UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E ARCHITETTURA
Corso di Laurea Magistrale in: Ingegneria Civile

INDAGINE SPERIMENTALE SULL'EVOLUZIONE DEI CARICHI DI TRAFFICO AUTOSTRADALE

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TRAFFIC LOADING EVOLUTION OF ITALIAN MOTORWAYS

Relatore:
Prof. Ing. Francesco Canestrari

Tesi di Laurea di:
Francesca Marcatili

Anno Accademico 2018/2019

Ai miei genitori e
a mio fratello

Sommario

INTRODUZIONE **6**

1 IL TRAFFICO **8**

1.1 TRASPORTO MERCI IN EUROPA E IN ITALIA 8

1.2 LA LOGISTICA 14

1.3 I VEICOLI 15

1.4 LA RUOTA O LO PNEUMATICO 18

Interazione pneumatico-pavimentazione *20*

1.5 TIPOLOGIA E CLASSIFICAZIONE DEI CARICHI STRADALI 22

1.6 EVOLUZIONE DEGLI PNEUMATICI 27

1.7 SPETTRI DI TRAFFICO 31

1.8 COEFFICIENTE DI CARICO EQUIVALENTE (LEF) 32

Carico sull'asse *34*

Tipo di Asse *34*

Ruote Singole *34*

Pressione di gonfiaggio degli pneumatici *35*

2 PROGRAMMA SPERIMENTALE **36**

2.1 TRATTE AUTOSTRADALI ESAMINATE 37

2.2 METODI DI RILIEVO DEL TRAFFICO 38

2.3 IL RILIEVO DEL TRAFFICO NELLE TRATTE AUTOSTRADALI 40

Problematiche riscontrate durante il rilievo *51*

2.4 ELABORAZIONE DATI 56

2.5 RIPARTIZIONE DEL TRAFFICO 76

Ripartizione traffico per veicolo *80*

Ripartizione del traffico per asse *92*

Ripartizione per tipo di asse e di ruota *123*

3 ANALISI DEI RISULTATI **129**

3.1 RIPARTIZIONE DEL TRAFFICO PESANTE PER CORSIA 129

3.2 SPETTRI DI TRAFFICO ATTUALI 136

3.3 SPETTRI ATTUALI VS SPETTRI CNR 147
3.4 CONFRONTO TRA GLI SPETTRI ANALIZZATI 157
4 NUMERO DI ASSI STANDARD DA 12 T 161
4.1 CONFRONTO DEI LEF/VEICOLO 169
CONCLUSIONI 175
BIBLIOGRAFIA 177
RINGRAZIAMENTI 179

INTRODUZIONE

Il lavoro svolto in questa tesi è parte integrante di un progetto più ampio commissionato dalla società Autostrade per l'Italia al fine di redigere l'Aggiornamento del sistema di Gestione delle Pavimentazioni autostradali (PMS). In particolare si mostra l'evoluzione che il traffico pesante ha subito fino ad oggi attraverso, soprattutto, degli spettri di traffico ottenuti da rilievi visivi effettuati con il supporto di video registrati e forniti dalla società in diversi tratti della rete autostradale. L'obiettivo di questa tesi è quello di fornire una base, che dovrà essere approfondita, per l'aggiornamento degli spettri di traffico utilizzati nella progettazione, gestione e manutenzione della pavimentazione stradale.

Il traffico da prendere in considerazione per le suddette operazioni riguardanti la pavimentazione è il traffico denominato pesante, vale a dire quello che trasporta merci o prodotti o persone (autobus) e ha un peso superiore a 3,5 tonnellate. Vengono presi tali mezzi come dato di partenza per la progettazione, gestione e manutenzione della pavimentazione stradale perché sono quelli che scaricano il maggior peso sulla pavimentazione e quindi creano le sollecitazioni maggiori. Negli anni questo tipo di traffico ha subito un'evoluzione rilevante con un calo intorno al 2008-2009, per via della crisi economica che ha colpito il nostro Paese, e una successiva ripresa fino ai giorni nostri. Tale progresso è dovuto soprattutto ad uno sviluppo della logistica dove si è cercato di avere la massima efficienza al minor costo e inquinamento, portando così ad un uso sempre maggiore del trasporto a pieno carico (FTL) soprattutto con i mezzi più pesanti utilizzati per le medie-lunghe percorrenze. Per migliorare l'efficienza delle operazioni di autotrasporto si sono ricercate delle nuove tecnologie, in particolare è stata sviluppata una tipologia di pneumatico (NGWB), in sostituzione alle ruote gemellate, in grado di garantire una distribuzione delle pressioni più uniforme.

Lo sviluppo di questo traffico è stato costatato anche durante le 81 ore di rilievo visivo effettuate in punti specifici delle tratte selezionate dalla società Autostrade. Complessivamente sono stati analizzati 5 tratti di cui 4 in entrambe le direzioni (Nord e Sud). I mezzi commerciali rilevati sono stati suddivisi in funzione della classificazione definita dal Codice della Strada, tenendo presente il raggruppamento in classi di pedaggio effettuato dalla società. I dati ottenuti sono stati elaborati per arrivare a definire uno spettro di traffico e valutare la sua ripartizione in funzione delle varie corsie, del tipo di veicolo commerciale e del numero di assi che costituisce uno specifico mezzo pesante.

In seguito si sono analizzati i risultati ottenuti, focalizzando l'attenzione sul confronto tra lo spettro con il traffico attuale e quello proposto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), essendo quello ancora oggi utilizzato.

I risultati ottenuti sotto forma di spettri si ripercuotono anche sulla vita utile della pavimentazione. Quindi, in ultimo, si è provveduto alla determinazione del numero di assi standard da 12 t sia con lo spettro di traffico attuale che con lo spettro definito dal CNR, al fine di valutare l'influenza del traffico che si ha oggi sulla pavimentazione, progettata utilizzando lo spettro del CNR.

Capitolo 1

1 Il Traffico

La pavimentazione, o sovrastruttura, è una struttura poggiante su rilevato, o trincea, o terreno in sito, realizzata in più strati e direttamente interessata dal moto dei veicoli.

La progettazione, la costruzione e la gestione della pavimentazione stradale devono essere tali da raggiungere e mantenere per tutta la vita utile, inteso come "*periodo di tempo al di là del quale la degradazione da essa subita ne rende necessario il rifacimento*" [1], le principali funzioni:

- Trasmettere i carichi veicolari al sottofondo.
- Resistere ai fenomeni di degrado strutturale.
- Resistere alle azioni atmosferiche (gelo e acqua).
- Garantire regolarità e aderenza del piano viabile per il confort e la sicurezza di marcia.

Per assolvere alla funzione di trasmissione dei carichi bisogna conoscere il traffico a cui la pavimentazione è soggetta per tutto il periodo della sua vita utile.

La sovrastruttura viene progettata considerando solo il traffico pesante, cioè tutti quei veicoli adibiti al trasporto merci, ed escludendo le autovetture.

In questo capitolo si illustrerà l'evoluzione subita negli anni dal traffico commerciale ed il suo utilizzo come dato iniziale nella progettazione, focalizzando il problema in ambito autostradale.

1.1 Trasporto merci in Europa e in Italia

L'Europa ha bisogno di trasporti efficienti al fine di sviluppare il commercio, favorire la crescita economica e promuovere l'occupazione.

La politica dei trasporti dell'Unione europea (UE) mira a garantire una circolazione, efficiente, sicura e libera sia delle persone che delle merci in tutta l'UE, tramite una rete integrata che sfrutta tutte le modalità di trasporto: stradale, ferroviario, navale e aereo.

Negli ultimi decenni, gli sviluppi della politica dei trasporti hanno rafforzato il mercato europeo e si è cercato di eliminare le barriere di accesso, le differenze tra le norme tecniche e amministrative.

Nell'Unione Europea si inizia a parlare di "politica del trasporto merci" nel 1992, quando nel libro bianco, pubblicato dalla Commissione l'anno successivo, vengono riportate le basi per una politica comune. Uno dei problemi del trasporto era ed è

tutt'oggi l'impatto ambientale dovuto all'inquinamento atmosferico. Tale problema è entrato nella politica del trasporto con il fine di ridurlo solo nel 2001.

Nell'ultimo libro bianco, pubblicato nel 2011, vengono esposti i punti necessari per completare il mercato interno dei trasporti:

- costruire reti di trasporto integrate che combinino diversi mezzi o modi di trasporto;
- creare nodi multimodali («hub») ed eliminare strozzature di lunga data, di natura tecnica, amministrativa o legate alla capacità;
- potenziare l'infrastruttura nei paesi che hanno aderito all'UE a partire dal 2004;
- puntare su ricerca, innovazione e investimenti per fare sì che in futuro i trasporti non dipendano dal petrolio [2].

Lo scopo della politica del trasporto è quello di eliminare le barriere tecniche e amministrative tra gli stati membri, integrare i mercati nazionali in modo da creare un mercato unico e creare una rete infrastrutturale tale da collegare tutte le regioni europee in modo da avere una maggiore fluidità. A questo proposito, è subentrato il progetto della rete trans-europea di trasporto (TEN-T) mirata a collegare le regioni europee e utilizzare al meglio i metodi di trasporto.

Il trasporto stradale resta la modalità preferita per il trasporto di passeggeri e di merci in Europa. Il successo dell'apertura del mercato in tutta l'UE è dimostrato dall'aumento dei traffici internazionali e del «cabotaggio», la formula per cui gli autotrasportatori possono effettuare operazioni su tratte interne in altri Stati membri. Il cabotaggio rappresenta però solo una piccola percentuale del mercato interno e resta limitato dalla legislazione [2].

In Europa, il trasporto avviene per il 75 % su gomma. Questo è riscontrabile anche dai dati Eurostat, riportati di seguito, dai quali si evince che fra tre modalità di trasporto, vale a dire strada, ferrovia e vie navigabili, quella stradale è la più utilizzata nella quasi totalità dei Paesi.

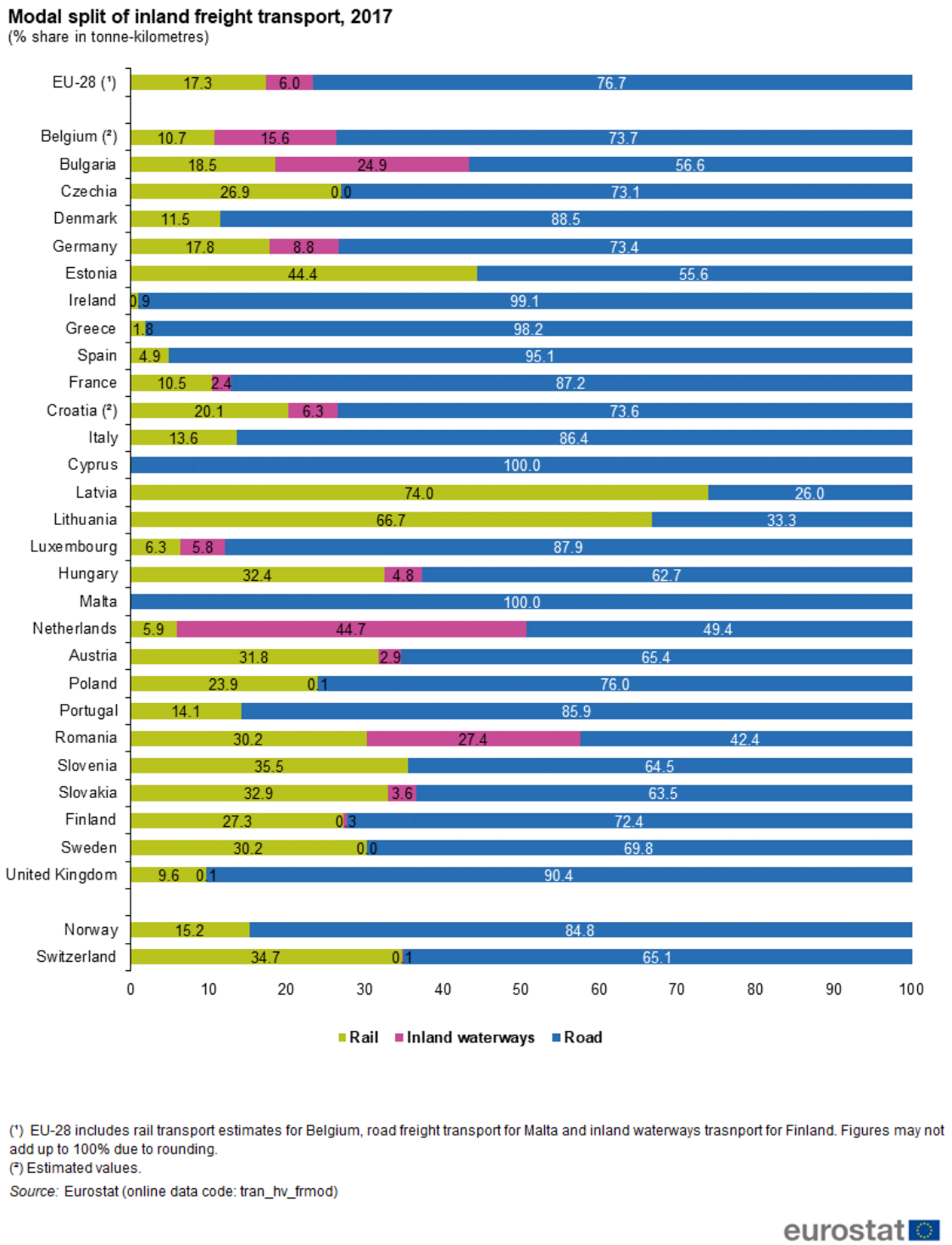


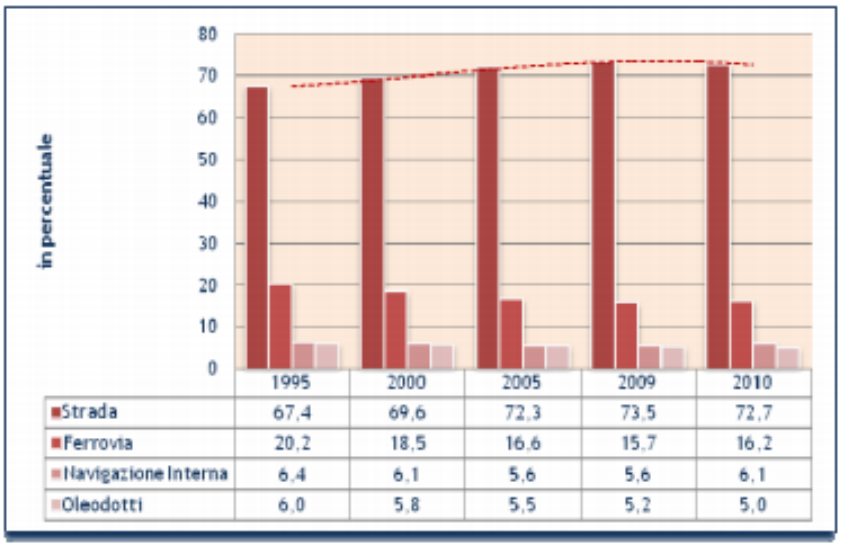
Figura 1.1.1 *Ripartizione modalità di trasporto nei paesi vari Paesi (dati Eurostat 2017)*

Negli anni, il trasporto ha subito importanti sviluppi, questo dovuto anche a un aumento della logistica soprattutto per un incremento dell'e-commerce. Ancora oggi, il trasporto su strada resta la modalità più utilizzata.

Nel 1995 il 45% di tutte le merci, viaggiava su strada; escludendo il trasporto navale e aereo il trasporto merci su strada era del 67%.

Negli anni successivi il trasporto merci in Europa è andato via via ad espandersi fino al 2007, per poi subire nel periodo 2008-2013 un calo per via della crisi economica, raggiungendo il picco nel 2009. Nel 2010 si è registrata una leggera ripresa comunque trascurabile in confronto alla perdita dell'anno precedente.

Nonostante ciò, il trasporto su strada continua ad essere negli anni preferito alla ferrovia, oleodotti e navigazione interna, come mostrato dai dati Eurostat del 2012 dove vengono mostrate le percentuali di modalità di trasporto negli anni 1995-2010 riferiti agli autocarri >3.5t [3].



	1995	2000	2005	2009	2010
Strada	67,4	69,6	72,3	73,5	72,7
Ferrovia	20,2	18,5	16,6	15,7	16,2
Navigazione Interna	6,4	6,1	5,6	5,6	6,1
Oleodotti	6,0	5,8	5,5	5,2	5,0

Figura 1.1.2 *Quote per modalità 1995-2010, Eurostat 2012*

Negli anni successivi si è registrato in Europa un aumento della flotta degli autocarri (veicoli con portata > 3,5 tonnellate); dai dati Eurostat nel 2017 si registra un incremento del 2,8% rispetto al 2013 e del 2,1% rispetto al 2016. Nello stesso anno l'86% del trasporto di merci su strada nell'UE-28 è stato effettuato da veicoli con un peso massimo a pieno carico autorizzato superiore a 30 tonnellate [4].

Nel 2018, dai dati del mercato dei veicoli commerciali di ANFIA si evince che l'80% degli autocarri immatricolati ha una massa a pieno carico >16 t; in generale il mercato dei veicoli pesanti è aumentato del 3,1% rispetto al 2017.

In Italia, come in Europa, si è osservato un incremento del trasporto merci fino ai primi anni 2000, subendo poi un crollo per via della crisi economica. Gli autocarri oltre 3,5 t sono andati progressivamente riducendosi, specialmente a partire dal 2008. In crescita, viceversa, il numero di motrici e di semirimorchi, il che indicava già un costante aumento di TIR sulle nostre strade [3].

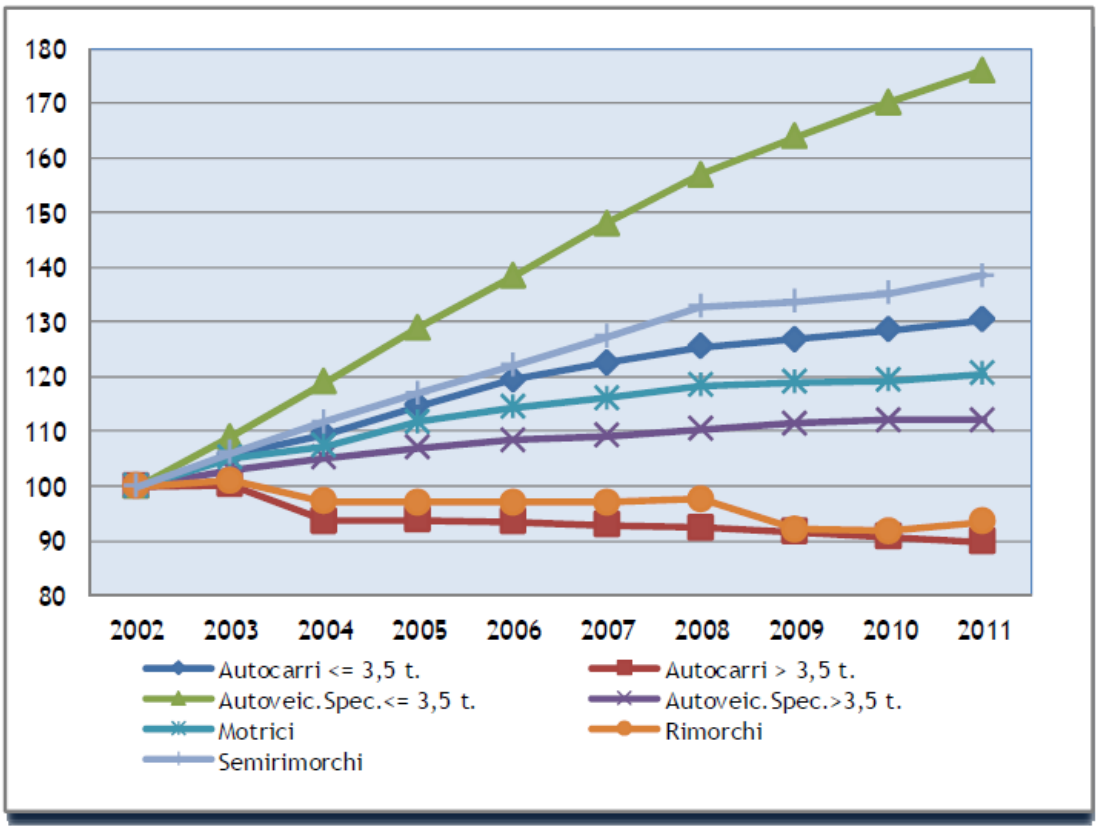


Figura 1.1.3 *Evoluzione parco veicolare trasporto merci in Italia (Base 2002=100)*

Dal report di ANFIA pubblicato a febbraio 2019 su dati ISTAT, prendendo in considerazione i dati in termini di tonnellate trasportate e di tonnellate per chilometro, si evince che il trasporto merci su strada è la principale modalità di trasporto, seguita da trasporto ferroviario, marittimo e aereo. Più precisamente, in termini di tonnellate trasportate, la strada ha movimentato 885,5 milioni di tonnellate merci nel 2017, in calo dell'1,8% sul 2016, il trasporto ferroviario ha movimentato, nel 2016, 92 milioni di tonnellate, mentre il trasporto marittimo ha movimentato 475 milioni di tonnellate nel 2017(+2,9% sul 2016) e infine il trasporto aereo ha movimentato 1,1 milioni di tonnellate merci nel 2017.

In termini di tonnellate per chilometro sono state movimentate: su strada 119,7 miliardi (+6,3% sul 2016), su ferrovia oltre 22 miliardi [4].

Da un articolo pubblicato dalla Commissione Europea sulla politica dell'Unione Europea riguardante i trasporti, si evince che la domanda di trasporto merci crescerà di circa l'80% entro il 2050; resta il fatto che il trasporto su strada è una delle principali fonti di inquinamento che dovrà essere ridotta entro il 2050 di almeno dell'80%. Questi sono solo due dei punti che si svilupperanno in futuro insieme al totale sviluppo delle infrastrutture per integrare al meglio il trasporto stradale e altri obiettivi [2].

In Italia il trasporto merci presenta delle percentuali elevate in termini di tonnellate-chilometro trasportate. Nel 2017 si è classificata 6° come industria europea di trasporto merci dietro a Polonia, Germania, Spagna, Francia e UK [4].

Il trasporto su gomma in Italia ha il vantaggio di percorrere grandi distanze in poco tempo grazie all'elevata densità della rete autostradale, che permette il collegamento delle località, dalle più vicine a quelle più distanti. A questo proposito, in ambito autostradale, il traffico dei mezzi pesanti è costantemente aumentato.

Questo viene confermato anche dalla *Confederazione Generale Italiana dei Trasporti e della Logistica* che, sulla base dei dati AISCAT, mostra come tra il 1990 e il 2004 il traffico dei veicoli merci sia stato sempre in aumento anche se in diverse percentuali di anno in anno.

confetra

TRAFFICO VEICOLI MERCI SULLA RETE AUTOSTRADALE ITALIANA

Anno	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
Rete in esercizio km	5.391	5.388	5.388	5.381	5.380	5.380	5.380	5.372	5.371	5.368	5.312	5.278	5.172	5.163	5.153
rispetto anno prec.	0,1%	-	0,1%	-	-	-	0,1%	-	-	+ 1,1%	+ 0,6%	+ 2,0%	+ 0,2%	+ 0,2%	
mio veicoli x km	19.059	18.356	17.836	17.254	16.768	15.974	15.161	14.428	13.728	13.707	12.919	12.315	12.359	11.890	11.886
rispetto anno prec.	+ 3,8%	+ 2,9%	+ 3,4%	+ 2,9%	+ 5,0%	+ 5,4%	+ 5,1%	+ 5,1%	+ 0,1%	+ 6,1%	+ 4,9%	- 0,4%	+ 3,9%	+ 0,0%	

Fonte: AISCAT

Figura 1.1.4 *Traffico veicoli merci (Mil veicoli per Km) 1990-2004*

Negli anni successivi si è iniziato ad accusare dell'arrivo della crisi economica, esplosa poi nel 2009 con una perdita dell'1,9% nel 2008 rispetto al 2007 e dell'8% nel 2009 rispetto al 2008 e di circa 11% in meno rispetto al 2007. Negli anni successivi alla crisi si sono verificate delle leggere riprese con sbalzi di perdite soprattutto nel 2012.

