternativa al “PassanteNord”, proposta da vari Enti Locali territoriali soprattutto per motivi di impatto ambientale, con aggiornamento al 2016. Si rileva che tale soluzione esclude i flussi della A13 e determina un sovraccarico sul tratto B. Panigale-Sasso M. della A1 Bologna-Firenze

Tav. 6 – 2004 e segg. : Progetto *Passante di Mezzo* – PTCP : *Aggiornamento studio di fattibilità per la riorganizzazione del Sistema Autostradale – Tangenziale di Bologna* (con ulteriore aggiornamento al 2016). Si rileva in particolare la singolare proposta di un *ecodotto per ferrovia metropolitana* senza alcun riferimento alla domanda ed alle stazioni.

PROCEDURA DI STIMA DEL LIVELLO DI SERVIZIO del PASSANTE

La procedura di stima del LOS richiede come dati di input:

- **Le dimensioni della sezione:** il progetto prevede 3 corsie di 3,50 m + banchina laterale di 3 m per senso di marcia .
- **La velocità di progetto (FFS secondo HCM)** pari a 130km/h secondo il DM 5/11/2001
- **Il Traffico Orario Medio (THM) e di Punta (THP)** in termini di Veicoli Leggeri (L) e Pesanti (P) con relativo coefficiente di equivalenza che nel caso specifico risulta $1P = 1,5L$ I valori del traffico sono stati desunti dalle fonti di seguito elencate

Mappatura acustica della rete di Autostrade S.p.A del 2011 secondo la Direttiva 2002/49/CE. In tale contesto sono stati monitorati il flussi annui riportati in Tabella 1 (*A1-A14 arco autostradale bolognese*)

Sulla base di numerosi rilevamenti orari, specie sulla A1 BO-FI, sono stati stimati i flussi sulle **13 ore diurne feriali (7-20)** in cui si concentra il 70% circa del TGM totale (feriale e festivo) su 24 ore (*notare in particolare l'incidenza del traffico pesante nelle ore diurne, effetto del sistema produttivo just-in-time*)

Tabella 1

	TGM totale su 24 h					TGM feriale su 13 h diurne			
	L	P	Totale	%P		L	P	Totale	%P
MI-BO	78000	27900	105900	26,3	MI-BO	58500	27063	85563	31,6
BO -FI	41000	16800	57800	29,1	BO -FI	30750	16296	47046	34,6
BO-AN	72500	19400	91900	21,1	BO-AN	54375	18818	73193	25,7
BO-PD	43200	14800	58000	25,5	BO-PD	32400	14356	46756	30,7
A1-A14	61800	22900	84700	27,0	A1-A14	46350	22213	68563	32,4

Statistiche Aiscat - Traffico annuo di veicoli leggeri e pesanti che dal 1998 al 2016 hanno utilizzato le seguenti tratte: A1 BO-MI; A1 BO-FI; A14 BO-AN; A13 BO-PD . Tali dati hanno consentito di stimare la **variazione media annua del traffico autostradale** come da Tabella 2 dato necessario per la previsione del traffico futuro

Tabella 2

Periodo	BO-MI		BO-FI		BO-AN		BO-PD		Media Pesata	
	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
1998-2006	2,91	2,87	1,67	2,30	2,01	3,04	2,93	3,75	2,41	3,01
2006-2013	-2,21	-2,84	-1,73	-2,34	-2,05	-2,50	-2,49	-2,21	-2,11	-2,33
2013-2016	2,50	2,42	2,38	1,97	2,50	1,73	0,90	1,78	2,26	2,02

PROCEDURA DI STIMA DEL LIVELLO DI SERVIZIO del PASSANTE

La procedura di stima del LOS richiede come dati di input:

- **Le dimensioni della sezione:** il progetto prevede 3 corsie di 3,50 m + banchina laterale di 3 m per senso di marcia .
- **La velocità di progetto (FFS secondo HCM)** pari a 130km/h secondo il DM 5/11/2001
- **Il Traffico Orario Medio (THM) e di Punta (THP)** in termini di Veicoli Leggeri (L) e Pesanti (P) con relativo coefficiente di equivalenza che nel caso specifico risulta $1P = 1,5L$ I valori del traffico sono stati desunti dalle fonti di seguito elencate

Mappatura acustica della rete di Autostrade S.p.A del 2011 secondo la Direttiva 2002/49/CE. In tale contesto sono stati monitorati il flussi annui riportati in Tabella 1 (*A1-A14 arco autostradale bolognese*)

Sulla base di numerosi rilevamenti orari, specie sulla A1 BO-FI, sono stati stimati i flussi sulle **13 ore diurne feriali (7-20)** in cui si concentra il 70% circa del TGM totale (feriale e festivo) su 24 ore (*notare in particolare l'incidenza del traffico pesante nelle ore diurne, effetto del sistema produttivo just-in-time*)