TRAFFICO VEICOLI MERCI SULLA RETE AUTOSTRADALE ITALIANA (VEICOLI PESANTI)								
Anno	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
Rete in esercizio - KM	5.432	5.649	5.654	5.694	5.724	5.689	5.689	5.715
% rispetto all'anno precedente	-	*4,0*	*0,1*	*0,7*	*0,5*	*-0,6*	*0,0*	*0,4*
Mil. Veicoli - Km	19.184	19.739	20.243	19.853	18.258	18.756	18.751	17.353
% rispetto all'anno precedente	-	*2,9*	*2,6*	*-1,9*	*-8,0*	*2,7*	*0,0*	*-7,5*

Fonte: Aiscat

Figura 1.1.5 *Traffico veicoli merci (Mil. Veicoli per Km) 2005-2012*

Secondo le classi tariffarie, nell'anno 2011 le percorrenze medie in veicoli-km sono state composte per il 77,4% dai veicoli leggeri e per il 22,6% dai veicoli pesanti; di questi ultimi, i veicoli a 4 o più assi rappresentano l'11,6%. La percorrenza in veicoli-km è cresciuta del 58,6% rispetto al 1990, e del 16,9% rispetto al 2000. La percorrenza in veicoli–km dei veicoli pesanti è cresciuta invece del 57,8% rispetto al 1990 e dell'11,7% rispetto al 2000 [3].

Nel 2013 si registra, sempre dai dati AISCAT, un'ulteriore perdita oltre a quella del 2012 con valori percentuali di -2,3 rispetto al 2012 e di -16% rispetto al 2007 ma pur sempre maggiore rispetto al 1990.

Negli anni successivi ci sono state delle crescite anche se non costanti, arrivando a registrare nel 2017 un aumento del traffico veicolare pesante del +13% rispetto al 2013 e di +40% rispetto al 1995, anno in cui è stato redatto il Catalogo delle Pavimentazioni Stradali dove è presente lo spettro di traffico del CNR utilizzato ancora oggi per il dimensionamento della pavimentazione.

Dai dati AISCAT riportati nel dossier di ANFIA, emerge che il traffico di veicoli pesanti in autostrada nel 2018 è aumentato, nel 1° semestre del 3,2% con 9.743,3 milioni di veicoli-km percorsi mentre nell'ultimo trimestre si è verificato un rallentamento della crescita ma comunque un incremento dell'1,3%.

1.2 La logistica

Inizialmente con la parola "logistica" s'intendeva la distribuzione fisica della merce dal punto di carico a quello di scarico. Oggi assume un significato più ampio che comprende:

- → Trasporto di merci da un luogo di partenza al punto di arrivo nei tempi prestabiliti al minor costo e in modo efficiente.
- → Pianificazione delle attività in modo da avere la massima efficienza.

→ Gestione dei dati e delle informazioni tra i punti di scambio
→ Controllo

Queste attività vengono ad oggi svolte da diverse aziende che hanno come obbiettivo il risparmio economico pur garantendo efficienza, puntualità e sicurezza. I costi logistici hanno un impatto non indifferente sul fatturato aziendale poiché i trasporti incidono generalmente per il 44% sul totale (dato ottenuto da una ricerca condotta da Establish) [5], è quindi importante cercare di raggiungere la massima efficienza al minor costo.

Concentrandoci sull'autotrasporto, questo può avvenire mediante due tipi di trasporto:

- Trasporto a carico completo (FTL - Full Truck Load)
- Trasporto a carico parziale (LTL - less than truck load)

Il trasporto a carico completo (FTL) è riferito principalmente al trasporto a medio-lungo raggio, con l'obiettivo di arrivare al punto di destinazione senza interruzioni di viaggio, evitando così punti di prelievo o scarichi intermedi. La tariffa in questo caso dipende dalla distanza percorsa, a prescindere dal fatto che il mezzo sia più o meno carico, è importante quindi programmare le spedizioni al fine di eliminare i viaggi a carico nullo, in quanto generano un costo senza un ricavo per il trasportatore. Questo ci fa capire che, i mezzi pesanti nelle reti autostradali, principalmente i mezzi a 3 o più assi, viaggiano a "pieno carico", scaricando così il loro peso sulla pavimentazione, che costituisce un dato di partenza per la progettazione, gestione e manutenzione.

Il trasporto a carico parziale (LTL) riguarda il trasporto a corto raggio, ossia la distribuzione in aree urbane o in zone geografiche circoscritte. In questo caso si hanno maggiori costi in termini di quantità di mezzi e infrastrutture, poiché richiedono magazzini posti nella zona di competenza e mezzi per il trasporto ai destinatari (pubblico o privato). Anche in questo caso si deve puntare a ridurre i viaggi a vuoto, non sempre possibile [5].

Secondo la Banca Mondiale, l'Italia è al 21° posto nel mondo e al 12° posto in UE nel settore della logistica [6].

1.3 I Veicoli

L'Art. 46 del Codice della Strada definisce veicolo: "*tutte le macchine di qualsiasi specie, che circolano sulle strade guidate dall'uomo.*"

La classificazione dei veicoli, presente nel Codice della Strada agli Art.47 e 73, viene riportata nella tabella seguente:

Classi di Veicoli	Sottoclassi
a) **veicoli a braccia**	*a) spinti o trainati dall'uomo a piedi* ***b)*** *azionati dalla forza muscolare dello stesso conducente*
b) **veicoli a trazione animale** *trasporto di persone*	*a) veicoli destinati principalmente al* *b) veicoli destinati principalmente al trasporto di cose* *c) carri agricoli destinati a trasporti per uso esclusivo delle aziende agricole*
c) velocipedi	
d) slitte	
e) ciclomotori	
f) **motoveicoli**	*a) motocicli* *b) motocarrozzette* *c) motoveicoli per trasporto promiscuo* *d) motocarri* *e) mototrattori* *f) motoveicoli per trasporti specifici* *g) motoveicoli per uso speciale* *h) quadricicli a motore*
g) **autoveicoli**	*a) autovetture* *b) autobus* *c) autoveicoli per trasporto promiscuo* *d) autocarri* *e) trattori stradali* *f) autoveicoli per trasporti specifici* *g) autoveicoli per uso speciale* *h) autotreni* *i) autoarticolati* *l) autosnodati* *m) autocaravan* *n) mezzi d'opera*
h) filoveicoli	
i) **rimorchi**	*a) rimorchi per trasporto di persone* *b) rimorchi per trasporto di cose* *c) rimorchi per trasporti specifici* *d) rimorchi ad uso speciale* *e) caravan* *f) rimorchi per trasporto di attrezzature turistiche e sportive*
l) **macchine agricole**	*a) SEMOVENTI* *1) trattrici agricole* *2) macchine agricole operatrici a 2 o più assi* *3) macchine agricole operatrici ad un asse* *b) TRAINATE* *1) macchine agricole operatrici* *2) rimorchi agricoli*

m) **macchine operatrici**	*a) macchine impiegate per la costruzione e la manutenzione di opere civili o delle infrastrutture stradali o per il ripristino del traffico* *b) macchine sgombraneve, spartineve o ausiliarie quali spanditrici di sabbia e simili* *c) carrelli*
n) veicoli con caratteristiche atipiche **o) veicoli su rotaia in sede promiscua**	

Tabella 1.1 *Classificazione dei Veicoli* ***[7]***

Per una determinata tipologia di strada, il veicolo di progetto è quel veicolo che maggiormente condiziona ciascuna delle caratteristiche geometriche di base della progettazione. Nell'ambito di ciascuna categoria, i veicoli di progetto possiedono normalmente il massimo ingombro in lunghezza, larghezza e altezza. Il CdS stabilisce la sagoma limite che i veicoli non devono superare. Le prestazioni e i carichi trasmessi alla pavimentazione dipendono dalla massa e dalla sua distribuzione sugli assi del veicolo. Nella Tabella 1.2 viene riportata la massa limite e la sagoma limite per ciascuna categoria di traffico.

n.	Categorie di traffico	Ruote	Assi	Massa limite	Velocità massima	Sagome limite [m]		
				[kg]	[km/h]	Altezza	Larghezza	Lunghezza
4	Velocipedi	-	-	-	-	2,20	1,30	3,00
5a	Ciclomotori	2-3	-	550	≤ 40	2,20	1,30	3,60
5b	Motoveicoli	2-4	-	2500	-	2,50	1,60	4,00
6	Autovetture	> 4	2	8000	-	4,00	2,50	12,00
7	Autobus	-	2	19000	-	4,00 (*)	2,50	12,00 (***)
8	Autocarri	-	2	18000	-	4,00	2,50 (*)	12,00
			3	25000				
9a	Autotreni	-	4	40000	-	4,00	2,50 (*)	18,35
			≥5	44000				
9b	Autoarticolati	-	4	40000	-	4,00	2,50 (*)	16,50
			≥5	44000				
10a	Macchine agricole	-	-	-	≤ 40	-	-	-
10b	Macchine operatrici	-	-	-	≤ 40	-	-	-
11	Veicoli su rotaia	-	-	-		4,00	2,50	18,35

(*) altezza limite per autobus e filobus urbani è pari a 4,30 m
(**) larghezza limite di 2,60 m per veicoli destinati al trasporto di merci reperibili con controllo di temperatura
(***) autosnodati e filosnodati per trasporto di persone su itinerari prestabiliti hanno più di due assi ed una lunghezza massima di 18,00 m

Tabella 1.2 *Caratteristiche di massa e dimensioni di ciascuna categoria di traffico*

L'Art.2 del "Codice della Strada"classifica le strade in:

A - Autostrade (urbane ed extraurbane)
B - Strade extraurbane principali
C - Strade extraurbane secondarie
D - Strade urbane di scorrimento
E - Strade urbane di quartiere
F - Strade locali (extraurbane e urbane)
In ambito autostradale, i veicoli ammessi sono:

- Autovetture
- Autobus
- Autocarri
- Autotreni e Autoarticolati

1.4 La ruota o lo pneumatico

Le ruote sono gli organi di sostentazione, propulsione e guida di un veicolo.

La ruota di un veicolo è costituita dall'insieme dello pneumatico in gomma e da un cerchione metallico. Lo pneumatico è il mezzo con cui un veicolo commerciale trasmette il suo carico sulla pavimentazione.

Esso è costituito da diverse parti che possono essere riassunte in:

- Battistrada: è l'elemento a contatto con la superficie stradale che garantisce la trazione del mezzo e protegge la carcassa.
- Carcassa: ha il compito di trasmettere tutte le forze di carico tra la ruota e il terreno, inoltre garantisce la resistenza alla pressione di gonfiaggio. È composto da fili di Nylon (tele) affiancati e possono essere di diverso spessore e conferire maggiore resistenza o scorrevolezza. Le tele possono essere disposte:
  - *Diagonale:* sovrapposte e incrociate le une dalle altre.
  - *Radiale:* sono disposte con un angolo di 90°.
  - *Cinturato o bias belted*: si tratta di una carcassa diagonale provvista del pacco cintura.
- Spalla: è la zona estrema del battistrada compresa tra lo spigolo e l'inizio del fianco
- Fianco: è la zona compresa tra la spalla e il cordolo di centratura; è costituito da uno strato di gomma destinato a proteggere le tele della carcassa contro urti laterali, come ad esempio gli spigoli dei marciapiedi.
- Tallone: è l'elemento di accoppiamento fra copertura e cerchio.

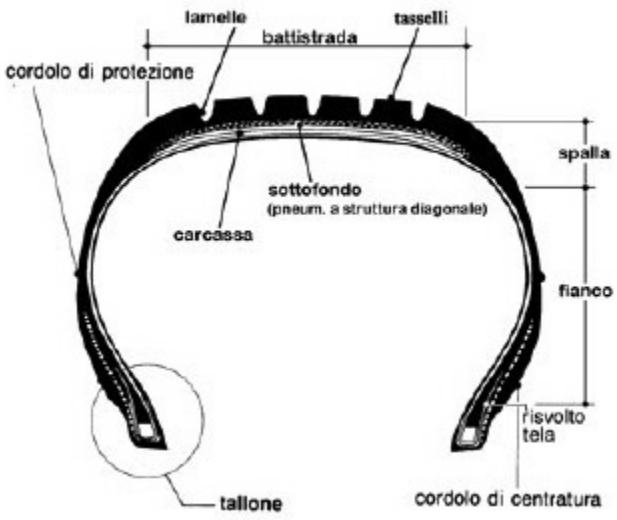


Figura 1.4.1 *Struttura di uno pneumatico*

La disposizione delle tele che costituiscono la carcassa dà la denominazione alla struttura dello pneumatico. Si distinguono principalmente in:

- Radiale: è costituita da una o più tele disposte in senso radiale, da tallone a tallone. Uno pneumatico radiale è più deformabile in direzione verticale e più rigido sulla circonferenza; questo diminuisce gli attriti interni e le deformazioni da rotolamento vengono ripartite in modo più omogeneo.
- Convenzionale o Diagonale: è costituito da tele incrociate con un angolo di 35/40°. A seconda del numero di tele che costituiscono lo pneumatico si ha un aumento o una diminuzione della resistenza dello stesso, rendendolo così particolarmente resistente all'usura e ad urti laterali [8]; di contro, durante la marcia si creano forti sollecitazioni che porta a sconsigliarne l'uso ad alte velocità.

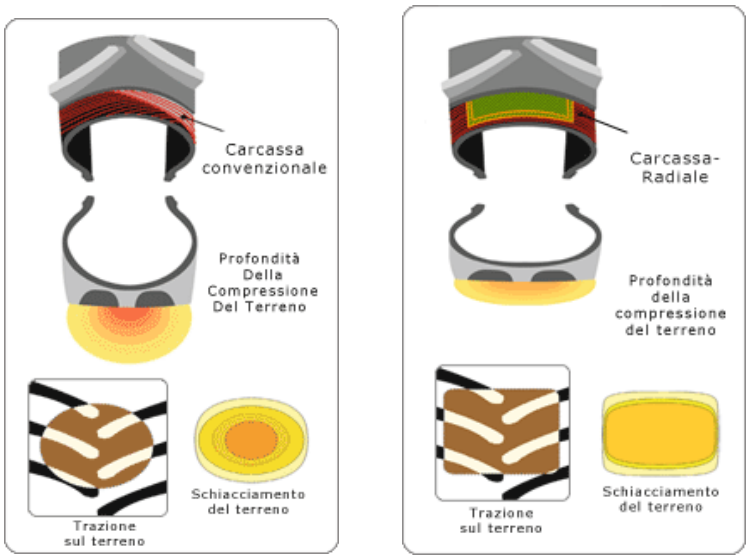


Figura 1.4.2 *Differenza tra carcassa convenzionale e radiale*

Interazione pneumatico-pavimentazione

Uno dei fattori principali dell'interazione pneumatico-pavimentazione è la pressione di gonfiaggio degli pneumatici.

La corretta pressione di gonfiaggio permette di avere una buona aderenza, maggiore sicurezza, maggior confort di marcia e la massima durabilità dello pneumatico. Infatti, una bassa pressione di gonfiaggio, porta ad avere una minore area di contatto con la pavimentazione e una durabilità dello pneumatico dell'85% poiché si ha un'usura eccessiva della spalla dello pneumatico e non un'usura omogenea; mentre un'eccessiva pressione di gonfiaggio porta ad avere un'area di contatto maggiore rispetto al caso di pneumatico con bassa pressione ma ancora non sufficiente per avere la giusta aderenza e una lunga durabilità dello pneumatico. (*Fig. 1.4.3*)

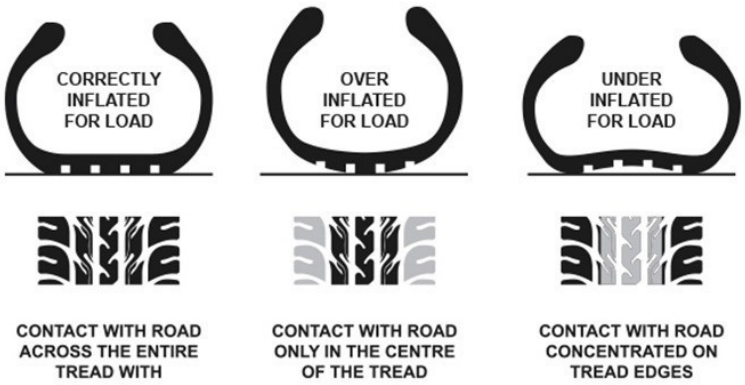


Figura 1.4.3 *Differenti pressioni di gonfiaggio*

Questo è importante perché il battistrada produce un'area delle pressioni di contatto differenti, in funzione della pressione di gonfiaggio, del tipo di carcassa, ma anche del tipo di ruota (singola o gemellata) e quindi differenti distribuzioni delle pressioni.

La reale area d'impronta non è calcolabile attraverso il rapporto tra il carico verticale e la pressione di gonfiaggio, poiché interviene anche la rigidezza della carcassa responsabile di una redistribuzione delle pressioni stesse; si può affermare che l'ampiezza di tale area dipende dalla pressione di contatto che è più grande della pressione di gonfiaggio per pneumatici a bassa pressione, mentre per pneumatici ad alta pressione il rapporto è inverso essendo le pareti dello pneumatico in trazione [9].

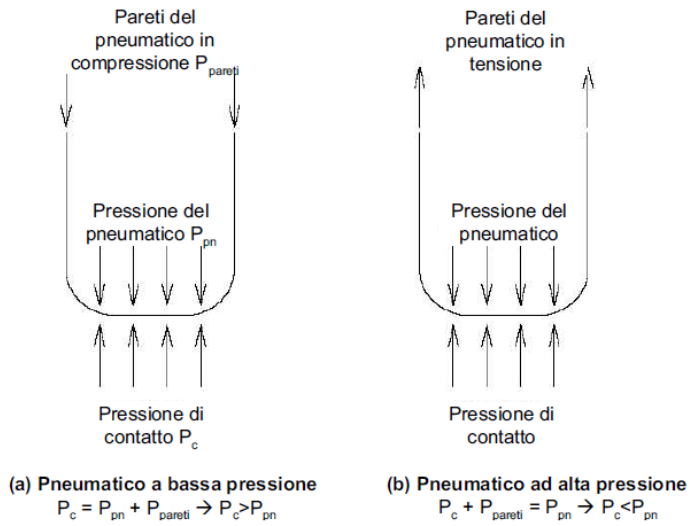


Figura 1.4.4 *Pressioni tra pneumatico a bassa e alta pressione*

Nella realtà il sistema di forze scambiato tra pneumatico e pavimentazione è assai complesso. Nel caso di pneumatico convenzionale l'area d'impronta assume una forma pseudo-ellittica, mentre per pneumatici radiali è di tipo pseudo-rettangolare.

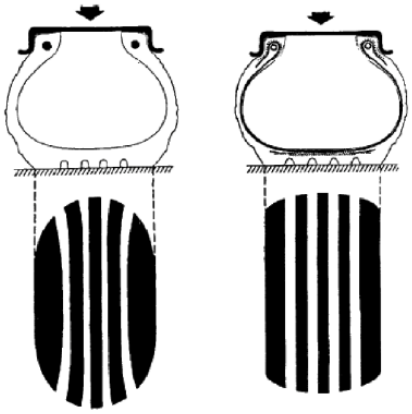


Figura 1.4.5 *Area d'impronta di uno pneumatico convenzionale e di uno radiale*

La distribuzione delle tensioni verticali di contatto non è uniforme; in particolare in corrispondenza delle pareti/bordi le tensioni assumono valori maggiori mentre in corrispondenza della zona centrale dell'area di contatto diminuiscono [9].

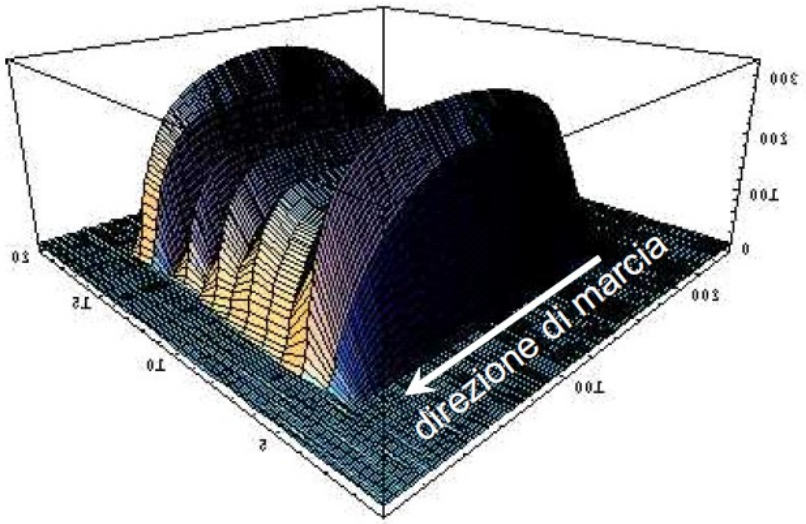


Figura 1.4.6 *Esempio di distribuzione delle pressioni*

La distribuzione delle pressioni dipende molto dalla pressione di gonfiaggio; infatti, una diminuzione della pressione di gonfiaggio incrementa l'effetto di bordo andando ad aumentare le tensioni verticali sulle pareti, viceversa un aumento della pressione porta ad una diminuzione delle tensioni ai bordi e un aumento delle pressioni nella zona centrale.

1.5 Tipologia e Classificazione dei carichi stradali

I carichi che si considerano nel progetto delle sovrastrutture stradali sono esclusivamente quelli riguardanti i veicoli pesanti (autocarri e autobus) e tutti quelli adibiti al trasporto merci, cioè tutti quei veicoli che comportano l'applicazione dei carichi su ruota singola superiore a 1t [1].

Al fine del dimensionamento della pavimentazione risulta fondamentale conoscere la sollecitazione degli autocarri e di tutti i veicoli pesanti escludendo i carichi trasmessi dal traffico leggero (autoveicoli) anche se presenti in maggiore quantità.

I carichi trasmessi alla sovrastruttura dai mezzi pesanti sono diversi:

- Per modo di applicazione del carico: a seconda se abbiamo un asse singolo, tandem o tridem e in funzione della velocità.
- Per entità di carico: peso in tonnellate diviso per asse.

Gli assi di un veicolo possono essere distinti fra loro di una lunghezza tale che non si verifichi mai la sovrapposizione delle rispettive deformate. L'asse si considera singolo quando è posto ad una distanza sufficientemente elevata rispetto agli altri assi, generalmente al di sopra di 1,5 m.

In particolare il Codice della Strada, D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285, definisce assi tandem o tridem "le coppie o terne di assi, posti tra loro a distanza misurata tra gli assi contigui, non superiore a 1,80 m" [10] , quando la distanza reciproca è inferiore a tale soglia essi vengono considerati come apparato unico. A tal proposito si distinguono gli assi in:

- Assi singoli
- Assi tandem: due assi contigui
- Assi tridem: tre assi contigui

Nelle figure sottostanti è possibile vedere una schematizzazione dei tipi di Assi. [Figura 1.5.1][Figura 1.5.2]

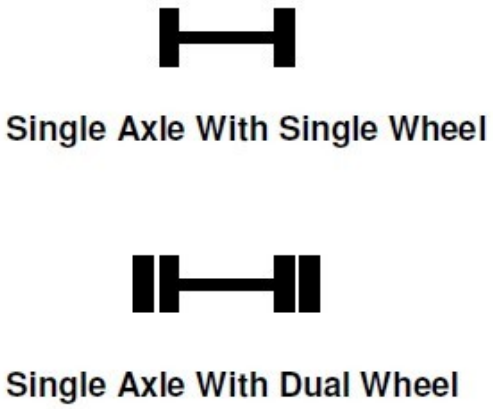


Figura 1.5.1 *Tipi di asse singoli*

Figura 1.5.2 *Asse tandem e tridem*

Le ruote gemellate (dual tires), negli ultimi anni, possono essere sostituite con la ruota a base larga (Wide-Base Super-Single Tires)(*Fig. 1.4.3*):

Figura 1.5.3 *Dual Axle vs. Wide Base Super-Single Tires*

Il danno da fatica arrecato alle sovrastrutture dal passaggio dei successivi assi di un tandem è sempre inferiore a quello dovuto al passaggio di un pari numero di assi singoli di egual peso, poiché le deformazioni prodotte dal secondo asse del tandem sono inferiori a quelle che produrrebbe un asse singolo. Poiché la distanza tra due assi è piccola, in caso di asse tandem, la trazione dovuta al secondo si sovrappone alla compressione prodotta dal primo nello stesso punto, per cui le deformazioni di trazione risultano inferiori a quella dovuta all'asse singolo. (*Fig. 1.4.4*)

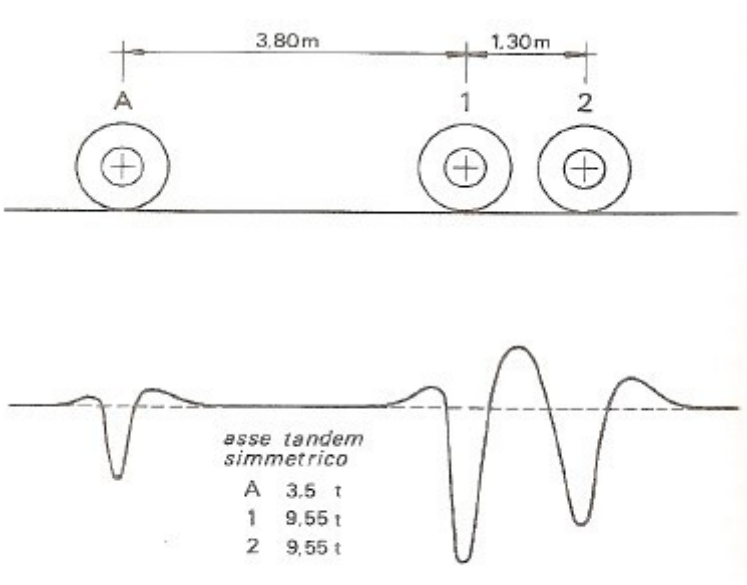


Figura 1.5.4 *Deformazione orizzontale della pavimentazione sotto ad un asse tandem simmetrico (assi a ruote gemellate)*

Nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali del CNR, i tipi di veicoli considerati nel dimensionamento sono esclusivamente quelli commerciali con massa complessiva, corrispondente al peso totale a terra, maggiore o uguale a 3 t. Le autovetture sono escluse dalle verifiche, poiché queste inducono sollecitazioni trascurabili nella pavimentazione e pertanto non hanno alcun effetto sulla durata strutturale della stessa. I veicoli considerati e i loro pesi per asse sono riportati nella *Tabella 1.4.1*.

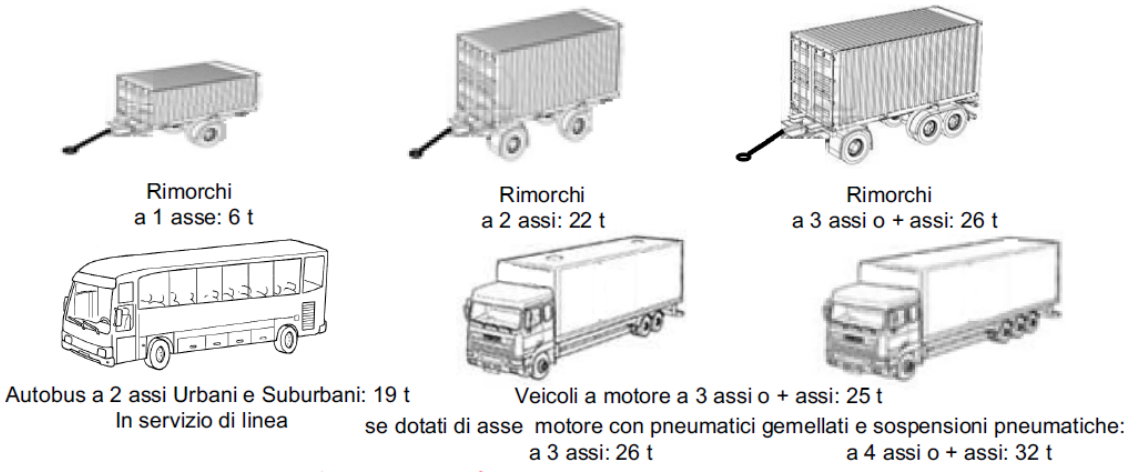
Tipo di veicolo	N° Assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN
1) autocarri leggeri	2	↓10 ↓20
2) " "	"	↓15 ↓30
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40 ↓80
4) " " "	"	↓50 ↓110
5) autocarri pesanti	3	↓40 ↓80 ↓80
6) " "	"	↓60 ↓100 ↓100
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40 ↓90 ↓80 ↓80
8) " "	"	↓60 ↓100 ↓100 ↓100
9) " "	5	↓40 ↓80 ↓80 ↓80 ↓80
10) " "	"	↓60 ↓90 ↓90 ↓100 ↓100
11) " "	"	↓40 ↓100 ↓80 ↓80 ↓80
12) " "	"	↓60 ↓110 ↓90 ↓90 ↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50 ↓120 ↓130 ↓130 ↓130
14) autobus	2	↓40 ↓80
15) "	2	↓60 ↓100
16) "	2	↓50 ↓80

Tabella 1.3 *Distribuzione dei carichi per asse*

L'Art. 62 del Codice della Strada stabilisce la massa limite di ogni veicolo:

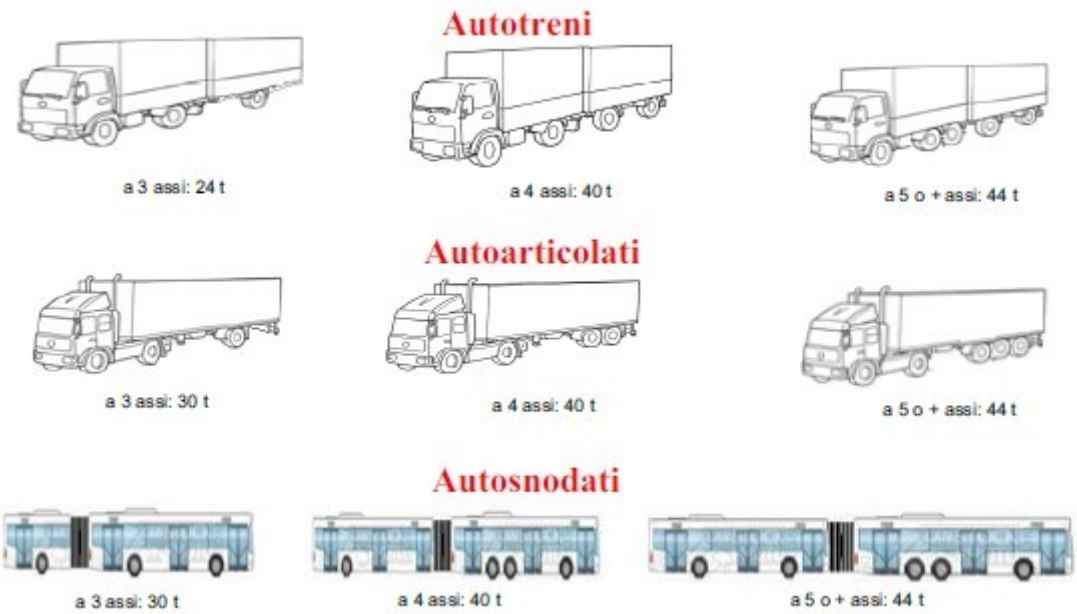
- Per i rimorchi a 1 asse, la massa complessiva a pieno carico non può eccedere le 6t
- Per i rimorchi a 2 assi, la massa complessiva a pieno carico non può eccedere le 22 t.
- Per i rimorchi a 3 o più assi, la massa complessiva a pieno carico non può eccedere le 26 t.
- Per gli autobus o filobus a due assi destinati a servizi pubblici di linea urbani e suburbani la massa complessiva a pieno carico non deve eccedere le 19 t.
- Per i veicoli a motore isolati muniti di pneumatici a due assi, con distanza tra due assi contigui non inferiore a 1 m, la massa a pieno carico non può eccedere le 18 t.
- Per i veicoli a motore isolati muniti di pneumatici a tre o più assi, con distanza tra due assi contigui non inferiore a 1 m, la massa a pieno carico non può eccedere le 25 t.
- Per i veicoli a tre assi quando l'asse motore è munito di pneumatici accoppiati (ruote gemellate) la massa a pieno carico non può eccedere le 26 t.

- Per i veicoli a quattro o più assi quando l'asse motore è munito di pneumatici accoppiati (ruote gemellate) la massa a pieno carico non può eccedere le 32 t.



Nel caso degli autotreni la massa complessiva a pieno carico non può eccedere:

- 24 t per autotreno a tre assi
- 30 t per autoarticolato o autosnodato a tre assi
- 40 t per autotreno, autoarticolato o autosnodato a 4 assi
- 44 t per autotreno, autoarticolato o autosnodato a 5 o più assi.



Il Codice della Strada precisa che: " *Qualunque sia il tipo di veicolo, la massa gravante sull'asse più caricato non deve eccedere 12 t.*"

A titolo di esempio si riporta la distribuzione dei carichi per ciascun tipo di asse in termini di densità di probabilità, funzione dell'asse di carico in KN, di un veicolo a 5 assi tipico delle strade europee (*Fig. 1.4.5*).

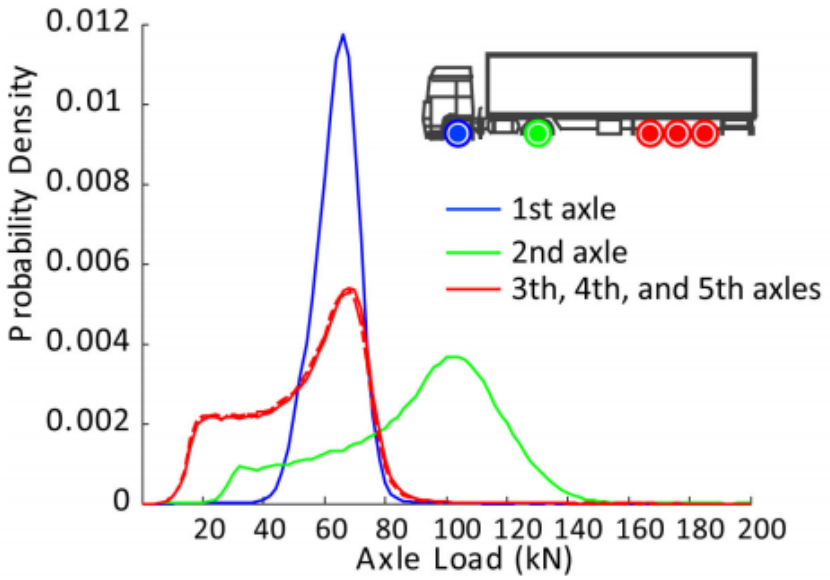


Figura 1.5.5

Il peso totale a terra (PTT) per asse è importante per la vita della pavimentazione in quanto aumentando il PTT decresce sensibilmente la durata della pavimentazione. Anche il numero di assi incide sulla vita della pavimentazione, in particolare all'aumentare del numero di assi, l'aggressività del veicolo diminuisce sensibilmente e quindi aumenta la durata della pavimentazione. La presenza di assi tandem o tridem rappresenta un vantaggio per la durata della pavimentazione [11].

1.6 Evoluzione degli pneumatici

L'aumento, negli anni, dei veicoli commerciali sulle strade ha portato all'utilizzo di nuove tecnologie per migliorare l'efficienza delle operazioni di autotrasporto, al fine di garantire una crescita continua dell'economia.

Una di queste tecnologie è l'introduzione di pneumatici singoli a base larga (Wide Base Single Tires), da sostituire agli pneumatici doppi (ruote gemellate).

Gli pneumatici doppi, o ruote gemellate, sono stati utilizzati per fornire un'impronta adeguata, per trasportare carichi pesanti e distribuire il carico sugli assi su una vasta area della pavimentazione.

Gli pneumatici singoli a base larga hanno subito un'evoluzione negli anni rispetto a quelli iniziali dei primi anni '80. Questo perché i primi pneumatici hanno causato un aumento del danno della pavimentazione rispetto alle ruote gemellate.

Con l'avvento della nuova generazione (NGWB) si ha un battistrada più largo rispetto ai primi pneumatici a base larga. Questa nuova generazione è stata ottimizzata per un carico sull'asse tandem di 151 KN ed una pressione di gonfiaggio nominale di 690 kPa. Questo nuovo design ha prodotto un profilo trasversale più ampio e piatto, che fornisce una distribuzione della pressione più uniforme.

La nuova generazione di pneumatici a base larga è diventata disponibile sul mercato dal 2000 in poi con l'introduzione della 445 / 50R22.5 e, successivamente, 455 / 55R22.5 nel 2002 [12].

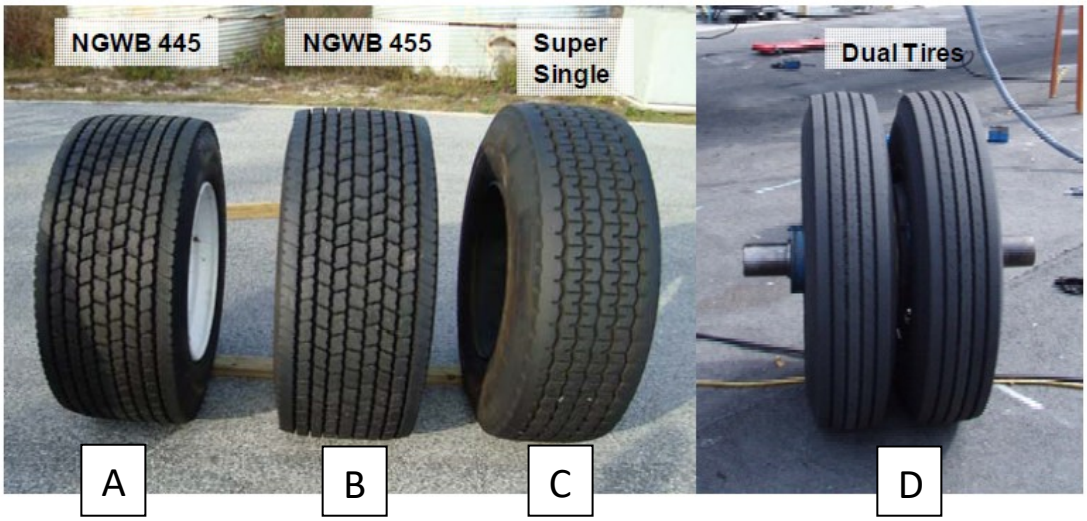


Figura 1.6.1 *Pneumatico a base larga del 2000 [A], pneumatico a base larga del 2002 [B], pneumatico a base larga convenzionale degli anni '80 [C] e pneumatico doppio (ruote gemellate) [D]*

Gli pneumatici convenzionali avevano una pressione di gonfiaggio elevata, 700-900Kpa, che comportava una minor area di contatto sulla pavimentazione; questo comporta un aumento della deformazione da top-down.

Con gli pneumatici di nuova generazione, introdotta nel 2000, si ottiene una migliore distribuzione delle sollecitazioni mentre sono ridotte le tensioni di contatto.

Lo pneumatico NGWB ha anche una minore pressione di gonfiaggio rispetto al suo predecessore, che porta ad avere una distribuzione delle pressioni più uniforme. La distribuzione delle pressioni è più simile a quella dello pneumatico doppio [12].

Gli autotrasportatori sono scettici riguardo l'uso di questi pneumatici, principalmente in caso di guasto, poiché non riescono ad arrivare alla successiva stazione di servizio; mentre, utilizzando pneumatici doppi, alcuni scelgono di arrivare alla successiva

stazione di servizio utilizzando solo uno dei due pneumatici, nonostante le deformazioni irreversibili che andrebbero a creare sullo pneumatico rimanente. Con il tempo, gli autotrasportatori stanno preferendo l'uso di tali pneumatici per il confort, la guida e le buone prestazioni in condizioni di strada bagnata e scivolosa.

L'utilizzo dei NGWB porta ad avere:

- Una riduzione del consumo del carburante, approssimativamente intorno al 2-10%, con conseguente diminuzione di emissioni di gas.
- Un aumento della capacità di carico, con conseguente diminuzione del consumo di carburante.
- Aumento della qualità di guida rispetto alle ruote gemellate.

Sono stati effettuati diversi studi per valutare l'effetto degli pneumatici a base larga sulla pavimentazione, rispetto agli pneumatici doppi.

Nell'articolo " New Generation of Wide-Base Tires: Impact on Trucking Operations, Environment, and Pavements" pubblicato nel Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, vengono riportati tre studi:

1. COST 334: in questo studio vengono confrontati i danni causati degli pneumatici a base larga con quelli doppi. Anche se vengono utilizzati pneumatici diversi da quelli utilizzati in Europa, i risultati possono essere considerati rappresentativi. Quello che si osserva è che il danno causato dagli pneumatici a base larga è paragonabile a quello causato dagli pneumatici doppi.
2. Al-Quadi et al.: sono state eseguite prove con due livelli di carico, uno per tipo di pneumatico, e a diverse pressioni. Un primo risultato è che l'asse sterzante ha creato un danneggiamento maggiore rispetto agli altri assi. Inoltre gli pneumatici NGWB causerebbero un danno leggermente superiore rispetto agli pneumatici doppi.
3. The National Center for Asphalt Technology (NCAT) Experimental Study: nelle strade primarie il danno provocato dagli pneumatici a base larga è simile a quello degli pneumatici doppi.

Gli pneumatici NGWB forniscono dei benefici in termini di capacità di trasporto, efficienza del carburante, riparazione dei pneumatici, nonché di guida e comfort di marcia. Offrono notevoli vantaggi nella riduzione delle emissioni dei gas, nella riduzione del rumore e nel riciclaggio degli pneumatici al termine della vita utile.

Uno studio condotto dall'Università del Michigan [13], ha analizzato l'effetto che le ruote singole, doppie e a base larga hanno sulla pavimentazione stradale.

Sulla pavimentazione rigida, la risposta varia in funzione dell'area d'impronta; i pneumatici doppi producono lo sforzo di trazione di picco più basso, gli pneumatici a base larga creano uno sforzo di trazione pari a circa il 2-9% superiore rispetto agli pneumatici doppi, mentre lo pneumatico singolo produce il massimo sforzo di trazione tra i tre tipi di ruote, in particolare crea un picco di trazione pari a circa il 15-20% superiore rispetto agli pneumatici doppi. Nella figura sottostante si può vedere, nell'immagine ingrandita, quanto appena esposto.

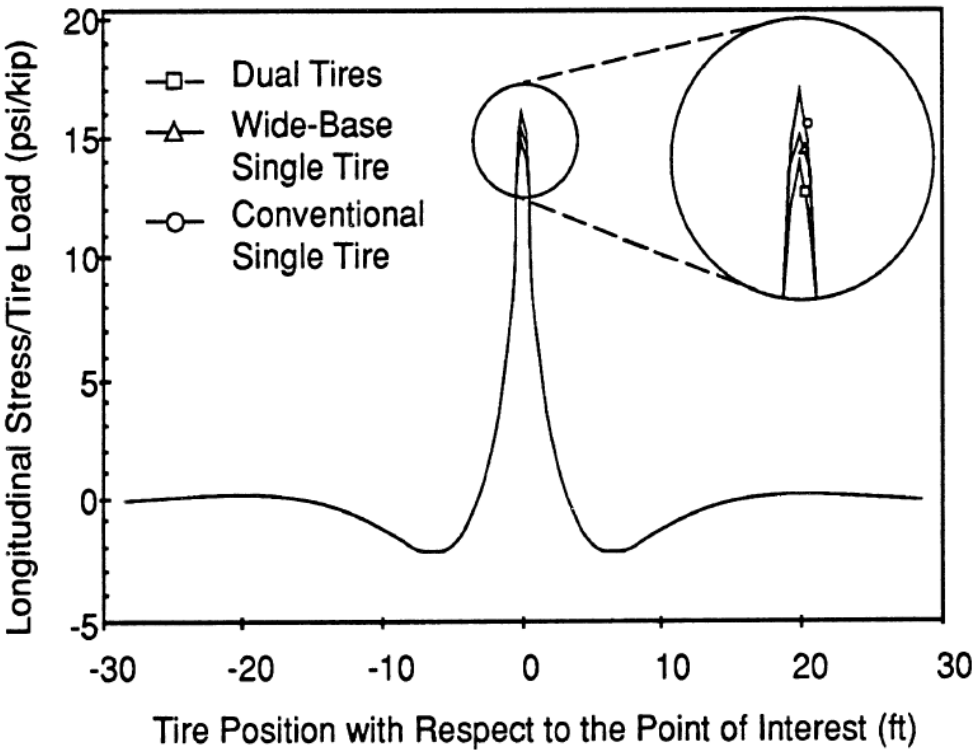


Figura 1.6.2 *Distribuzione di tensione di tre tipi di ruote (singole, doppie e a base larga)*

Nelle pavimentazioni flessibili, la deformazione dipende dalla configurazione dello pneumatico quando questo si trova nel punto d'interesse. Lo pneumatico singolo presenta la massima tensione di trazione per la sua minor area di contatto; lo pneumatico a base larga ha una tensione più bassa e quello doppio presenta la più bassa tensione di trazione tra tutti. A causa delle sollecitazioni di compressione adiacenti all'area di contatto degli pneumatici singoli, la misura di deformazione più appropriata non è il picco al di sotto dello pneumatico, ma l'intervallo dalla compressione al picco di trazione. La pavimentazione attraversa questo ciclo di deformazione quando la gomma passa e la dimensione del ciclo è l'entità della deformazione utilizzata nella valutazione il danno.

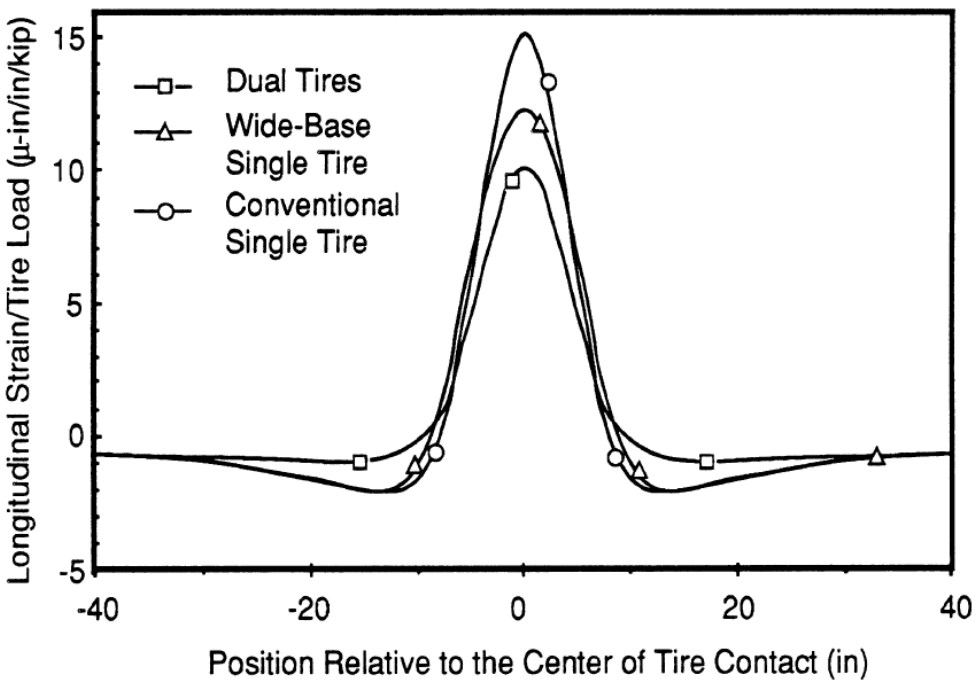


Figura 1.6.3 *Distribuzione degli sforzi sulla pavimentazione al passaggio di ruote singole, doppie o a base larga*

1.7 Spettri di Traffico

Tutti i veicoli stradali possono essere classificati sulla base del numero di assi, della distribuzione dei carichi su ciascun asse e della loro configurazione. Quindi il progetto della pavimentazione presuppone la conoscenza dello spettro di traffico, inteso come ripartizione percentuale dei veicoli totali nelle diverse categorie di traffico per una data categoria stradale (A,B,C,D,E,F). Questo richiede il rilievo dei volumi di traffico, che può essere effettuato attraverso il conteggio manuale o dispositivi automatici. Il modo diretto di valutare il traffico avviene attraverso sistemi automatizzati che vanno dai più semplici fino a quelli più raffinati come i sistemi WIM (Weigh-In-Motion). Molto spesso, in sede progettuale, non si dispone di questo genere di dati o non vengono eseguiti perché troppo onerosi in termini economici e temporali; per questo si fa riferimento a spettri di traffico standard come quello proposto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), riportato nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali [14]. In questo studio si prenderà in considerazione solo lo spettro per la categoria di strada di tipo A (Autostrade) riportato nella Figura seguente.