Tabella 1

	TGM totale su 24 h					TGM feriale su 13 h diurne			
	L	P	Totale	%P		L	P	Totale	%P
MI-BO	78000	27900	105900	26,3	MI-BO	58500	27063	85563	31,6
BO -FI	41000	16800	57800	29,1	BO -FI	30750	16296	47046	34,6
BO-AN	72500	19400	91900	21,1	BO-AN	54375	18818	73193	25,7
BO-PD	43200	14800	58000	25,5	BO-PD	32400	14356	46756	30,7
A1-A14	61800	22900	84700	27,0	A1-A14	46350	22213	68563	32,4

Statistiche Aiscat - Traffico annuo di veicoli leggeri e pesanti che dal 1998 al 2016 hanno utilizzato le seguenti tratte: A1 BO-MI; A1 BO-FI; A14 BO-AN; A13 BO-PD . Tali dati hanno consentito di stimare la **variazione media annua del traffico autostradale** come da Tabella 2 dato necessario per la previsione del traffico futuro

Tabella 2

Periodo	BO-MI		BO-FI		BO-AN		BO-PD		Media Pesata	
	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
1998-2006	2,91	2,87	1,67	2,30	2,01	3,04	2,93	3,75	2,41	3,01
2006-2013	-2,21	-2,84	-1,73	-2,34	-2,05	-2,50	-2,49	-2,21	-2,11	-2,33
2013-2016	2,50	2,42	2,38	1,97	2,50	1,73	0,90	1,78	2,26	2,02

Dato di partenza: TGM feriale su 13 ore diurne del 2011: **68563** veicoli ; **32,4 %** di pesanti (Tab. 1)

- Ipotesi di inizio lavori fine 2019 e termine fine 2023/inizio 2024 (ipotesi ottimistica!) : 4 anni
- Applicazione - con prudenziale riduzione - dei tassi di variazione di Tabella 2 (periodo 2013-2016)
- *Incremento nullo durante i lavori*
- Incremento del 3,5% all'atto dell'apertura in analogia a quanto verificatosi sulla A1 BO-FI che nel 2017, con l'attivazione della *Variante di Valico* (*) ha registrato un incremento di traffico dell' 8%. : ma in tal caso si è trattato di un raddoppio (vecchio tracciato a 2 corsie + Variante a 2 corsie) , mentre nel caso del Passante si ha un aumento di una sola corsia.
- Traffico risultante a inizio 2024: **75745** veicoli con il **32,6** di pesanti. (TGM su 13 ore feriali diurne)
- Riduzione a *traffico orario medio* (THM) e *traffico orario di punta* (THP) con applicazione di un *coefficiente di sicurezza* (PHF = 0,88-0,92) e coefficienti $\alpha = 0,113$ per THM ; $\alpha = 0,128$ per THP, proposti da HCM, testati da innumerevoli rilevazioni statistiche effettuate a svariate scale territoriali (Europa, USA, Australia) attinenti diverse condizioni territoriali ed insediative (urbane, extraurbane , pianura, collina , ecc.).(NB: su autostrada il traffico di punta non differisce di molto rispetto a quello medio, al contrario di quanto accade per il traffico urbano e suburbano per effetto del pendolarismo)
- Tenendo conto del rapporto fra veicoli pesanti e leggeri (P = 1,5 L) al 2024 risultano i seguenti valori:

THM =1885 veicoli per ora e per corsia THP =2021 veicoli per ora e per corsia

(*) Lo scrivente ha fatto parte dell'Osservatorio Socio-Economico della Variante di Valico in qualità di Supporto Universitario Tecnico per il monitoraggio del traffico nell' ambito di una Convenzione fra Dicam - Unibo e Società Autostrade

Sulla base dei precedenti valori ($V = \text{THM}; \text{THP}$, con $\text{FFS} = 130 \text{ km/h}$, vedi Tavola 1) il Livello di Servizio $K = V/\text{FFS}$ risulta:

$K = 15$ per THM ; ancora LOS C ma prossimo a D

$K = 16$ per THP quindi LOS C/D

Valori assolutamente non accettabili all'atto dell'attivazione della nuova infrastruttura, men che meno in prospettiva futura, in previsione di un aumento anche modesto del traffico, considerato che un'opera di tale impegno anche economico, dovrebbe garantire un sufficiente livello di funzionalità (appunto il LOS) almeno per 15-20 anni (*analisi benefici-costi*)

Proposte alternative

- Raddoppio della *Trasversale di Pianura* con adeguati raccordi con A1 fra Modena Sud e B. Panigale, e con A14 fra Castel S. Pietro e Imola : da notare che l'attuale tracciato si sviluppa quasi sempre in campagna, quindi praticamente nessun problema relativo ad insediamenti urbani adiacenti
- Pedaggio agevolato su tale percorso per veicoli merci ; al contrario pedaggio pesante su l'attuale tracciato per limitarne l'uso con conseguenti migliori condizioni di flusso per i veicoli leggeri
- Per quanto riguarda l'alternativa *Passante Sud* si è già evidenziato che determina problemi di sovraccarico sul tratto B. Panigale – Sasso M- della A1 BO-FI , e non raccoglie i flussi della A13