N.	Veicolo	Categoria Strada (%)					Distribuzione carichi (kN)							
		A	B	C	D	E	Avantreno			Retrotreno				
1	Furgoni medi	12,2	18,2	-	-	24,5	10			20				
2	Autocarri leggeri	-	18,2	13,1	-	-	15			30				
3	Autocarri medi	24,4	16,5	39,5	58,8	40,8	40			80				
4	Autocarri pesanti a 2 assi	14,6	-	10,5	29,4	16,3	50			110				
5	Autocarri pesanti a 3 assi	2,4	-	7,9	-	-	40			80	80			
6	Autocarri pesanti a 3 assi	12,2	-	2,6	5,9	4,15	60			100	100			
7	Autotreni e autoarticolati a 4 assi	2,4	-	2,6	-	-	40	90			80		80	
8	Autotreni e autoarticolati a 4 assi	4,9	-	2,5	2,8	2,0	60	100			100		100	
9	Autotreni e autoarticolati a 5 assi	2,4	-	2,6	-	-	40	80	80			80	80	
10	Autotreni e autoarticolati a 5 assi	4,9	-	2,5	-	-	60	90	90			100	100	
11	Autotreni a 5 assi con maxiruote	2,4	-	2,6	-	-	40	100			80	80	80	
12	Autotreni a 5 assi con maxiruote	4,9	-	2,6	-	-	60	110			90	90	90	
13	Mezzi d'opera	0,1	1,6	0,5	0,2	0,05	50	120			130	130	130	
14	Autobus urbani	-	18,2	-	-	-	40			80				
15	Autobus urbani	-	27,3	-	-	-	60			100				
16	Autobus extraurbani	12,2	-	10,5	2,9	12,2	50			80				

Figura 1.7.1 *Spettri di traffico proposto dal CNR con distribuzione dei carichi per asse*

1.8 Coefficiente di Carico Equivalente (LEF)

Una pavimentazione stradale è considerata come una struttura dell'ingegneria civile sottoposta all'azione dei carichi trasferiti dal traffico veicolare, la cui geometria e materiali impiegati devono essere tali da resistere in sicurezza alle sollecitazioni indotte dalle azioni esterne. Per questo motivo il termine pavimentazione può essere sostituito dal termine "sovrastruttura" proprio per enfatizzare la funzione principale di tale componente dell'infrastruttura stradale.

Il dimensionamento delle pavimentazioni mira a garantire una durata in esercizio denominata *vita utile,* intesa come "periodo di tempo oltre il quale bisogna provvedere al suo rifacimento".

Il coefficiente di carico equivalente (LEF - Load Equivalency Factor) è stato originariamente introdotto dall' AASHO Road Test per esprimere i danni arrecati alla pavimentazione da un qualsiasi tipo di asse rispetto ad un asse standard. Nell'AASHO Road Test è stato preso come asse standard l'asse da 8,2 tonnellate dotato di ruote gemellate con pneumatici a tele incrociate.

Inizialmente, quindi, il LEF veniva espresso dalla seguente equazione:

$$LEF_x = \frac{N_{ref}}{N_x} \qquad \textbf{1.8.1}$$

N_x e N_{ref} esprimono il numero di ripetizioni che causano lo stesso livello di danno sulla pavimentazione per l'asse generico (N_x) e per l'asse di riferimento (N_{ref}).

Con l'introduzione del coefficiente di carico equivalente (LEF) è stato possibile semplificare il tema di danno arrecato alla pavimentazione dal passaggio di differenti tipologie di veicoli con tipi di assi e carico per asse diverso.

Le differenti configurazioni di carico per asse e tipologia di asse, vengono espresse da un singolo valore di passaggi equivalenti associati all'asse singolo di riferimento ESAL (Equivalent Single Axle Load) espresso come:

$$\mathrm{ESAL} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} LEF_{ij} \times N_{ij} \qquad \textbf{1.8.2}$$

LEF_{ij} = coefficiente di carico equivalente riferito al carico sull'asse "j" ed alla configurazione "i".
N_{ij} = numero di passaggi riferiti al carico sull'asse "j" ed alla configurazione "i".

I LEF non dipendono solo dai carichi degli assi, ma anche dalla struttura della pavimentazione, dal criterio di danno adottato e dal livello di danno ritenuto accettabile.

Nel caso dell'AASHO Road Test, i coefficienti di carico equivalente, LEF, furono presentati in tabelle (distinte per assi singoli, tandem e in un secondo momento anche tridem) al variare del carico agente sugli assi, della struttura della pavimentazione (attraverso l'introduzione di parametro denominato *Structural Number SN*) e di un livello minimo di funzionalità (definito tramite il *Present Serviceability Index PSI*).

L'influenza della tipologia di pavimentazione e del valore minimo di funzionalità incidono sui valori dei coefficienti di carico equivalente in maniera relativamente modesta. Per tale ragione il calcolo del generico valore del coefficiente di carico equivalente LEF_x riferito all'asse "x" si avvale spesso della seguente equazione semplificata:

$$LEF_x = \frac{N_{ref}}{N_x} = \left(\frac{\mathrm{P_x}}{\mathrm{P_{ref}}}\right)^{\gamma} \qquad \textbf{1.8.3}$$

P_x e P_{ref} esprimono il carico agente sul generico asse singolo e sull'asse di riferimento, mentre l'esponente γ viene assunto generalmente pari a 4; per questo l'espressione (1.8.3) viene chiamata: " *Legge della quarta potenza*".

Per tener conto dei coefficienti che incidono sulla determinazione dei coefficienti di carico equivalente, *Organization for Economic Co-operation and Development OECD* ha presentato nel 1983 un'estensione della legge della quarta potenza:

$$LEF_x = \mathrm{K_a} \times \mathrm{K_r} \times \mathrm{K_p} \times \left(\frac{\mathrm{P_x}}{\mathrm{P_{ref}}}\right)^{\gamma} \qquad \textbf{1.8.4}$$

Dove:

K_a = rappresenta l'effetto del tipo di asse, inclusa la spaziatura

K_r = rappresenta il tipo di ruota

K_p = rappresenta il tipo di pressione di gonfiaggio

P_x = rappresenta il carico agente sull'asse singolo generico

P_{ref} = rappresenta il carico agente sull'asse singolo di riferimento

γ = rappresenta l'esponente da adottare per tener conto del carico sull'asse

Ci sono varie formulazioni per determinare i LEF, quest'ultima è quella che verrà utilizzata in questa sperimentazione.

Carico sull'asse

Nella formulazione iniziale dell'AASHO Road Test il danno relativo prodotto dall'asse generico rispetto all'asse di riferimento è associato ad una variazione del Present Serviceability Index (PSI) fino al raggiungimento di un livello minimo accettabile. Tale analisi è condotta senza specificare quale tipo di dissesto sia responsabile della riduzione delle prestazioni da un punto di vista funzionale.

Successive sperimentazioni hanno evidenziato che al variare del criterio di danno considerato (es. fatica piuttosto che ormaiamento) si hanno rilevanti ripercussioni sulle modalità di calcolo dei coefficienti di carico equivalente. A questo proposito non è corretto adottare lo stesso valore di γ per il calcolo dei LEF. Da altri studi si può assumere γ = 4 per la determinazione dei coefficienti di carico equivalente riconducibili al danno in termini di regolarità e ormaiamento, mentre richiede diverso valore dell'esponente γ nel caso di danno a fatica. In particolare per la fessurazione a fatica si possono assumere valori compresi tra 1,5 e 2, come dimostrato da studi precedenti.

Tipo di Asse

Al fine di valutare gli effetti di assi multipli, al variare del numero di assi e della relativa spaziatura, è emerso che i coefficienti da adottare al fine del calcolo dei valori LEF_x nel caso del danno riconducibile alla fessurazione a fatica, equivalgono al numero di assi indipendentemente dalla spaziatura, pari a 2 e 3 rispettivamente per assi tandem e tridem. Per il danno all'ormaiamento e regolarità, nel caso di strati "deboli", i coefficienti possono essere assunti pari a quelli della fatica. Nel caso di strati "robusti" si assumono valori compresi tra 1,25 e 1,75 per assi tandem e valori compresi tra 1,5 e 2,5 per assi tridem, con spaziatura tra assi compresi tra 1,2 e 1,8.

Ruote Singole

A parità di carico sull'asse e di pressione di gonfiaggio le ruote singole producono un danno maggiore rispetto a quelle gemellate. Il danno arrecato dalle ruote singole è

caratterizzato da coefficienti superiori all'unità, min 1,25 - max 3,99, che aumentano al diminuire della larghezza dello pneumatico. Tali coefficienti possono essere adottati indifferentemente per il calcolo dei LEF riferiti sia alla fessurazione a fatica che all'ormaiamento.

Pressione di gonfiaggio degli pneumatici

La pressione di gonfiaggio degli pneumatici è strettamente correlata alla forma e dimensioni dell'area di impronta oltre alla distribuzione delle pressioni di contatto tra la ruota e la pavimentazione. Il valore della pressione di gonfiaggio ha delle ripercussioni, a parità di condizioni, sullo sviluppo dei dissesti nella pavimentazione stradale.

Nel caso della fatica, i coefficienti vengono differenziati al variare della pressione di gonfiaggio degli pneumatici in funzione del tipo di ruota (singola o gemellata) e di carcassa (radiale oppure a tele incrociate), mentre per l'ormaiamento il tipo di ruota non viene ritenuto significativo.

Capitolo 2

2 Programma Sperimentale

Questo studio sperimentale è parte integrante di un progetto più ampio commissionato dalla società Autostrade per l'Italia al Prof.Ing. Francesco Canestrari, relatore di questa tesi, con lo scopo di redigere l'aggiornamento del sistema di gestione delle pavimentazioni autostradali (PMS - Pavement Management System), facendo particolare attenzione alla fase conoscitiva.

Negli ultimi anni si è osservato un rapido sviluppo del degrado delle pavimentazioni autostradali, che ha portato la società a richiedere l'aggiornamento del PMS al fine di adeguare la pianificazione delle attività di manutenzione programmata e provvedere alla gestione in sicurezza della rete autostradale.

La crescita del danno sempre più veloce negli anni è dovuta ad un notevole aumento della percentuale di mezzi pesanti circolanti nelle autostrade a pieno carico, tale aumento è riscontrabile anche dai dati statistici di Eurostat e ISTAT riportati nel capitolo precedente.

Nella fase conoscitiva si devono acquisire i dati al fine di attuare un programma che permette di eseguire le giuste attività di manutenzione, personalizzate anche in funzione delle esigenze della società ASPI, in modo da garantire la vita utile della pavimentazione. La fase conoscitiva consiste in:

- Individuare porzioni significative della rete ASPI da sottoporre all'analisi per la redazione del PMS
- Esaminare la documentazione in possesso di ASPI riferita ad aderenza, macrotessitura e regolarità, oltre che in termini d'incidentalità.
- Monitorare i veicoli commerciali al fine di adeguare gli spettri di traffico alle diverse tipologie di tratte sottoposte ad analisi.
- Misurare la portanza attraverso apparecchiature ad alto rendimento, che saranno integrati agli indici di regolarità, macrotessitura e aderenza, e aggiornamento del catasto relativo alla stratigrafia delle pavimentazioni.
- Rilevare visivamente i dissesti, con particolare attenzione alla fessurazione da Top-Down Cracking e sua correlazione con il traffico.

Il punto tre della fase conoscitiva verrà trattato in questo studio. In particolare, in questo capitolo, si espongono i metodi di rilievo del traffico, con specifica attenzione al metodo adottato nelle tratte autostradali appositamente selezionati dalla società ASPI, e nella loro elaborazione, al fine di ottenere uno spettro di traffico rappresentativo dei casi presi in esame.

2.1 Tratte Autostradali Esaminate

Sono state selezionate dalla società Autostrade per l'Italia 4 tratte posizionate all'interno di un'area circoscritta,di cui una a 4 corsie e tre a 3 corsie; più un'ulteriore tratto staccato dal resto,per un totale di 5 tratte analizzate, sito a Magliano Sabina - Ponzano Romano, vicino Roma, di **3 corsie**.

Di seguito si riporta un'immagine del ramo considerato di Magliano Sabina - Ponzano R. rispetto agli altri 4 rami autostradali individuati, situati tutti all'interno dell'area evidenziata.

Figura 2.1.1 *Posizione Tratta Magliano Sabina-Ponzano R. rispetto alle altre*

Le quattro tratte analizzate situate all'interno di un'area circoscritta (vedi Fig. 2.1.1) sono:

- A1 Milano - Napoli: Ponte Fiume Enza - Allacciamento A22 [**3 Corsie**]
- A1 Milano - Napoli: Allacciamento A22 - Allacciamento A14 [**4 Corsie**]
- A1 Milano - Napoli: Sasso Marconi - Allacciamento Variante di Valico [**3 Corsie**]
- A14 Bologna-Taranto: Allacciamento Diramazione Ravenna - Cattolica [**3 Corsie**]

Facendo un ingrandimento dell'area, si possono individuare le tratte che sono state analizzate, come riportato nell'immagine seguente. (Fig. 2.1.2)

Figura 2.1.2 *Tratte individuate*

Di queste sono stati fatti i rilievi di traffico in entrambe le direzioni, Nord e Sud, totalizzando così 9 tratti autostradali, compreso il tratto di Magliano Sabina-Ponzano Romano valutato solo nella direzione Sud.

2.2 Metodi di Rilievo del Traffico

Il rilievo del traffico consiste nell'individuazione, quantificazione e classificazione dei veicoli transitanti in uno specifico tratto. Questo è un dato fondamentale al fine della gestione e manutenzione delle pavimentazioni, in particolare quelle autostradali per l'elevato quantitativo di mezzi pesanti, che provocano un danno maggiore rispetto alle autovetture, motivo per il quale vengono escluse.

La rilevazione può avvenire o mediante procedure manuali oppure attraverso dispositivi automatici.

Il metodo manuale consiste nel conteggio dei mezzi passanti in un tratto e nella loro classificazione. Questo metodo è oneroso in termini di tempo ma anche in termini di numero di operatori necessari, crescenti con l'aumentare della durata di rilievo, della quantità di correnti veicolari, classi di veicoli e sezioni di rilievo. Il vantaggio di questo metodo è che permette di identificare il tipo di componente di traffico, cosa che con i dispostivi automatici non sarebbe possibile.

I dispositivi automatici possono essere di diverso tipo:

- Fissi
- Mobili
- Foto aeree
- Immagini satellitari

I dispositivi fissi consistono nell'istallazione di sistemi di rilevazione attraverso l'adozione di sensori che captano il passaggio di un veicolo e ne acquisiscono l'informazione. Tali dispositivi possono essere intrusivi o non intrusivi, a seconda se posti, rispettivamente, all'interno della carreggiata o a ridosso della carreggiata.

I dispositivi fissi intrusivi possono essere diversi:

- Tubi pneumatici
- Cavi triboelettrici
- Spire ad induzione magnetica
- Sensori magnetodinamici
- Cavi a fibre ottiche

Questi sono tutti caratterizzati dallo stesso principio di funzionamento; ovvero nella trasmissione di un segnale, che può essere: elettrico, magnetico, ottico o per effetto di una creazione di onda di pressione, ad un ricevitore. A seconda di quale dispositivo viene utilizzato, le informazioni che si ottengono possono essere di diverso tipo, oltre al conteggio dei veicoli che sta alla base di ogni dispositivo.

I dispositivi fissi non intrusivi non vanno ad interagire direttamente con il traffico ma acquisiscono le informazioni attraverso un sistema sorgente-ricettore. Tale sistema può essere di natura diversa, a seconda dei sensori utilizzati.

I sensori possono essere:

- Sensori a microonde
- Sensori a raggi infrarossi
- Sensori acustici

Se parliamo di sensori a raggi infrarossi passivi, l'acquisizione delle informazioni del traffico avviene attraverso o emissioni di onde elettromagnetiche (sensori a microonde, in particolare radar a effetto Doppler); oppure attraverso la variazione di energia radiale che la pavimentazione emana al passaggio di un veicolo. Se parliamo invece di sensori a raggi infrarossi attivi si valuta l'effetto dell'interruzione del segnale generato dal mezzo transitante o l'emissioni di suoni che i mezzi emettono, generati degli organi meccanici e dal rotolamento degli pneumatici sulla pavimentazione stradale.

Un'ultima tipologia di sistemi intrusivi è basata sul Trattamento Automatico di Immagini, TAI. Questo sistema consiste nelle acquisizioni d'immagini che, attraverso un software, va a determinare i parametri di traffico, come: numero, velocità media e lunghezza sommaria dei veicoli.

I dispositivi intrusivi sono quindi degli strumenti che permettono di rilevare e acquisire delle informazioni del traffico senza essere a contatto diretto con i mezzi transitanti.

I dispositivi mobili sono apparecchiature istallate direttamente a bordo dei veicoli con lo scopo di rilevare il flusso stradale in termini di velocità, tempi di percorrenza, posizione del rilievo attraverso degli appositi sistemi, come ad esempio il GPS, ecc [15].

2.3 Il rilievo del traffico nelle tratte Autostradali

I sistemi di rilievo del traffico esposti nel paragrafo precedente permettono di acquisire delle informazioni sul traffico, come la velocità, portata, lunghezza dei veicoli, osservazione delle manovre in corrispondenza di intersezioni, ecc. ma non ci danno nessuna informazione sul peso né sul numero di assi del veicolo transitante.

Il problema del peso del veicolo può essere risolto utilizzando apparecchiature chiamate WIM (Weigh-In-Motion) che permettono di rilevare il peso dei veicoli, come si evince anche dal nome "peso in movimento". Tali apparecchiature permettendo quindi di fare una classificazione dei veicoli per classi in base al peso e consentono anche di verificare se vengono rispettati i limiti di carico imposti dal Codice della Strada.

Questa informazione è utile al fine della progettazione e manutenzione della pavimentazione stradale, ma non è sufficiente. Oltre al peso, per arrivare a definire uno spettro di traffico, è necessario conoscere il tipo di mezzo e il numero di assi che costituisce un mezzo pesante. Questo è il motivo principale per cui, in questo studio, non sono state utilizzate le apparecchiature WIM, oltre al fatto che sono caratterizzati da costi elevati.

In questo studio si è rilevato il traffico mediante un conteggio manuale, eseguito attraverso la visione di filmati registrati, forniti dalla società Autostrade.

Le riprese sono state fatte con delle telecamere situate in punti specifici delle tratte individuate. In particolare, nel tratto A1 Ponte Fiume Enza - All. A22, sono stati presi i filmati in due punti:

- Km 125,9
- Km 153

Di seguito si riportano le immagini delle ubicazioni delle telecamere:

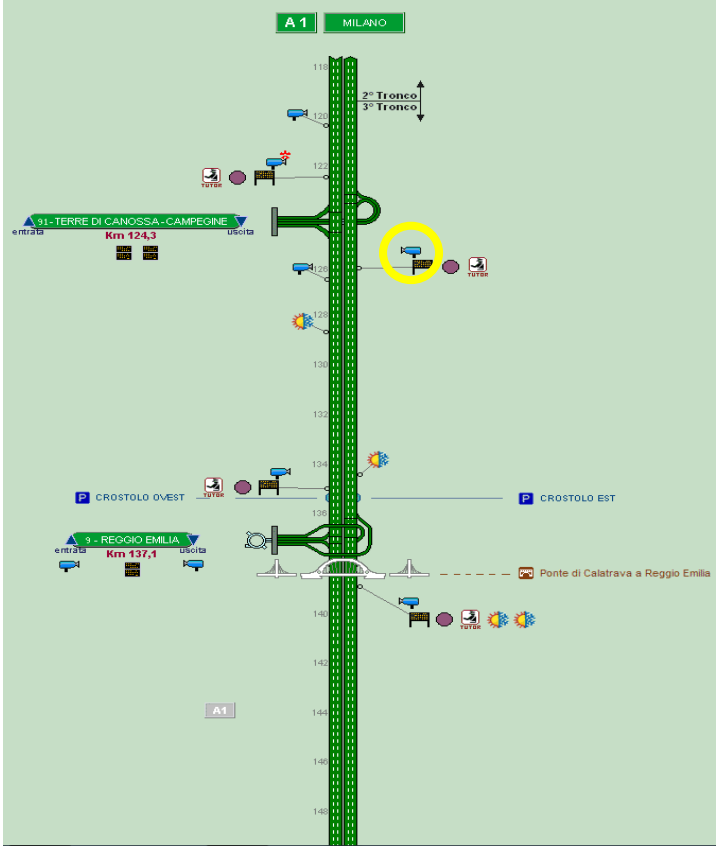


Figura 2.3.1 *A1 Ponte Fiume Enza - All. A22 [Km 125,9]*

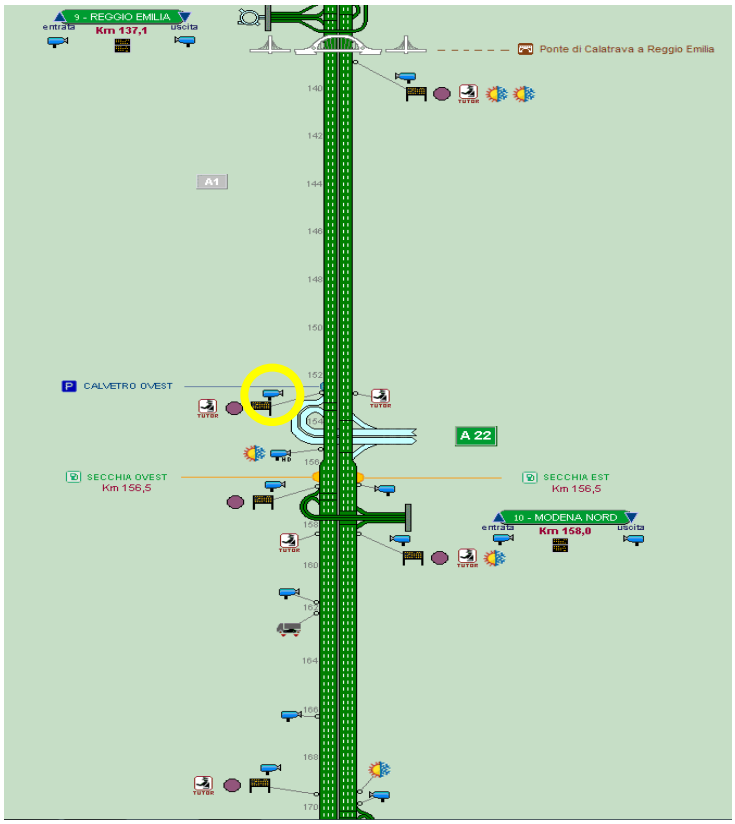


Figura 2.3.2 *A1 Ponte Fiume Enza - All. A22 [Km 153]*

Nel Tratto A1 Milano - Napoli, All. A22 - All. A14, i punti selezionati si trovano al:

- Km 166,1
- Km 158

In questo tratto la carreggiata è costituita da 4 corsie.

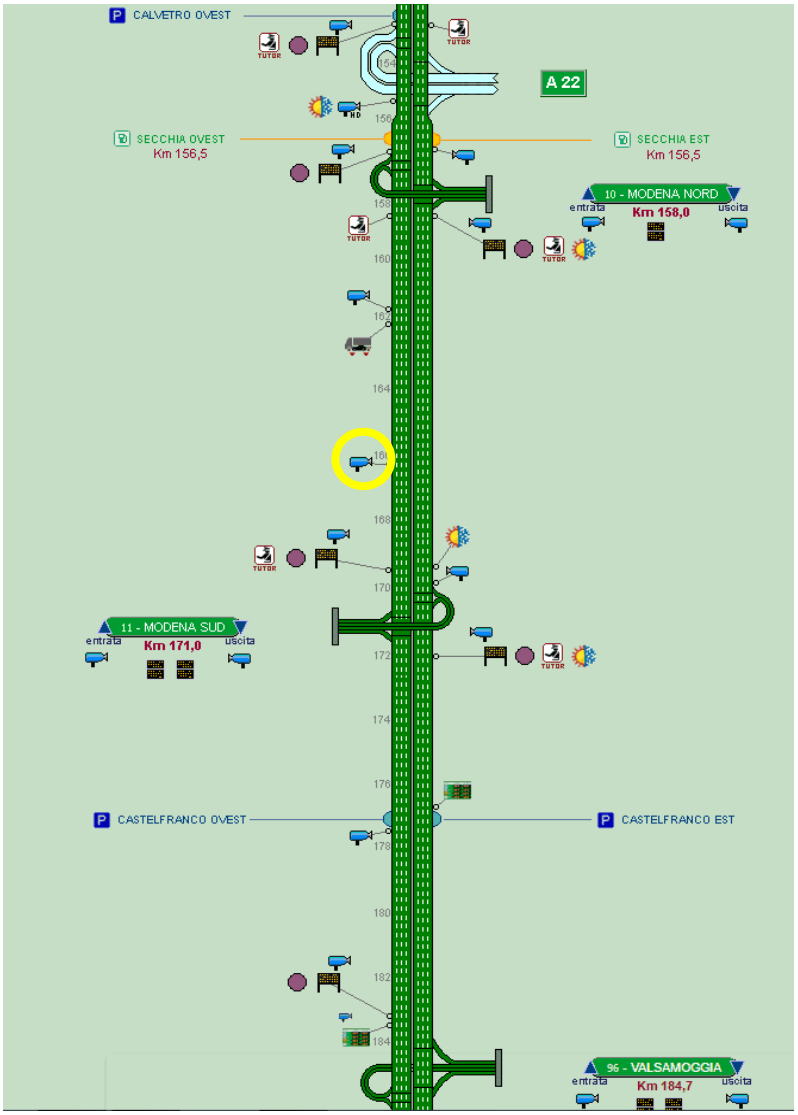


Figura 2.3.3 *A1 Milano - Napoli, All. A22 - All. A14 [Km 166,1]*

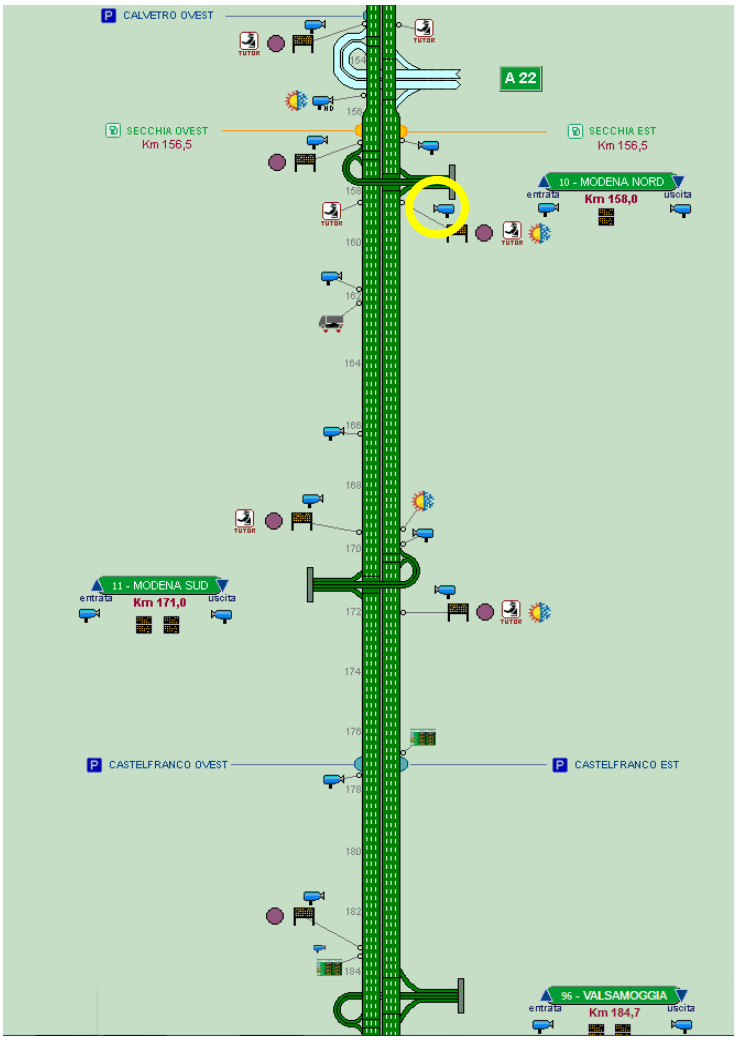


Figura 2.3.4 *A1 Milano - Napoli, All. A22 - All. A14 [Km 158]*

Nel tratto A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Variante di Valico, le telecamere selezionate si trovano nelle chilometriche:

- Km 219,16
- Km 211,5

Come è riportato nelle immagini successive.

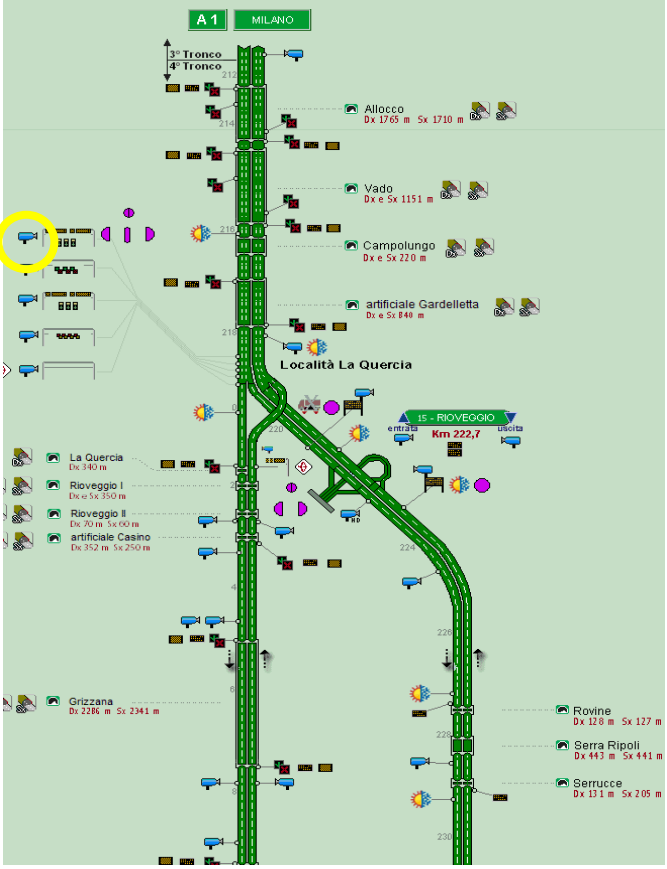


Figura 2.3.5 *A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Variante di Valico [Km 219,16]*

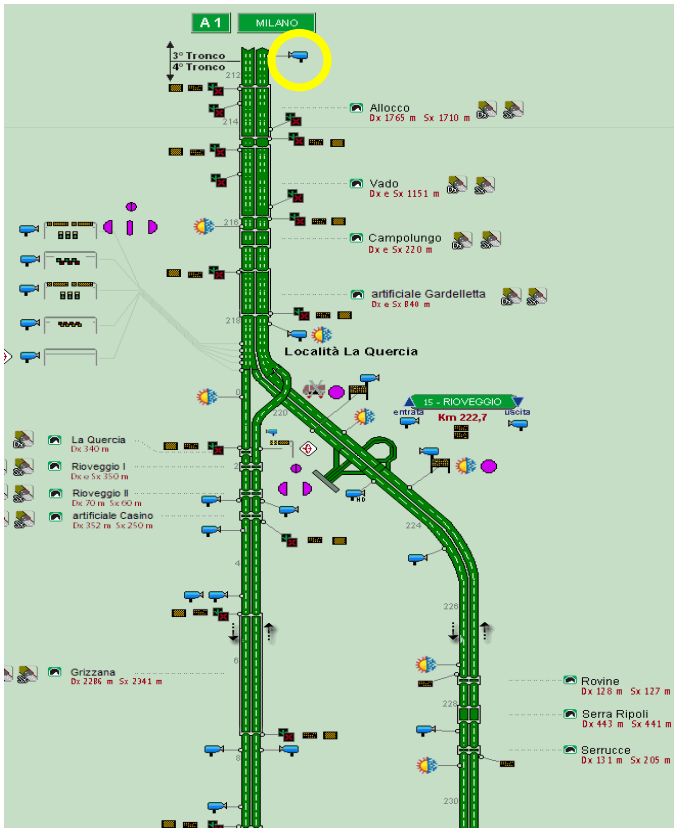


Figura 2.3.6 *A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Variante di Valico [Km 211,5]*

Nel tratto A14 Bologna - Taranto, All. Diramazione Ravenna - Cattolica, la posizione specifica delle telecamere è:

- Km 63
- Km 111,3

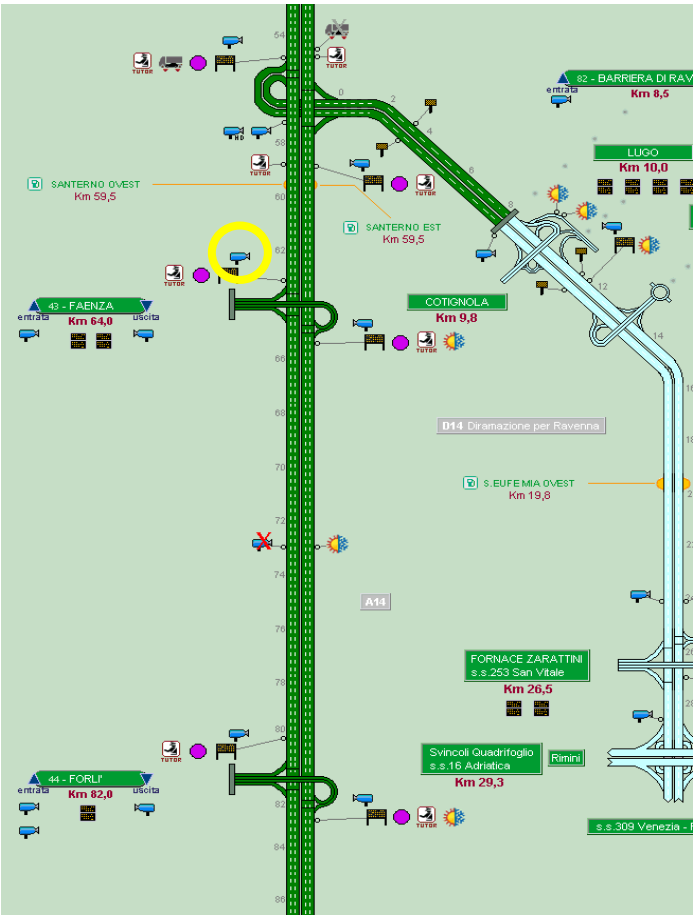


Figura 2.3.7 *A14 Bologna - Taranto, All. Diramazione Ravenna - Cattolica [Km 63]*

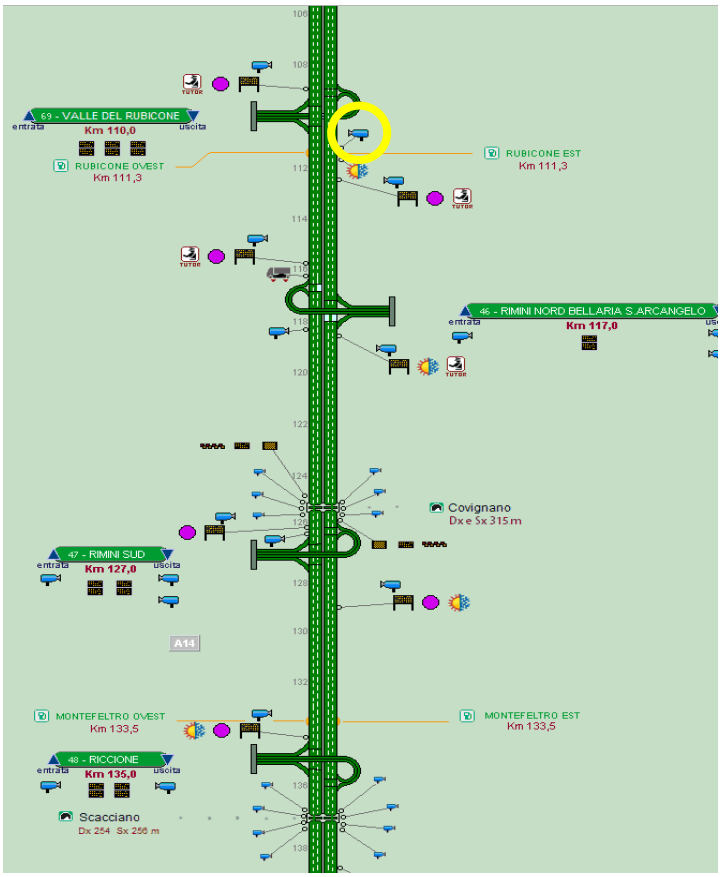


Figura 2.3.8 *A14 Bologna - Taranto, All. Diramazione Ravenna - Cattolica [Km 111,3]*

Per quanto riguarda la precisa ubicazione della telecamera del tratto A1 Milano - Napoli, Magliano Sabina - Ponzano R, non si hanno le informazioni necessarie per definirla.

I filmati visionati hanno una durata di 9 ore ciascuno, per un totale di 81 ore.

In particolare, i video sono tutti datati al giorno Martedì 3 Dicembre 2019 con registrazione dalle ore 8 alle ore 17, suddivisi ogni 5 min, ad esclusione del tratto A1 Magliano Sabina - Ponzano R. dove le riprese sono state fatte il giorno Martedì 5 Novembre 2019, dalle 10 alle 20:15, suddivise, circa, ogni 2 ore.

La visione è consistita nell'identificazione del tipo di mezzo e del numero di assi, riportato su fogli in formato cartaceo, suddivisi per tratto analizzato e per corsia di marcia. Nei fogli sono riportati i veicoli commerciali suddivisi per tipologia, numero di assi e massa limite. L'identificazione dei mezzi pesanti è stata fatta anche in funzione della suddivisione in classi di pedaggio definita dalla società Autostrade, questo a fronte del numero di transiti annuali, forniti dalla società, che saranno utilizzati per la determinazione del numero di passaggi di uno specifico mezzo.

Autostrade per l'Italia suddivide le classi di pedaggio in:

- Classe "A" : veicoli a due assi che hanno un altezza dell'asse anteriore < di 1,3 m.

- Classe "B": veicoli a due assi che hanno un'altezza dell'asse anteriore > 1,3 m

- Classe "3" : veicoli a tre assi, come autobus a tre assi, autoarticolato a tre assi, autotreno a tre assi e autocarro a tre assi

- Classe "4": veicoli a 4 assi come autotreni, autoarticolati e autocarro

- Classe "5": veicoli a 5 assi come autoarticolato e autotreno a 5 assi

Nel conteggio sono stati esclusi alcuni mezzi, tra cui i mezzi d'opera oltre alle autovetture.

Un esempio di fogli su cui sono state riportate le informazioni che venivano visionate mano a mano, viene riportato di seguito. In particolare, nella Figura 2.3.9 viene mostrata una tabella tipica dove sono stati annotati i veicoli commerciali che hanno un peso massimo ≥ 18 ton, ossia quelli rientranti nelle categorie 3,4,5 con riferimento alle figure riportate nelle tabelle (vedi Figura 2.3.9) e gli autocarri a 2 assi e gli autobus a 2 assi rientranti nella categoria B. Nella Figura 2.3.10 viene riportata la tabella tipica

dove sono stati annotati i veicoli a 2 assi con peso < 18 ton, ossia quei veicoli rientranti nella categoria B ad esclusione degli autobus a 2 assi e degli autocarri a 2 assi, in particolare si sono considerati i furgoni, tutti i veicoli a due assi che si stimava avere un'altezza dell'asse anteriore maggiore di 1,3 m e i caravan.

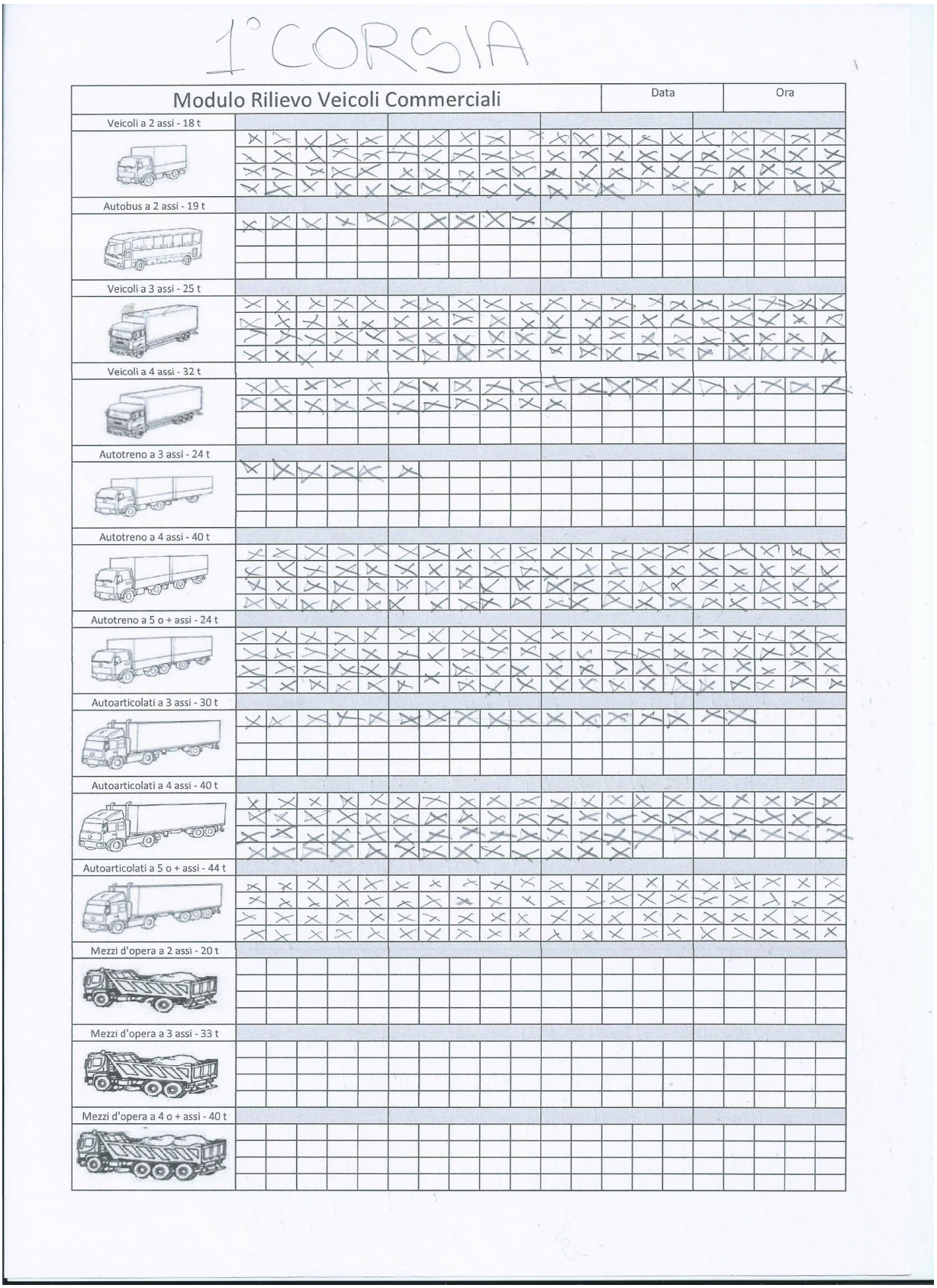


Figura 2.3.9 *Tipica tabella per l'annotazione dei mezzi pesanti > 18 t.*

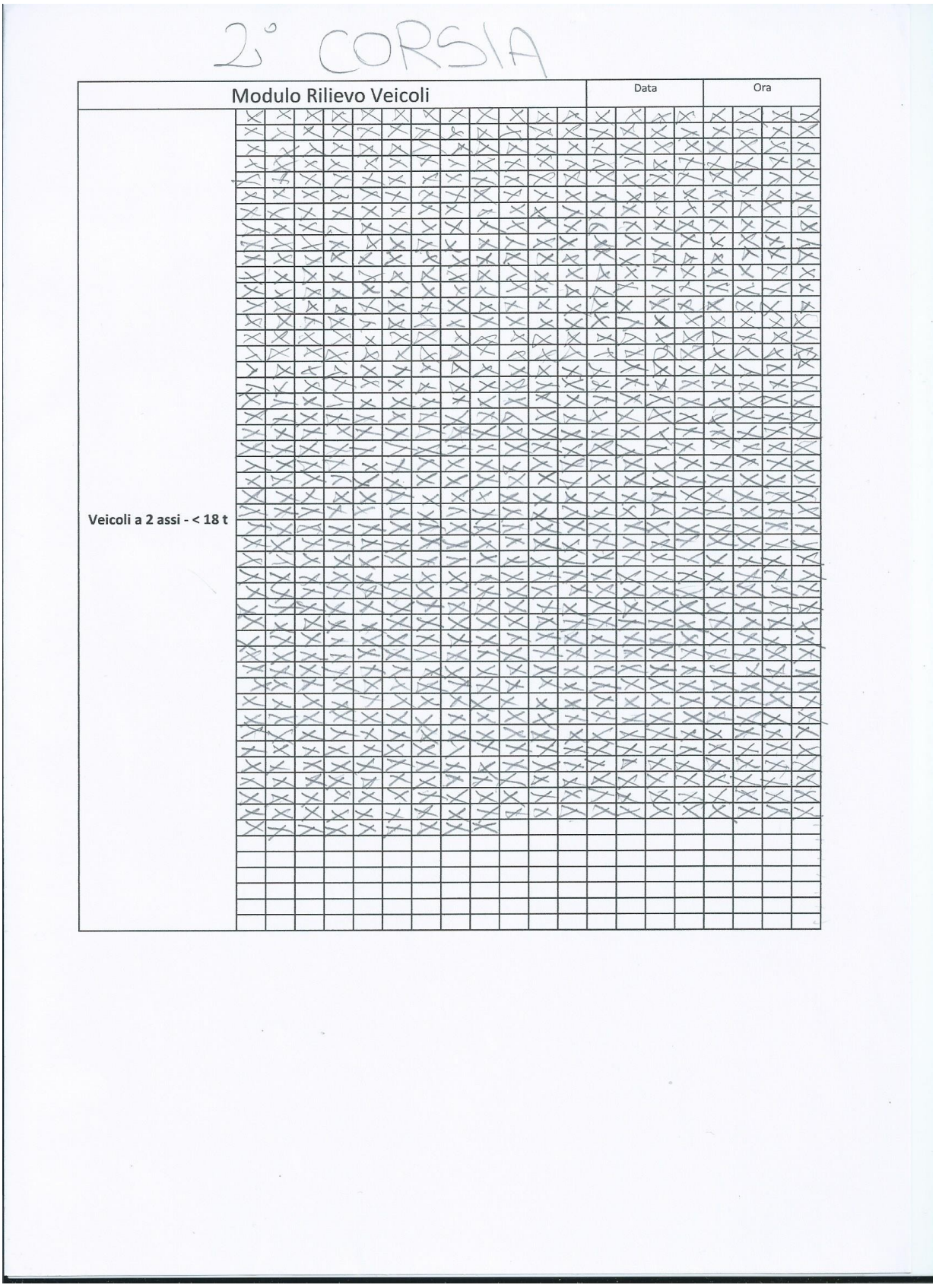


Figura 2.3.10 *Esempio di tabella per l'annotazione dei mezzi con peso < 18 t.*

Problematiche riscontrate durante il rilievo

La visione dei filmati non è stata semplice e veloce ma ci sono state delle difficoltà che hanno portato ad impiegare molto tempo nell'analisi e registrazione delle informazioni.

Il problema principale è dovuto alla scarsa qualità delle immagini, eccetto il tratto A1 - Variante di Valico, dove la risoluzione era maggiore. Questo ha portato ad avere difficoltà nell'identificare il numero di assi dei mezzi pesanti e, a volte, anche il tipo di mezzo pesante, con la necessità di mettere in pausa il filmato per cercare di captare tale informazione. Di seguito si mostra questo problema attraverso dei fermi immagini presi da uno dei tanti tratti esaminati.

Figura 2.3.11 *Esempi di scarsa qualità.*

Altro problema riscontrato è dovuto alla copertura della visuale di un veicolo che viene sorpassato, non consentendo così un'identificazione del mezzo. Questo potrebbe

comportare una leggera sottostima del numero di transiti di un mezzo pesante. Di seguito si riportano delle immagini del problema riscontrato.

Figura 2.3.12 *Esempio di copertura della visuale: non è possibile identificare il mezzo sulla prima corsia*

La necessità di dover mettere in pausa il video è dovuta a diverse cause. Una tra queste è riguarda l'elevato numero di mezzi passanti in un periodo di tempo, che poteva arrivare anche ad 1 minuto,in uno o più corsie. Ad esempio:

Figura 2.3.13 *Esempio di necessità di fermare il video per poter registrare tutti i mezzi.*

Figura 2.3.14 *Altro esempio della necessità di mettere in pausa il filmato*

In alcuni casi, l'identificazione del mezzo è stata possibile solo attraverso dei frame successivi e con l'esperienza acquisita durante la visione. Questo è stato fatto per cercare di annotare tutti i mezzi pesanti transitanti. Un esempio di questo caso è riportato nelle immagini successive.

Figura 2.3.15 *Frame 1*

Figura 2.3.16 *Frame 2 preso nell'istante successivo al frame 1*

Nella Figura 2.3.16 è possibili notare la presenza di un autoarticolato a 5 assi sulla prima corsia, che non era visibile nel primo frame riportato nella Figura 2.3.15.

Altro motivo che ha richiesto l'esigenza di dover mettere, spesso, in pausa il filmato è dovuto a due fattori: la scarsa qualità dell'immagine e l'individuazione del numero di assi solo nell'istante in cui il mezzo arrivava alla fine dell'immagine. Questo è riscontrabile nell'immagine seguente ma anche dalla Figura 2.3.13.

Figura 2.3.17 *Esempio di mezzo individuabile alla fine dell'immagine.*

Oltre alle difficoltà e le varie problematiche, si sono notate delle caratteristiche dei mezzi pesanti. In particolare si è visto che ci sono mezzi aventi stesso numero di assi ma dimensioni diverse, o dimensioni maggiori dei mezzi con minor numero di assi rispetto a quelli con numero superiore, ad esempio ci sono autoarticolati a 4 assi con dimensioni maggiori di quelle a 5 assi; inoltre ci sono mezzi con un numero di assi superiore a 6. Questo per dire che la dimensione del mezzo non può essere messa in relazione al suo peso o al numero di assi.

Già dalla visione dei video si è avuta una percezione dell'elevato numero di transiti dei mezzi pesanti, in particolare autoarticolati a 5 assi, riscontrato, poi, al momento dell'elaborazione dei dati. Di seguito si riportano due immagini di uno stesso tratto autostradale analizzato, in particolare nella zona appenninica, dove è possibile notare l'elevata quantità di veicoli commerciali.

Figura 2.3.18 *Autostrada A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Variante di Valico Km 211,1 ore 13:11*

Figura 2.3.19 *Autostrada A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Variante di Valico Km 211,1 ore 16:41*

2.4 Elaborazione Dati

Una volta visionate tutte e 81 le ore, si è passati all'elaborazione dei dati raccolti. Innanzitutto è stato conteggiato il numero di passaggi di ogni veicolo e riportato in delle tabelle che sono state suddivise per tratta analizzata, come mostrato di seguito.

A1 MAGLIANO SABINA - PONZANO R. SUD					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	468	1859	801	3128
	Autocarri a 2 assi 18 t	216	37	0	253
	Autobus 2 assi 19t	52	42	0	94
3	Autocarri 3 assi 25 t	194	38	0	232
	Autotreno 3 assi 24 t	1	0	0	1
	Autoarticolato 3 assi 30 t	12	3	0	15
4	Autocarri 4 assi 32 t	4	6	0	10
	Autotreno 4 assi 40 t	71	7	0	78
	Autoarticolato 4 assi 40 t	44	11	0	55
5	Autotreno 5 + assi 44 t	235	26	0	261
	Autoarticolato 5 assi 44 t	1998	317	0	2315
	TOTALE	3295	2346	801	6442
	TOTALE 3,4,5	2559	408		2967
	TOTALE 3	207	41		
	TOTALE 4	119	24		
	TOTALE 5	2233	343		

Tabella 2.1 *Traffico Magliano Sabina - Ponzano R.*

Nella tabella sono riportati il numero di transiti di ogni mezzo per ogni corsia. È stato, inoltre, calcolato il valore totale dei transiti per ogni tipo di veicolo sulla carreggiata, dato dalla somma dei valori della 1°,2° e 3° corsia.

Inoltre sono stati determinati:

- TOTALE: numero totale di transiti di tutti i mezzi per ciascuna corsia
- TOTALE 3,4,5: numero di transiti dei veicoli a 3, 4 e 5 assi per ciascuna corsia
- TOTALE 3: numero di transiti dei veicoli a 3 assi per ciascuna corsia
- TOTALE 4: numero di transiti dei veicoli a 4 assi per ciascuna corsia
- TOTALE 5: numero di transiti dei veicoli a 5 assi per ciascuna corsia

Di seguito si riportano lo stesso tipo di tabelle per gli altri tratti

A1 MILANO - NAPOLI - SASSO MARCONI - VARIANTE DI VALICO NORD Km 219,16					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	468	2020	1151	3639
	Autocarri a 2 assi 18 t	170	37	0	207
	Autobus 2 assi 19t	30	37	0	67
3	Autocarri 3 assi 25 t	217	42	0	259
	Autotreno 3 assi 24 t	3	0	0	3
	Autoarticolato 3 assi 30 t	13	3	0	16
4	Autocarri 4 assi 32 t	20	0	0	20
	Autotreno 4 assi 40 t	117	33	0	150
	Autoarticolato 4 assi 40 t	52	13	0	65
5	Autotreno 5 + assi 44 t	210	46	0	256
	Autoarticolato 5 assi 44 t	2418	516	0	2934
	TOTALE	3718	2747	1151	7616
	TOTALE 3,4,5	3050	653		3703
	TOTALE 3	233	45		
	TOTALE 4	189	46		
	TOTALE 5	2628	562		

Tabella 2.2 *Traffico A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Var. Valico, direzione Nord, Km 219,16*

A1 MILANO - NAPOLI - SASSO MARCONI - VARIANTE DI VALICO SUD Km 211,5					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	411	2118	856	3385
	Autocarri a 2 assi 18 t	236	42	0	278
	Autobus 2 assi 19t	41	34	0	75
3	Autocarri 3 assi 25 t	124	34	0	158
	Autotreno 3 assi 24 t	5	0	0	5
	Autoarticolato 3 assi 30 t	14	0	0	14
4	Autocarri 4 assi 32 t	15	1	0	16
	Autotreno 4 assi 40 t	163	33	0	196
	Autoarticolato 4 assi 40 t	159	21	0	180
5	Autotreno 5 + assi 44 t	150	42	0	192
	Autoarticolato 5 assi 44 t	2471	403	0	2874
	TOTALE	3789	2728	856	7373
	TOTALE 3,4,5	3101	534		3635
	TOTALE 3	143	34		
	TOTALE 4	337	55		
	TOTALE 5	2621	445		

Tabella 2.3 *Traffico A1 Milano - Napoli, Sasso Marconi - Var. Valico, direzione Sud, Km 211,5*

A1 MILANO - NAPOLI - PONTE FIUME ENZA - ALL. A22 NORD Km 153					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	456	1720	1125	3301
	Autocarri a 2 assi 18 t	391	75	0	466
	Autobus 2 assi 19t	11	18	0	29
3	Autocarri 3 assi 25 t	353	41	0	394
	Autotreno 3 assi 24 t	9	0	0	9
	Autoarticolato 3 assi 30 t	14	3	0	17
4	Autocarri 4 assi 32 t	13	3	0	16
	Autotreno 4 assi 40 t	148	38	0	186
	Autoarticolato 4 assi 40 t	99	24	0	123
5	Autotreno 5 + assi 44 t	410	50	0	460
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3289	714	0	4003
	TOTALE	5193	2686	1125	9004
	TOTALE 3,4,5	4335	873		5208
	TOTALE 3	376	44		
	TOTALE 4	260	65		
	TOTALE 5	3699	764		

Tabella 2.4 *Traffico A1 Milano - Napoli, Ponte Fiume Enza - All.A22, direzione Nord, Km 153*

A1 MILANO - NAPOLI - PONTE FIUME ENZA - ALL. A22 SUD Km 125,9					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	424	1477	840	2741
	Autocarri a 2 assi 18 t	344	67	0	411
	Autobus 2 assi 19t	15	20	0	35
3	Autocarri 3 assi 25 t	273	75	0	348
	Autotreno 3 assi 24 t	17	3	0	20
	Autoarticolato 3 assi 30 t	30	6	0	36
4	Autocarri 4 assi 32 t	119	22	0	141
	Autotreno 4 assi 40 t	119	26	0	145
	Autoarticolato 4 assi 40 t	140	28	0	168
5	Autotreno 5 + assi 44 t	345	89	0	434
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3082	922	0	4004
	TOTALE	4908	2735	840	8483
	TOTALE 3,4,5	4125	1171		5296
	TOTALE 3	320	84		
	TOTALE 4	378	76		
	TOTALE 5	3427	1011		

Tabella 2.5 *Traffico A1 Milano - Napoli, Ponte Fiume Enza - All.A22, direzione Sud, Km 125,9*

A1 MILANO - NAPOLI - ALL. A22 - ALL.A14 NORD Km 166,1						
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	4° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	256	909	2040	946	4151
	Autocarri a 2 assi 18 t	298	137	1	0	436
	Autobus 2 assi 19t	11	23	4	0	38
3	Autocarri 3 assi 25 t	298	124		0	422
	Autotreno 3 assi 24 t	6	5		0	11
	Autoarticolato 3 assi 30 t	17	6		0	23
4	Autocarri 4 assi 32 t	31	8		0	39
	Autotreno 4 assi 40 t	154	78		0	232
	Autoarticolato 4 assi 40 t	73	35		0	108
5	Autotreno 5 + assi 44 t	334	167		0	501
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3435	1352	1	0	4788
	TOTALE	4913	2844	2046	946	10749
	TOTALE 3,4,5	4348	1775	1		6124
	TOTALE 3	321	135	0		
	TOTALE 4	258	121	0		
	TOTALE 5	3769	1519	1		

Tabella 2.6 *Traffico A1 Milano - Napoli, All.A22 - All.A14, direzione Nord, Km 166,1*

A1 MILANO - NAPOLI - ALL. A22 - ALL.A14 SUD Km 158						
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	4° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	306	829	1831	758	3724
	Autocarri a 2 assi 18 t	340	162	1	0	503
	Autobus 2 assi 19t	13	38	14	0	65
3	Autocarri 3 assi 25 t	232	121	1	0	354
	Autotreno 3 assi 24 t	17	5		0	22
	Autoarticolato 3 assi 30 t	27	9		0	36
4	Autocarri 4 assi 32 t	57	34	1	0	92
	Autotreno 4 assi 40 t	73	27	1	0	101
	Autoarticolato 4 assi 40 t	104	60		0	164
5	Autotreno 5 + assi 44 t	362	180	2	0	544
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3090	1631	24	0	4745
	TOTALE	4621	3096	1875	758	10350
	TOTALE 3,4,5	3962	2067	29		6058
	TOTALE 3	276	135	1		
	TOTALE 4	234	121	2		
	TOTALE 5	3452	1811	26		

Tabella 2.7 *Traffico A1 Milano - Napoli, All.A22 - All.A14, direzione Sud, Km 158*

A14 BOLOGNA-TARANTO - ALL. DIRA. RAVENNA-CATTOLICA NORD Km 63					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	406	1465	590	2461
	Autocarri a 2 assi 18 t	253	38	0	291
	Autobus 2 assi 19t	5	8	0	13
3	Autocarri 3 assi 25 t	230	36	0	266
	Autotreno 3 assi 24 t	6	1	0	7
	Autoarticolato 3 assi 30 t	6	3	0	9
4	Autocarri 4 assi 32 t	4	2	0	6
	Autotreno 4 assi 40 t	74	13	0	87
	Autoarticolato 4 assi 40 t	72	14	0	86
5	Autotreno 5 + assi 44 t	229	37	0	266
	Autoarticolato 5 assi 44 t	1697	266	0	1963
	TOTALE	2982	1883	590	5455
	TOTALE 3,4,5	2318	372		2690
	TOTALE 3	242	40		
	TOTALE 4	150	29		
	TOTALE 5	1926	303		

Tabella 2.8 *Traffico A14 Bologna-Taranto, All.Dira. Ravenna - Cattolica, direzione Nord, Km 63*

A14 BOLOGNA-TARANTO - ALL. DIRA. RAVENNA-CATTOLICA SUD Km 111,3					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA	2° CORSIA	3° CORSIA	TOT
		N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti	N° Transiti
2	Veicoli 2 assi < 18 T	437	1576	609	2622
	Autocarri a 2 assi 18 t	154	24	0	178
	Autobus 2 assi 19t	8	6	0	14
3	Autocarri 3 assi 25 t	198	34	0	232
	Autotreno 3 assi 24 t	1	1	0	2
	Autoarticolato 3 assi 30 t	6	2	0	8
4	Autocarri 4 assi 32 t	7	4	0	11
	Autotreno 4 assi 40 t	57	9	0	66
	Autoarticolato 4 assi 40 t	36	6	0	42
5	Autotreno 5 + assi 44 t	216	32	0	248
	Autoarticolato 5 assi 44 t	1304	190	0	1494
	TOTALE	2424	1884	609	4917
	TOTALE 3,4,5	1825	278		2103
	TOTALE 3	205	37		
	TOTALE 4	100	19		
	TOTALE 5	1520	222		

Tabella 2.9 *Traffico A14 Bologna-Taranto, All.Dira. Ravenna - Cattolica, direzione Sud, Km 111,3*

A questo punto si sono determinate le percentuali, per ogni singola corsia, di:

1) **% TOT** (% SUL TOTALE): indica la percentuale del numero di transiti del singolo veicolo rispetto al numero totale di mezzi transitanti su quella corsia. È stato determinato mediante la formula seguente:

$$\% \text{ TOT} = \frac{N_x}{TOTALE} \qquad [2.4.1]$$

Dove N_x indica il numero di transiti del singolo veicolo e TOTALE indica il numero totale di transiti sulla corsia.

Questo è stato determinato per tutti i tipi di veicoli e per tutte le corsie presenti nel tratto considerato.

2) **% V.L.** (% Veicoli Leggeri) : indica la percentuale del numero di transiti del singolo veicolo leggero, dove per veicoli leggeri si considerano i veicoli a 2 assi, rispetto al numero totale di transiti di tutti i veicoli a 2 assi passanti sulla singola corsia. L'equazione per la determinazione è la seguente:

$$\% \text{ V.L.} = \frac{N_{2x}}{TOTALE\ 2} \qquad [2.4.2]$$

Dove N_{2x} indica il numero di transiti di un veicolo leggero su una corsia e TOTALE 2 indica il numero totale di transiti dei veicoli leggeri su quella corsia. Anche in questo caso, è stato determinato per tutte le corsie.

3) **% V.P.** (% Veicoli Pesanti): indica la percentuale del numero di transiti del singolo veicolo pesante, dove per veicoli pesanti si considerano i veicoli a 3,4 e 5 assi, rispetto al numero totale di transiti di tutti i veicoli a 3,4 e 5 assi passanti sulla singola corsia. L'equazione per la determinazione è la seguente:

$$\% \text{ V.P.} = \frac{N_{px}}{TOTALE\ 3{,}4{,}5} \qquad [2.4.3]$$

Dove N_{px} indica il numero di transiti di un singolo veicolo pesante su una corsia e il TOTALE 3,4,5 indica il numero totale di transiti dei veicoli pesanti su quella corsia. Questo è stato determinato per le corsie interessate dal passaggio dei veicoli a 3, 4 e 5 assi; in particolare, nelle strade a 3 corsi è stato determinato per la 1° e 2° corsia, mentre nelle strade a 4 corsie, è stato determinato per la 1°, 2° e 3° corsia.

4) **% 3 assi** (% veicoli a 3 assi): indica la percentuale del singolo veicolo a tre assi su una corsia, rispetto alla somma totale dei vicoli a tre assi su quella corsia. La determinazione avviene attraverso tale formula:

$$\% \text{ 3 assi} = \frac{N_{x3}}{TOTALE\ 3} \qquad [2.4.4]$$

Dove N_{x3} indica il numero di transiti di un veicolo a tre assi su una specifica corsia, mentre TOTALE 3 indica la somma del numero di transiti dei veicoli a tre assi passanti sulla stessa corsia. Questo è stato determinato solo per le corsie interessate dal passaggio dei veicoli a 3 assi.

5) **% 4 assi** (% veicoli a 4 assi): indica la percentuale del singolo veicolo a quattro assi su una corsia, rispetto alla somma totale dei vicoli a quattro assi su quella corsia. La determinazione avviene attraverso tale formula:

$$\% \text{ 4 assi} = \frac{N_{x4}}{TOTALE\ 4} \qquad [2.4.5]$$

Dove N_{x4} indica il numero di transiti di un veicolo a quattro assi su una specifica corsia, mentre TOTALE 4 indica la somma del numero di transiti dei veicoli a quattro assi passanti sulla stessa corsia. Questo è stato determinato solo per le corsie interessate dal passaggio dei veicoli a 4 assi.

6) **% 5 assi** (% veicoli a 5 assi): indica la percentuale del singolo veicolo a cinque assi su una corsia, rispetto alla somma totale dei vicoli a cinque assi su quella corsia. La determinazione avviene attraverso tale formula:

$$\% \text{ 5 assi} = \frac{N_{x5}}{TOTALE\ 5} \qquad [2.4.6]$$

Dove N_{x5} indica il numero di transiti di un veicolo a cinque assi su una specifica corsia, mentre TOTALE 5 indica la somma del numero di transiti dei veicoli a cinque assi passanti sulla stessa corsia. Questo è stato determinato solo per le corsie interessate dal passaggio dei veicoli a 5 assi.

Inoltre si sono determinati i transiti percentuali sulla carreggiata. In particolare si è determinato:

7) **% T.C.** (% TOTALE CARREGGIATA): indica la percentuale totale sulla carreggiata di un singolo veicolo, rispetto al numero di transiti totali sulla carreggiata. In particolare viene determinato come:

$$\% = \frac{N_{Tx}}{TOTALE\ C.} \qquad [2.4.7]$$

Dove N_{Tx} indica il numero totale di transiti sulla carreggiata di un singolo tipo di veicolo, mentre TOTALE C. indica il numero totale di transiti, sulla carreggiata, di tutti i veicoli, ottenuto sommando il numero di transiti totali. Questo è stato determinato per tutte le tratte analizzate.

Altri valori determinati sono:

8) **% V.P. (3,4,5)** [% Veicoli Pesanti a 3,4,5 assi]: indica la percentuale di veicoli a 3,4 e 5 assi passanti sulla corsia,rispetto agli stessi passanti sulla carreggiata. È stato determinato utilizzando l'equazione seguente:

$$\% \text{ V.P. } (3,4,5) = \frac{TOTALE\ 3{,}4{,}5_i}{\sum_{i=1}^{n} TOTALE\ 3{,}4{,}5_i} \qquad [2.4.8]$$

n = numero totale di corsie presenti nel tratto esaminato

Dove $TOTALE\ 3{,}4{,}5_i$ indica la somma di transiti dei veicoli a 3,4 e 5 assi sulla corsia i-esima.

9) **% V.L. (2 assi)** [% veicoli leggeri a 2 assi]: indica la percentuale di transiti di veicoli a 2 assi passanti sulla corsia, rispetto agli stessi passanti sulla carreggiata. La determinazione è avvenuta attraverso l'equazione:

$$\% \text{ V.L. } (2 \text{ assi}) = \frac{TOTALE\ 2_i}{\sum_{i=1}^{n} TOTALE\ 2_i} \qquad [2.4.9]$$

n = numero totale di corsie presenti nel tratto esaminato

Dove $TOTALE\ 2_i$ indica la somma dei transiti dei veicoli a 2 assi sulla corsia i-esima.

10) **% V. 3 assi** (% Veicoli a 3 assi): indica la percentuale del numero di passaggi dei veicoli a 3 assi sulla corsia, rispetto agli stessi passanti sulla carreggiata. L'equazione utilizza è:

$$\% \text{ V.3 assi} = \frac{TOTALE\ 3_i}{\sum_{i=1}^{n} TOTALE\ 3_i} \qquad [2.4.10]$$

n = numero totale di corsie presenti nel tratto esaminato

Dove $TOTALE\ 3_i$ indica la somma dei transiti dei veicoli a 3 assi sulla corsia i-esima.

11) **% V. 4 assi** (% Veicoli a 4 assi): indica la percentuale del numero di passaggi dei veicoli a 4 assi sulla corsia, rispetto agli stessi passanti sulla carreggiata. L'equazione utilizza è:

$$\% \text{ V.4 assi} = \frac{TOTALE\ 4_i}{\sum_{i=1}^{n} TOTALE\ 4_i} \qquad [2.4.11]$$

n = numero totale di corsie presenti nel tratto esaminato

Dove $TOTALE\ 4_i$ indica la somma dei transiti dei veicoli a 4 assi sulla corsia i-esima.

12) **% V. 5 assi** (% Veicoli a 5 assi): indica la percentuale del numero di passaggi dei veicoli a 5 assi sulla corsia, rispetto agli stessi passanti sulla carreggiata.
L'equazione utilizza è:

$$\% \text{ V.5 assi} = \frac{TOTALE\ 5_i}{\sum_{i=1}^{n} TOTALE\ 5_i} \qquad [2.4.12]$$

n = numero totale di corsie presenti nel tratto esaminato

Dove $TOTALE\ 5_i$ indica la somma dei transiti dei veicoli a 5 assi sulla corsia i-esima.

Nelle pagine seguenti si riportano le tabelle dei risultati delle percentuali appena esposte nei vari tratti analizzati.

A1 MAGLIANO SABINA - PONZANO R. SUD																					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	468	14%	64%					1859	79%	96%					801	100%		3128	48.6%
	Autocarri 18 t	216	7%	29%					37	2%	2%					0	0%		253	3.9%
	Autobus 19t	52	2%	7%					42	2%	2%					0	0%		94	1.5%
3	Autocarri 25 t	194	6%		8%	94%			38	2%		9%	93%			0	0%		232	3.6%
	Autotreno 24 t	1	0%		0%	0%			0	0%		0%	0%			0	0%		1	0.0%
	Autoarticolato 30 t	12	0%		0%	6%			3	0%		1%	7%			0	0%		15	0.2%
4	Autocarri 32 t	4	0%		0%		3%		6	0%		1%		25%		0	0%		10	0.2%
	Autotreno 40 t	71	2%		3%		60%		7	0%		2%		29%		0	0%		78	1.2%
	Autoarticolato 40 t	44	1%		2%		37%		11	0%		3%		46%		0	0%		55	0.9%
5 o +	Autotreno 44t	235	7%		9%			11%	26	1%		6%			8%	0	0%		261	4.1%
	Autoarticolato 44 t	1998	61%		78%			89%	317	14%		78%			92%	0	0%		2315	35.9%
	TOTALE	3295	100%	100%		100%	100%	100%	2346	100%	100%	100%	100%	100%	100%	801	100%		6442	100%
	TOTALE 3,4,5	2559			100%				408										2967	
	TOTALE 3	207							41											
	TOTALE 4	119							24											
	TOTALE 5	2233							343											
	% V.P (3,4,5)	86.2%							13.8%											100%
	% V.L (2 assi)	21%							56%							23%				77%
	% V. 3 assi	83%							17%											
	% V. 4 assi	83%							17%											
	% V. 5 assi	87%							13%											

Tabella 2.10 *A1 MAGLIANO SABINA - PONZANO R. SUD*

A1 MILANO - NAPOLI SASSO MARCONI - VARIANTE DI VALICO NORD, Km 219,16																					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	468	13%	70%					2020	74%	96%					1151	100%		3639	47.8%
	Autocarri 18 t	170	5%	25%					37	1%	2%					0	0%		207	2.7%
	Autobus 19t	30	1%	4%					37	1%	2%					0	0%		67	0.9%
3	Autocarri 25 t	217	6%		7%	93%			42	2%		6%	93%			0	0%		259	3.4%
	Autotreno 24 t	3	0%		0%	1%			0	0%		0%	0%			0	0%		3	0.0%
	Autoarticolato 30 t	13	0%		0%	6%			3	0%		0%	7%			0	0%		16	0.2%
4	Autocarri 32 t	20	1%		1%		11%		0	0%		0%		0%		0	0%		20	0.3%
	Autotreno 40 t	117	3%		4%		62%		33	1%		5%		72%		0	0%		150	2.0%
	Autoarticolato 40 t	52	1%		2%		28%		13	0%		2%		28%		0	0%		65	0.9%
5	Autotreno 44t	210	6%		7%			8%	46	2%		7%			8%	0	0%		256	3.4%
	Autoarticolato 44 t	2418	65%		79%			92%	516	19%		79%			92%	0	0%		2934	38.5%
	TOTALE	3718	100%	100%		100%	100%	100%	2747	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1151	100%		7616	100%
	TOTALE 3,4,5	3050			100%				653										3703	
	TOTALE 3	233							45											
	TOTALE 4	189							46											
	TOTALE 5	2628							562											
	% V.P (3,4,5)	82.4%							17.6%											100%
	% V.L (2 assi)	17%							54%							29%				71%
	% V. 3 assi	84%							16%											
	% V. 4 assi	80%							20%											
	% V. 5 assi	82%							18%											

Tabella 2.11 *A1 MILANO - NAPOLI , SASSO MARCONI - VARIANTE DI VALICO NORD, Km 219,16*

A1 MILANO - NAPOLI SASSO MARCONI - VARIANTE DI VALICO SUD, Km 211,5																					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	411	11%	60%					2118	78%	97%					856	100%		3385	45.9%
	Autocarri 18 t	236	6%	34%					42	2%	2%					0	0%		278	3.8%
	Autobus 19t	41	1%	6%					34	1%	2%					0	0%		75	1.0%
3	Autocarri 25 t	124	3%		4%	87%			34	1%		6.4%	100%			0	0%		158	2.1%
	Autotreno 24 t	5	0%		0%	3%			0	0%		0.0%	0%			0	0%		5	0.1%
	Autoarticolato 30 t	14	0%		0%	10%			0	0%		0.0%	0%			0	0%		14	0.2%
4	Autocarri 32 t	15	0%		0%		4%		1	0%		0.2%		2%		0	0%		16	0.2%
	Autotreno 40 t	163	4%		5%		48%		33	1%		6.2%		60%		0	0%		196	2.7%
	Autoarticolato 40 t	159	4%		5%		47%		21	1%		3.9%		38%		0	0%		180	2.4%
5	Autotreno 44t	150	4%		5%			6%	42	2%		7.9%			9%	0	0%		192	2.6%
	Autoarticolato 44 t	2471	65%		80%			94%	403	15%		75.5%			91%	0	0%		2874	39.0%
	TOTALE	3789	100%	100%		100%	100%	100%	2728	100%	100%	100.0%	100%	100%	100%	856	100%		7373	100%
	TOTALE 3,4,5	3101			100%				534										3635	
	TOTALE 3	143							34											
	TOTALE 4	337							55											
	TOTALE 5	2621							445											
	% V.P (3,4,5)	85.3%							14.7%											100%
	% V.L (2 assi)	18%							59%							23%				77%
	% V. 3 assi	81%							19%											
	% V. 4 assi	86%							14%											
	% V. 5 assi	85%							15%											

Tabella 2.12 *A1 MILANO - NAPOLI , SASSO MARCONI - VARIANTE DI VALICO SUD, Km 211,5*

A1 MILANO - NAPOLI PONTE FIUME ENZA - ALL.A22 NORD, Km 153																				
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	456	9%	53%					1720	64%	95%					1125	100%		3301	36.7%
	Autocarri 18 t	391	8%	46%					75	3%	4%					0	0%		466	5.2%
	Autobus 19t	11	0%	1%					18	1%	1%					0	0%		29	0.3%
3	Autocarri 25 t	353	7%		8.1%	94%			41	2%		4.7%	93%			0	0%		394	4.4%
	Autotreno 24 t	9	0%		0.2%	2%			0	0%		0.0%	0%			0	0%		9	0.1%
	Autoarticolato 30 t	14	0%		0.3%	4%			3	0%		0.3%	7%			0	0%		17	0.2%
4	Autocarri 32 t	13	0%		0.3%		5%		3	0%		0.3%		5%		0	0%		16	0.2%
	Autotreno 40 t	148	3%		3.4%		57%		38	1%		4.4%		58%		0	0%		186	2.1%
	Autoarticolato 40 t	99	2%		2.3%		38%		24	1%		2.7%		37%		0	0%		123	1.4%
5	Autotreno 44t	410	8%		9.5%			11%	50	2%		5.7%			7%	0	0%		460	5.1%
	Autoarticolato 44 t	3289	63%		75.9%			89%	714	27%		81.8%			93%	0	0%		4003	44.5%
	TOTALE	5193	100%	100%		100%	100%	100%	2686	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1125	100%		9004	100%
	TOTALE 3,4,5	4335			100%				873										5208	
	TOTALE 3	376							44											
	TOTALE 4	260							65											
	TOTALE 5	3699							764											
	% V.P (3,4,5)	83.2%							16.8%											100%
	% V.L (2 assi)	23%							48%							30%				70%
	% V. 3 assi	90%							10%											
	% V. 4 assi	80%							20%											
	% V. 5 assi	83%							17%											

Tabella 2.13 *A1 MILANO - NAPOLI PONTE FIUME ENZA - ALL.A22 NORD, Km 153*

A1 MILANO - NAPOLI PONTE FIUME ENZA - ALL.A22 SUD, Km 125,9																					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	424	9%	54%					1477	54%	94%					840	100%		2741	32.3%
	Autocarri 18 t	344	7%	44%					67	2%	4%					0	0%		411	4.8%
	Autobus 19t	15	0%	2%					20	1%	1%					0	0%		35	0.4%
3	Autocarri 25 t	273	6%		6.6%	85%			75	3%		6.4%	89%			0	0%		348	4.1%
	Autotreno 24 t	17	0%		0.4%	5%			3	0%		0.3%	4%			0	0%		20	0.2%
	Autoarticolato 30 t	30	1%		0.7%	9%			6	0%		0.5%	7%			0	0%		36	0.4%
4	Autocarri 32 t	119	2%		2.9%		31%		22	1%		1.9%		29%		0	0%		141	1.7%
	Autotreno 40 t	119	2%		2.9%		31%		26	1%		2.2%		34%		0	0%		145	1.7%
	Autoarticolato 40 t	140	3%		3.4%		37%		28	1%		2.4%		37%		0	0%		168	2.0%
5	Autotreno 44t	345	7%		8.4%			10%	89	3%		7.6%			9%	0	0%		434	5.1%
	Autoarticolato 44 t	3082	63%		74.7%			90%	922	34%		78.7%			91%	0	0%		4004	47.2%
	TOTALE	4908	100%	100%		100%	100%	100%	2735	100%	100%	100%	100%	100%	100%	840	100%		8483	100%
	TOTALE 3,4,5	4125			100%				1171										5296	
	TOTALE 3	320							84											
	TOTALE 4	378							76											
	TOTALE 5	3427							1011											
	% V.P (3,4,5)	77.9%							22.1%											100%
	% V.L (2 assi)	25%							49%							26%				74%
	% V. 3 assi	79%							21%											
	% V. 4 assi	83%							17%											
	% V. 5 assi	77%							23%											

Tabella 2.14 *A1 MILANO - NAPOLI PONTE FIUME ENZA - ALL.A22 SUD, Km 125.9*

A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 NORD, Km 166,1																
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi
2	V. < 18 T	256	5%	45%					909	32%	85%				
	Autocarri 18 t	298	6%	53%					137	5%	13%				
	Autobus 19t	11	0%	2%					23	1%	2%				
3	Autocarri 25 t	298	6%		6.9%	93%			124	4%		7.0%	92%		
	Autotreno 24 t	6	0%		0.1%	2%			5	0%		0.3%	4%		
	Autoarticolato 30 t	17	0%		0.4%	5%			6	0%		0.3%	4%		
4	Autocarri 32 t	31	1%		0.7%		12%		8	0%		0.5%		7%	
	Autotreno 40 t	154	3%		3.5%		60%		78	3%		4.4%		64%	
	Autoarticolato 40 t	73	1%		1.7%		28%		35	1%		2.0%		29%	
5	Autotreno 44t	334	7%		7.7%			9%	167	6%		9.4%			11%
	Autoarticolato 44 t	3435	70%		79.0%			91%	1352	48%		76.2%			89%
	TOTALE	4913	100%	100%		100%	100%	100%	2844	100%	100.0%	100.0%	100%	100%	100%
	TOTALE 3,4,5	4348			100%				1775						
	TOTALE 3	321							135						
	TOTALE 4	258							121						
	TOTALE 5	3769							1519						
	% V.P (3,4,5)	71.0%							29.0%						
	% V.L (2 assi)	12%							23%						
	% V. 3 assi	70%							30%						
	% V. 4 assi	68%							32%						
	% V. 5 assi	71%							29%						

Tabella 2.15 *A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 NORD, Km 166,1 - CORSIA 1 E 2*

A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 NORD, Km 166,1													
ASSI	Tipo di Veicolo	3° CORSIA							4° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	2040	100%	100%					946	100%		4151	38.6%
	Autocarri 18 t	1	0%	0%					0	0%		436	4.1%
	Autobus 19t	4	0%	0%					0	0%		38	0.4%
3	Autocarri 25 t		0%		0.0%				0	0%		422	3.9%
	Autotreno 24 t		0%		0.0%				0	0%		11	0.1%
	Autoarticolato 30 t		0%		0.0%				0	0%		23	0.2%
4	Autocarri 32 t		0%		0.0%				0	0%		39	0.4%
	Autotreno 40 t		0%		0.0%				0	0%		232	2.2%
	Autoarticolato 40 t		0%		0.0%				0	0%		108	1.0%
5	Autotreno 44t		0%		0.0%			0%	0	0%		501	4.7%
	Autoarticolato 44 t	1	0%		100.0%			100%	0	0%		4788	44.5%
	TOTALE	2046	100%	100%	100%			100%	946	100%		10749	100%
	TOTALE 3,4,5	1										6124	
	TOTALE 3	0											
	TOTALE 4	0											
	TOTALE 5	1											
	% V.P (3,4,5)	0.016%											100%
	% V.L (2 assi)	44%							20%				100%
	% V. 3 assi	0%											
	% V. 4 assi	0%											
	% V. 5 assi	0.019%											

Tabella 2.16 *A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 NORD, Km 166,1 - CORSIA 3 E 4*

A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 SUD, Km 158																
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi
2	V. < 18 T	306	7%	46%					829	27%	81%				
	Autocarri 18 t	340	7%	52%					162	5%	16%				
	Autobus 19t	13	0%	2%					38	1%	4%				
3	Autocarri 25 t	232	5%		5.9%	84%			121	4%		5.9%	90%		
	Autotreno 24 t	17	0%		0.4%	6%			5	0%		0.2%	4%		
	Autoarticolato 30 t	27	1%		0.7%	10%			9	0%		0.4%	7%		
4	Autocarri 32 t	57	1%		1.4%		24%		34	1%		1.6%		28%	
	Autotreno 40 t	73	2%		1.8%		31%		27	1%		1.3%		22%	
	Autoarticolato 40 t	104	2%		2.6%		44%		60	2%		2.9%		50%	
5	Autotreno 44t	362	8%		9.1%			10%	180	6%		8.7%			10%
	Autoarticolato 44 t	3090	67%		78.0%			90%	1631	53%		78.9%			90%
	TOTALE	4621	100%	100%		100%	100%	100%	3096	100%	100.0%	100.0%	100%	100%	100%
	TOTALE 3,4,5	3962			100%				2067						
	TOTALE 3	276							135						
	TOTALE 4	234							121						
	TOTALE 5	3452							1811						
	% V.P (3,4,5)	65.4%							34.1%						
	% V.L (2 assi)	15%							24%						
	% V. 3 assi	67%							33%						
	% V. 4 assi	66%							34%						
	% V. 5 assi	65%							34%						

Tabella 2.17 *A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 SUD, Km 158 - CORSIA 1 E 2*

A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 SUD, Km 158													
ASSI	Tipo di Veicolo	3° CORSIA							4° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	1831	98%	99%					758	100%		3724	36.0%
	Autocarri 18 t	1	0%	0%					0	0%		503	4.9%
	Autobus 19t	14	1%	1%					0	0%		65	0.6%
3	Autocarri 25 t	1	0%		3.4%	100%			0	0%		354	3.4%
	Autotreno 24 t		0%		0.0%	0%			0	0%		22	0.2%
	Autoarticolato 30 t		0%		0.0%	0%			0	0%		36	0.3%
4	Autocarri 32 t	1	0%		3.4%		50%		0	0%		92	0.9%
	Autotreno 40 t	1	0%		3.4%		50%		0	0%		101	1.0%
	Autoarticolato 40 t		0%		0.0%		0%		0	0%		164	1.6%
5	Autotreno 44t	2	0%		6.9%			8%	0	0%		544	5.3%
	Autoarticolato 44 t	24	1%		82.8%			92%	0	0%		4745	45.8%
	TOTALE	1875	100%	100.0%	100.0%	100%	100%	100%	758	100%		10350	100.0%
	TOTALE 3,4,5	29										6058	
	TOTALE 3	1											
	TOTALE 4	2											
	TOTALE 5	26											
	% V.P (3,4,5)	0.5%											100%
	% V.L (2 assi)	43%							18%				100%
	% V. 3 assi	0%											
	% V. 4 assi	1%											
	% V. 5 assi	0%											

Tabella 2.18 *A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 SUD, Km 158 - CORSIA 3 E 4*

A14 BOLOGNA - TARANTO ALL.DIRAM.RAVENNA - CATTOLICA NORD, Km 63																					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	406	14%	61%					1465	78%	97%					590	100%		2461	45.1%
	Autocarri 18 t	253	8%	38%					38	2%	3%					0	0%		291	5.3%
	Autobus 19t	5	0%	1%					8	0%	1%					0	0%		13	0.2%
3	Autocarri 25 t	230	8%		9.9%	95%			36	2%		9.7%	90%			0	0%		266	4.9%
	Autotreno 24 t	6	0%		0.3%	2%			1	0%		0.3%	3%			0	0%		7	0.1%
	Autoarticolato 30 t	6	0%		0.3%	2%			3	0%		0.8%	8%			0	0%		9	0.2%
4	Autocarri 32 t	4	0%		0.2%		3%		2	0%		0.5%		7%		0	0%		6	0.1%
	Autotreno 40 t	74	2%		3.2%		49%		13	1%		3.5%		45%		0	0%		87	1.6%
	Autoarticolato 40 t	72	2%		3.1%		48%		14	1%		3.8%		48%		0	0%		86	1.6%
5	Autotreno 44t	229	8%		9.9%			12%	37	2%		9.9%			12%	0	0%		266	4.9%
	Autoarticolato 44 t	1697	57%		73.2%			88%	266	14%		71.5%			88%	0	0%		1963	36.0%
	TOTALE	2982	100%	100%		100%	100%	100%	1883	100%	100%	100%	100%	100%	100%	590	100%		5455	100%
	TOTALE 3,4,5	2318			100%				372										2690	
	TOTALE 3	242							40											
	TOTALE 4	150							29											
	TOTALE 5	1926							303											
	% V.P (3,4,5)	86.2%							13.8%											100%
	% V.L (2 assi)	24%							55%							21%				79%
	% V. 3 assi	86%							14%											
	% V. 4 assi	84%							16%											
	% V. 5 assi	86%							14%											

Tabella 2.19 *A14 BOLOGNA - TARANTO ALL. DIRAM. RAVENNA - CATTOLICA NORD, Km 63*

A14 BOLOGNA - TARANTO ALL.DIRAM.RAVENNA - CATTOLICA SUD, Km 111,3																					
ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA							2° CORSIA							3° CORSIA			TOT	
		N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	% V.P.	% 3 assi	% 4 assi	% 5 assi	N° Transiti	% TOT	% V.L.	N° Transiti	% T.C.
2	V. < 18 T	437	18%	73%					1576	84%	98%					609	100%		2622	53.3%
	Autocarri 18 t	154	6%	26%					24	1%	1%					0	0%		178	3.6%
	Autobus 19t	8	0%	1%					6	0%	0%					0	0%		14	0.3%
3	Autocarri 25 t	198	8%		10.8%	97%			34	2%		12.2%	92%			0	0%		232	4.7%
	Autotreno 24 t	1	0%		0.1%	0%			1	0%		0.4%	3%			0	0%		2	0.0%
	Autoarticolato 30 t	6	0%		0.3%	3%			2	0%		0.7%	5%			0	0%		8	0.2%
4	Autocarri 32 t	7	0%		0.4%		7%		4	0%		1.4%		21%		0	0%		11	0.2%
	Autotreno 40 t	57	2%		3.1%		57%		9	0%		3.2%		47%		0	0%		66	1.3%
	Autoarticolato 40 t	36	1%		2.0%		36%		6	0%		2.2%		32%		0	0%		42	0.9%
5	Autotreno 44t	216	9%		11.8%			14%	32	2%		11.5%			14%	0	0%		248	5.0%
	Autoarticolato 44 t	1304	54%		71.5%			86%	190	10%		68.3%			86%	0	0%		1494	30.4%
	TOTALE	2424	100%	100%		100%	100%	100%	1884	100%	100%	100%	100%	100%	100%	609	100%		4917	100%
	TOTALE 3,4,5	1825			100%				278										2103	
	TOTALE 3	205							37											
	TOTALE 4	100							19											
	TOTALE 5	1520							222											
	% V.P (3,4,5)	86.8%							13.2%											100%
	% V.L (2 assi)	21%							57%							22%				78%
	% V. 3 assi	85%							15%											
	% V. 4 assi	84%							16%											
	% V. 5 assi	87%							13%											

Tabella 2.20 *A14 BOLOGNA - TARANTO ALL. DIRAM. RAVENNA - CATTOLICA SUD, Km 111,3*

2.5 Ripartizione del traffico

In uno studio condotto in un'altra tesi sul top-down cracking, sono stati fatti dei carotaggi in punti della pavimentazione aventi età differenti. Con l'obiettivo di trovare una correlazione tra la fessurazione tra top-down e traffico, oltre all'incidenza del tipo di mezzo, tipo di asse e peso per asse sul top-down, si sono determinati:

→ il numero di transiti dello specifico tipo di veicolo passante sulla corsia. Questo calcolo è stato esteso a tutti i tipi di veicoli e a tutte le corsie presenti nella carreggiata.

→ il numero di transiti dell'asse costituente un tipo di veicolo passante sulla corsia. Questo calcolo è stato esteso per tutte le corsie, a tutti i tipi di veicoli e a tutti gli assi che costituiscono il veicolo.

→ il numero totale di transiti di uno specifico tipo di asse e di ruota sulla corsia, indistintamente dal tipo di veicolo. Questo è stato svolto per tutti i tipi di asse, suddivisi in peso, tipologia di asse (asse motore,trainato o asse anteriore) e tipologia di ruota (gemellata o singola), per le varie corsie.

La società Autostrade ha fornito dei dati di traffico tra due caselli successivi, suddivisi per classe di pedaggio e per anno. Tra tutti i dati forniti sono stati presi solo quelli inerenti ai tratti analizzati, più specificatamente quelli che riportano gli stessi caselli di entrata/uscita.

Le tratte prese in esame sono:

- A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD, Km 125,9 [3 corsie]
- A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 NORD, Km 166,1 [4 corsie]
- A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 SUD, Km 158 [4 corsie]

I valori forniti sono stati moltiplicati per 365, ottenendo così i transiti annui per ogni classe di pedaggio. Di seguito si riportano le tabelle dei valori ottenuti per tutte le tratte prese in considerazione.

A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD, Km 125.9							
Anno	Caselli Entrata/Uscita	Classe di Pedaggio					Totale
		A	B	3	4	5	
		[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]
2013	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	9,434,370[1]	1,226,970	260,991	190,825	1,842,238	12,955,394
2014	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	9,697,480	1,238,597	255,214	202,354	1,900,861	13,294,506
2015	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	10,178,679	1,280,602	256,527	215,170	1,955,353	13,886,331
2016	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	10,369,571	1,293,309	269,314	225,288	2,036,023	14,193,504
2017	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	10,560,462	1,306,016	282,100	235,406	2,116,692	14,500,678
2018	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	10,751,354	1,318,723	294,887	245,525	2,197,362	14,807,851
2019	TERRE DI CANOSSA CAMPEGINE- REGGIO EMILIA	10,751,354	1,318,723	294,887	245,525	2,197,362	14,807,851

TOTALE CARREGGIATA	71,743,271	8,982,940	1,913,920	1,560,093	14,245,891
TOTALE CARREGGIATA classe 3,4,5			**17,719,904**		
% CARREGGIATA Veicoli Commerciali		33.6%	7.2%	5.8%	53.3%

Tabella 2.21 *Valori Annuali traffico nella tratta A1 Milano - Napoli Ponte Fiume Enza - All.A22 SUD*

[1] Con la virgola si indica il separatore delle migliaia

A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 NORD, Km 166.1							
Anno	Caselli Entrata/Uscita	Classe di Pedaggio					Totale
		A	B	3	4	5	
		[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]
2006	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,531,437	1,907,569	451,437	247,132	2,730,409	**17,867,984**
2007	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,930,665	1,966,458	448,934	269,075	2,830,898	**18,446,030**
2008	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,049,956	1,889,208	440,546	268,081	2,823,893	**18,471,684**
2009	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,175,203	1,681,675	403,567	240,774	2,561,837	**18,063,056**
2010	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,264,083	1,699,162	402,219	242,964	2,684,493	**18,292,921**
2011	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,117,816	1,754,666	381,338	244,785	2,641,724	**18,140,329**
2012	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,279,976	1,620,819	344,825	226,885	2,430,463	**16,902,968**
2013	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,135,687	1,568,886	325,037	227,845	2,386,338	**16,643,793**
2014	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,382,251	1,579,240	315,120	242,492	2,432,370	**16,951,473**
2015	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,811,293	1,615,809	317,115	260,920	2,508,471	**17,513,608**
2016	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,097,938	1,638,488	330,572	271,631	2,624,163	**17,962,792**
2017	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,384,583	1,661,168	344,028	282,342	2,739,856	**18,411,977**
2018	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,671,228	1,683,847	357,485	293,053	2,855,548	**18,861,161**
2019	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,671,228	1,683,847	357,485	293,053	2,855,548	**18,861,161**

TOTALE CARREGGIATA	181,503,345	23,950,843	5,219,707	3,611,032	37,106,012
TOTALE CARREGGIATA classe 3,4,5			**45,936,751**		
% CARREGGIATA Veicoli Commerciali		34.3%	7.5%	5.2%	53.1%

Tabella 2.22 *Valori Annuali traffico nella tratta A1 Milano - Napoli All.A22-All.A14 NORD Km 166.1*

A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14 SUD, Km 158							
Anno	Caselli Entrata/Uscita	Classe di Pedaggio					Totale
		A	B	3	4	5	
		[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]
2006	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,531,437	1,907,569	451,437	247,132	2,730,409	**17,867,984**
2007	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,930,665	1,966,458	448,934	269,075	2,830,898	**18,446,030**
2008	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,049,956	1,889,208	440,546	268,081	2,823,893	**18,471,684**
2009	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,175,203	1,681,675	403,567	240,774	2,561,837	**18,063,056**
2010	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,264,083	1,699,162	402,219	242,964	2,684,493	**18,292,921**
2011	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,117,816	1,754,666	381,338	244,785	2,641,724	**18,140,329**
2012	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,279,976	1,620,819	344,825	226,885	2,430,463	**16,902,968**
2013	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,135,687	1,568,886	325,037	227,845	2,386,338	**16,643,793**
2014	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,382,251	1,579,240	315,120	242,492	2,432,370	**16,951,473**
2015	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	12,811,293	1,615,809	317,115	260,920	2,508,471	**17,513,608**
2016	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,097,938	1,638,488	330,572	271,631	2,624,163	**17,962,792**
2017	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,384,583	1,661,168	344,028	282,342	2,739,856	**18,411,977**
2018	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,671,228	1,683,847	357,485	293,053	2,855,548	**18,861,161**
2019	A1 MODENA NORD - MODENA SUD	13,671,228	1,683,847	357,485	293,053	2,855,548	**18,861,161**

TOTALE CARREGGIATA	181,503,345	23,950,843	5,219,707	3,611,032	37,106,012
TOTALE CARREGGIATA classe 3,4,5			**45,936,751**		
% CARREGGIATA Veicoli Commerciali		34.3%	7.5%	5.2%	53.1%

Tabella 2.23 *Valori Annuali traffico nella tratta A1 Milano - Napoli All.A22-All.A14 NORD Km 166.1*

Nelle tabelle sono presenti:

- Totale: indica il numero totale di transiti di tutte le classi di pedaggio nell'anno corrispondente.
- TOTALE CARREGGIATA: indica il numero totale di transiti per la specifica classe di pedaggio nel periodo considerato. Questo è stato fatto per tutte le classi di pedaggio.

$$\text{TOT CAR.} = \sum_{i=1}^{n} N_i$$

N_i è il numero di transiti della classe di pedaggio che si sta considerando, nell'anno i-esimo.

- TOTALE CARREGGIATA 3,4,5: indica il numero totale di transiti delle classi di pedaggi 3,4 e 5 nel periodo di tempo considerato.
- % CARREGGIATA Veicoli Commerciali: indica la percentuale dei veicoli commerciali, veicoli delle classi di pedaggi B,3,4 e 5, sulla carreggiata. È stato determinato con la seguente equazione:

$$\% = \frac{T_x}{\sum_{x=1}^{4} T_x}$$

T_x indica il numero totale di transiti della classe di pedaggio x.

Ripartizione traffico per veicolo

Noti i valori annui e la loro somma si sono determinati il numero totale di transiti dei veicoli a 2, 3, 4 e 5 assi per le varie corsie. Successivamente si sono determinati il numero di passaggi dello specifico veicolo nella corsia di riferimento.

Il numero totale di transiti dei veicoli a 2 assi è stato ottenuto dal prodotto tra la percentuale di veicoli leggeri (a 2 assi) e il totale transiti della classe di pedaggio B:

TOT transiti 2= % V.L (2 assi) * TOT transiti B

La % V.L (2 assi) è stato determinato con l'equazione [2.4.9].

Per il numero di transiti dei veicoli a 3, 4 e 5 assi è stato utilizzato lo stesso criterio, adottando % V.P (3,4,5) [2.4.8] questo per il primo termine, per il secondo termine si utilizza il numero totale di transiti rispettivamente della classe di pedaggio 3, 4 e 5. Tale calcolo deve essere esteso per tutte le corsie.

Adottando questa formulazione si ottiene un valore approssimato del numero di transiti per le classi di pedaggio 3,4 e 5. Se si vuole ottenere un valore più preciso si deve adottare, per queste classi di pedaggio, la formulazione seguente:

TOT transiti eff.3= % V. 3 assi * TOT transiti 3

TOT transiti eff.4 = % V. 4 assi * TOT transiti 4

TOT transiti eff. 5 = % V. 5 assi * TOT transiti 5

Ottenuti questi valori si può determinare il numero totale di passaggi dei veicoli a 3, 4 e 5 assi facendo la loro somma.

Dopodiché si sono determinati il numero di transiti dei diversi tipi di veicoli attraverso le seguenti equazioni:

% V.L * TOT transiti 2

% V.P * TOT transiti 3,4,5

Dove % V.L e % V.P sono stati determinati precedentemente, in particolare nelle equazioni [2.4.2] [2.4.3].

Questo se si vuole utilizzare il metodo più approssimato; nel caso di formulazione più precisa:

% V.L * TOT transiti 2

% V. 3 assi * TOT transiti eff. 3

% V. 4 assi * TOT transiti eff. 4

% V. 5 assi * TOT transiti eff. 5

Dove % V. 3 assi stato determinato nell'equazione [2.4.10], % V. 4 assi con l'equazione [2.4.11] e % V.5 assi con la formula [2.4.12].

Anche per questi dati si è esteso il calcolo per tutte le corsie.

Di seguito si riportano i valori ottenuti per le tratte analizzate.

A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD, Km 125,9

1° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	2,206,979	1,490,733	1,215,140	11,095,978
TOT 3;4;5 Assi		13,801,851		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	2,206,979	1,515,977	1,298,932	11,000,601
TOT 3;4;5 Assi		13,815,510		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	1,195,095	2,206,979	1,195,095	2,206,979
	Autocarri a 2 assi 18 t	969,605		969,605	
	Autobus 2 assi 19t	42,279		42,279	
3	Autocarri 3 assi 25 t	913,432	13,801,851	1,293,318	1,515,977
	Autotreno 3 assi 24 t	56,880		80,536	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	100,377		142,123	
4	Autocarri 4 assi 32 t	398,163		408,923	1,298,932
	Autotreno 4 assi 40 t	398,163		408,923	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	468,426		481,086	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	1,154,337		1,107,443	11,000,601
	Autoarticolato 5 assi 44 t	10,312,074		9,893,158	

2° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	4,408,321	423,187	344,953	3,149,913
TOT 3;4;5 Assi		3,918,053		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	4,408,321	397,944	261,161	3,245,290
TOT 3;4;5 Assi		3,904,394		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	4,163,101	4,408,321	4,163,101	4,408,321
	Autocarri a 2 assi 18 t	188,848		188,848	
	Autobus 2 assi 19t	56,372		56,372	
3	Autocarri 3 assi 25 t	250,943	3,918,053	355,307	397,944
	Autotreno 3 assi 24 t	10,038		14,212	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	20,075		28,425	
4	Autocarri 4 assi 32 t	73,610		75,599	261,161
	Autotreno 4 assi 40 t	86,993		89,345	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	93,685		96,217	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	297,785		285,688	3,245,290
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3,084,923		2,959,602	

3° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	2,367,640	0	0	0
TOT 3;4;5 Assi		0		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	2,367,640	0	0	0
TOT 3;4;5 Assi		0		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	2,367,640	2,367,640	2,367,640	2,367,640
	Autocarri a 2 assi 18 t	0		0	
	Autobus 2 assi 19t	0		0	
3	Autocarri 3 assi 25 t	0	0	0	0
	Autotreno 3 assi 24 t	0		0	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	0		0	
4	Autocarri 4 assi 32 t	0		0	0
	Autotreno 4 assi 40 t	0		0	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	0		0	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	0		0	0
	Autoarticolato 5 assi 44 t	0		0	

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 NORD, Km 166.1

1° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	2,925,887	3,705,958	2,563,809	26,345,026
TOT 3;4;5 Assi		32,614,793		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	2,925,887	3,674,399	2,458,170	26,442,155
TOT 3;4;5 Assi		32,574,724		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	1,325,712	2,925,887	1,325,712	2,925,887
	Autocarri a 2 assi 18 t	1,543,211		1,543,211	
	Autobus 2 assi 19t	56,964		56,964	
3	Autocarri 3 assi 25 t	2,235,329	32,614,793	3,411,124	3,674,399
	Autotreno 3 assi 24 t	45,007		68,680	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	127,519		194,594	
4	Autocarri 4 assi 32 t	232,534		295,361	2,458,170
	Autotreno 4 assi 40 t	1,155,170		1,467,280	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	547,580		695,529	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	2,505,368		2,343,242	26,442,155
	Autoarticolato 5 assi 44 t	25,766,287		24,098,913	

2° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	5,535,881	1,512,897	1,046,633	10,754,927
TOT 3;4;5 Assi		13,314,457		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	5,535,881	1,545,308	1,152,862	10,658,856
TOT 3;4;5 Assi		13,357,027		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	4,707,312	5,535,881	4,707,312	5,535,881
	Autocarri a 2 assi 18 t	709,463		709,463	
	Autobus 2 assi 19t	119,107		119,107	
3	Autocarri 3 assi 25 t	930,137	13,314,457	1,419,394	1,545,308
	Autotreno 3 assi 24 t	37,506		57,234	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	45,007		68,680	
4	Autocarri 4 assi 32 t	60,009		76,222	1,152,862
	Autotreno 4 assi 40 t	585,086		743,168	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	262,539		333,473	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	1,252,684		1,171,843	10,658,856
	Autoarticolato 5 assi 44 t	10,141,490		9,487,014	

3° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	10,590,156	852	590	6,059
TOT 3;4;5 Assi		7,501		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	10,590,156	0	0	7,016
TOT 3;4;5 Assi		7,016		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	9,005,100	10,590,156	9,005,100	10,590,156
	Autocarri a 2 assi 18 t	1,357,204		1,357,204	
	Autobus 2 assi 19t	227,852		227,852	
3	Autocarri 3 assi 25 t	524	7,501	0	0
	Autotreno 3 assi 24 t	21		0	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	25		0	
4	Autocarri 4 assi 32 t	34		0	0
	Autotreno 4 assi 40 t	330		0	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	148		0	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	706		771	7,016
	Autoarticolato 5 assi 44 t	5,714		6,244	

4° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	4,898,918	0	0	0
TOT 3;4;5 Assi		0		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	4,898,918	0	0	0
TOT 3;4;5 Assi		0		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	4,898,918	4,898,918	4,898,918	4,898,918
	Autocarri a 2 assi 18 t	0		0	
	Autobus 2 assi 19t	0		0	
3	Autocarri 3 assi 25 t	0	0	0	0
	Autotreno 3 assi 24 t	0		0	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	0		0	
4	Autocarri 4 assi 32 t	0		0	0
	Autotreno 4 assi 40 t	0		0	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	0		0	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	0		0	0
	Autoarticolato 5 assi 44 t	0		0	

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 SUD, Km 158

1° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	3,677,448	3,413,747	2,361,656	24,267,748
TOT 3;4;5 Assi		30,043,151		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	3,677,448	3,496,697	2,366,895	24,218,180
TOT 3;4;5 Assi		30,081,772		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	1,707,586	3,677,448	1,707,586	3,677,448
	Autocarri a 2 assi 18 t	1,897,317		1,897,317	
	Autobus 2 assi 19t	72,544		72,544	
3	Autocarri 3 assi 25 t	1,759,215	30,043,151	2,939,252	3,496,697
	Autotreno 3 assi 24 t	128,908		215,376	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	204,736		342,068	
4	Autocarri 4 assi 32 t	432,221		576,551	2,366,895
	Autotreno 4 assi 40 t	553,546		738,390	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	788,614		1,051,953	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	2,744,982		2,539,682	24,218,180
	Autoarticolato 5 assi 44 t	23,430,928		21,678,498	

2° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	5,742,175	1,780,973	1,232,090	12,660,635
TOT 3;4;5 Assi		15,673,698		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	5,742,175	1,714,502	1,230,802	12,768,191
TOT 3;4;5 Assi		15,713,495		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	4,626,106	5,742,175	4,626,106	5,742,175
	Autocarri a 2 assi 18 t	904,016		904,016	
	Autobus 2 assi 19t	212,053		212,053	
3	Autocarri 3 assi 25 t	917,522	15,673,698	1,536,702	1,714,502
	Autotreno 3 assi 24 t	37,914		63,500	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	68,245		114,300	
4	Autocarri 4 assi 32 t	257,816		345,845	1,230,802
	Autotreno 4 assi 40 t	204,736		274,642	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	454,969		610,315	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	1,364,908		1,269,064	12,768,191
	Autoarticolato 5 assi 44 t	12,367,587		11,499,127	

3° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	10,301,318	24,987	17,286	177,629
TOT 3;4;5 Assi		219,902		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	10,301,318	12,669	20,230	182,408
TOT 3;4;5 Assi		215,307		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	8,299,118	10,301,318	8,299,118	10,301,318
	Autocarri a 2 assi 18 t	1,621,782		1,621,782	
	Autobus 2 assi 19t	380,418		380,418	
3	Autocarri 3 assi 25 t	12,873	219,902	11,355	12,669
	Autotreno 3 assi 24 t	532		469	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	957		845	
4	Autocarri 4 assi 32 t	3,617		5,684	20,230
	Autotreno 4 assi 40 t	2,872		4,514	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	6,383		10,031	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	19,150		18,130	182,408
	Autoarticolato 5 assi 44 t	173,517		164,278	

4° CORSIA

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Veicoli 5 Assi
	4,229,902	0	0	0
TOT 3;4;5 Assi		0		

	TOT Transiti Veicoli 2 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 3 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 4 Assi	TOT Transiti Eff. Veicoli 5 Assi
	4,229,902	0	0	0
TOT 3;4;5 Assi		0		

ASSI	Tipo di Veicolo	Transiti	TOTALE	Transiti Effettivi	TOTALE
2	Veicoli 2 assi < 18 T	4,229,902	4,229,902	4,229,902	4,229,902
	Autocarri a 2 assi 18 t	0		0	
	Autobus 2 assi 19t	0		0	
3	Autocarri 3 assi 25 t	0	0	0	0
	Autotreno 3 assi 24 t	0		0	
	Autoarticolato 3 assi 30 t	0		0	
4	Autocarri 4 assi 32 t	0		0	0
	Autotreno 4 assi 40 t	0		0	
	Autoarticolato 4 assi 40 t	0		0	
5	Autotreno 5 + assi 44 t	0		0	0
	Autoarticolato 5 assi 44 t	0		0	

Ripartizione del traffico per asse

La ripartizione del traffico per asse consiste nell'identificare il numero di passaggi di uno specifico tipo di asse che costituisce il mezzo preso in considerazione. Per fare questo si deve distinguere i vari assi che compongono un mezzo.

In presenza di asse singolo il numero di passaggi coincide con il valore di transiti, e/o di transiti effettivi, dello specifico tipo di veicolo nella corsia considerata, riportato nelle tabelle precedenti. Per l'asse tandem il valore deve essere moltiplicato per due, mentre per asse tridem deve essere moltiplicato per tre.

Oltre a questa classificazione, gli assi si distinguono in:

- Asse anteriore: indica l'asse posto nella parte anteriore del veicolo
- Asse motore: indica l'asse a cui viene trasferita la forza motrice
- Asse trainato: indica l'asse trainato dal veicolo

Di seguito si riporta il valore dei passaggi di ogni asse, sia in termini di transiti che di transiti effettivi, di ogni tipo di veicolo nelle varie corsie.

A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD, Km 125,9

Veicoli a 2 assi

Autocarro a 2 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
969,605	969,605

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
188,848	188,848

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
969,605	969,605

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
188,848	188,848

Bus a 2 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 11", 7 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
42,279	42,279

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
56,372	56,372

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
42,279	42,279

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
56,372	56,372

Veicoli a 3 assi

Autocarro a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
12 t	**8 t**	**6 t**
913,432	913,432	913,432

2° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
12 t	**8 t**	**6 t**
250,943	250,943	250,943

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
12 t	**8 t**	**6 t**
1,293,318	1,293,318	1,293,318

2° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
12 t	**8 t**	**6 t**
355,307	355,307	355,307

Autotreno a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 6 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
56,880	56,880	56,880

2° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
10,038	10,038	10,038

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
80,536	80,536	80,536

2° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
14,212	14,212	14,212

Autoarticolato a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
100,377	100,377	100,377

2° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
20,075	20,075	20,075

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
142,123	142,123	142,123

2° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
28,425	28,425	28,425

Veicoli a 4 assi

Autocarro a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	sing. rad. 15"+ gem. 12" + sing. rad. 15", 8+10+8 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
10 t	**8+8 t**	**6 t**
398,163	796,325	398,163

2° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
10 t	**8+8 t**	**6 t**
73,610	147,220	73,610

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
10 t	**8+8 t**	**6 t**
408,923	817,846	408,923

2° Corsia		
Asse Motore		**Asse Anteriore**
10 t	**8+8 t**	**6 t**
75,599	151,198	75,599

Autotreno a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
796,325	398,163	398,163

2° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
173,987	86,993	86,993

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
817,846	408,923	408,923

2° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
178,689	89,345	89,345

Autoarticolato a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 7 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 18 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
936,853	468,426	468,426

2° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
187,371	93,685	93,685

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
962,172	481,086	481,086

2° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
192,434	96,217	96,217

Veicoli a 5 assi

Autotreno a 5 assi

Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
2,308,673	1,154,337	1,154,337	1,154,337

2° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
595,571	297,785	595,571	297,785

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
2,214,886	1,107,443	1,107,443	1,107,443

2° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
571,376	285,688	285,688	285,688

Autoarticolato a 5 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton
Asse trainato:	tridem, singole radiali, L = 15", 27 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
30,936,223	10,312,074	10,312,074

2° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
9,254,769	3,084,923	3,084,923

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
29,679,475	9,893,158	9,893,158

2° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
8,878,805	2,959,602	2,959,602

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 NORD, Km 166,1

Veicoli a 2 assi

Autocarro a 2 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,543,211	1,543,211

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,357,204	1,357,204

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
709,463	709,463

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,543,211	1,543,211

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,357,204	1,357,204

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
709,463	709,463

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
0	0

Bus a 2 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 11", 7 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
56,964	56,964

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
227,852	227,852

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
119,107	119,107

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
56,964	56,964

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
227,852	227,852

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
119,107	119,107

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
0	0

Veicoli a 3 assi

Autocarro a 3 assi

Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
2,235,329	2,235,329	2,235,329

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
524	524	524

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
930,137	930,137	930,137

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
3,411,124	3,411,124	3,411,124

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
0	0	0

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
1,419,394	1,419,394	1,419,394

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
0	0	0

Autotreno a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 6 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
45,007	45,007	45,007

3° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
21	21	21

2° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
37,506	37,506	37,506

4° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
68,680	68,680	68,680

3° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

2° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
57,234	57,234	57,234

4° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Autoarticolato a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
127,519	127,519	127,519

3° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
25	25	25

2° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
45,007	45,007	45,007

4° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
194,594	194,594	194,594

3° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

2° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
68,680	68,680	68,680

4° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Veicoli a 4 assi

Autocarro a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	sing. rad. 15"+ gem. 12" + sing. rad. 15", 8+10+8 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
232,534	465,068	232,534

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
34	68	34

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
60,009	120,018	60,009

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
295,361	590,723	295,361

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
0	0	0

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
76,222	152,445	76,222

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
0	0	0

Autotreno a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
2,310,340	1,155,170	1,155,170

3° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
659	330	330

2° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
1,170,172	585,086	585,086

4° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
2,934,559	1,467,280	1,467,280

3° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

2° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
1,486,335	743,168	743,168

4° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Autoarticolato a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 7 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 18 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
1,095,161	547,580	547,580

3° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
296	148	148

2° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
525,077	262,539	262,539

4° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
1,391,057	695,529	695,529

3° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
0	0	0

2° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
666,945	333,473	333,473

4° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
0	0	0

Veicoli a 5 assi

Autotreno a 5 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
5,010,736	2,505,368	2,505,368	2,505,368

3° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
1,411	706	706	706

2° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
2,505,368	1,252,684	2,505,368	1,252,684

4° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
0	0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
4,686,484	2,343,242	2,343,242	2,343,242

3° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
1,543	771	771	771

2° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
2,343,685	1,171,843	1,171,843	1,171,843

4° Corsia

Asse Trainato (2)	Asse Motore		Asse Anteriore
9+9 t	12 t	8 t	6 t
0	0	0	0

Autoarticolato a 5 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton
Asse trainato:	tridem, singole radiali, L = 15", 27 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
77,298,860	25,766,287	25,766,287

3° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
17,141	5,714	5,714

2° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
30,424,471	10,141,490	10,141,490

4° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
72,296,739	24,098,913	24,098,913

3° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
18,733	6,244	6,244

2° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
28,461,041	9,487,014	9,487,014

4° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 SUD, Km 158

Veicoli a 2 assi

Autocarro a 2 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,897,317	1,897,317

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,621,782	1,621,782

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
904,016	904,016

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,897,317	1,897,317

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
1,621,782	1,621,782

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
904,016	904,016

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
0	0

Bus a 2 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 11", 7 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
72,544	72,544

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
380,418	380,418

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
212,053	212,053

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
72,544	72,544

3° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
380,418	380,418

2° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 7 t**
212,053	212,053

4° Corsia	
Asse Motore 12 t	**Asse Anteriore 6 t**
0	0

Veicoli 3 assi

Autocarro a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
1,759,215	1,759,215	1,759,215

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
12,873	12,873	12,873

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
917,522	917,522	917,522

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
2,939,252	2,939,252	2,939,252

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
11,355	11,355	11,355

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
1,536,702	1,536,702	1,536,702

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
12 t	8 t	6 t
0	0	0

Autotreno a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 6 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
128,908	128,908	128,908

3° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
532	532	532

2° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
37,914	37,914	37,914

4° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
215,376	215,376	215,376

3° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
469	469	469

2° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
63,500	63,500	63,500

4° Corsia		
Asse Trainato 6 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Autoarticolato a 3 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
204,736	204,736	204,736

3° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
957	957	957

2° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
68,245	68,245	68,245

4° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
342,068	342,068	342,068

3° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
845	845	845

2° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
114,300	114,300	114,300

4° Corsia		
Asse Trainato 12 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Veicoli a 4 assi

Autocarro a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	sing. rad. 15"+ gem. 12" + sing. rad. 15", 8+10+8 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
432,221	864,442	432,221

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
3,617	7,234	3,617

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
257,816	515,632	257,816

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
576,551	1,153,103	576,551

3° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
5,684	11,369	5,684

2° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
345,845	691,691	345,845

4° Corsia		
Asse Motore		Asse Anteriore
10 t	8+8 t	6 t
0	0	0

Autotreno a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
1,107,092	553,546	553,546

3° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
5,745	2,872	2,872

2° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
409,473	204,736	204,736

4° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
1,476,781	738,390	738,390

3° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
9,028	4,514	4,514

2° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
549,284	274,642	274,642

4° Corsia		
Asse Trainato (2) 11+11 t	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Autoarticolato a 4 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 7 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 18 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
1,577,227	788,614	788,614

3° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
12,766	6,383	6,383

2° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
909,939	454,969	454,969

4° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
2,103,907	1,051,953	1,051,953

3° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
20,063	10,031	10,031

2° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
1,220,631	610,315	610,315

4° Corsia		
Asse Trainato 18 t (9+9)	**Asse Motore 12 t**	**Asse Anteriore 7 t**
0	0	0

Veicoli a 5 assi

Autotreno a 5 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
5,489,965	2,744,982	2,744,982	2,744,982

3° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
38,299	19,150	19,150	19,150

2° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
2,729,817	1,364,908	2,729,817	1,364,908

4° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
0	0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
5,079,363	2,539,682	2,539,682	2,539,682

3° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
36,260	18,130	18,130	18,130

2° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
2,538,127	1,269,064	1,269,064	1,269,064

4° Corsia			
Asse Trainato (2)	**Asse Motore**		**Asse Anteriore**
9+9 t	**12 t**	**8 t**	**6 t**
0	0	0	0

Autoarticolato a 5 assi	
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton
Asse trainato:	tridem, singole radiali, L = 15", 27 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m

Transiti Per Tipo di Asse

1° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
70,292,783	23,430,928	23,430,928

3° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
520,552	173,517	173,517

2° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
37,102,760	12,367,587	12,367,587

4° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Transiti Per tipo di Asse Effettivi

1° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
65,035,494	21,678,498	21,678,498

3° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
492,834	164,278	164,278

2° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
34,497,381	11,499,127	11,499,127

4° Corsia		
Asse Trainato 27 t (9+9+9)	**Asse Motore 11 t**	**Asse Anteriore 6 t**
0	0	0

Ripartizione per tipo di asse e di ruota

Tale ripartizione consiste nell'individuare il numero totale di transiti di uno specifico asse e di ruota, senza fare distinzioni sul tipo di mezzo ma solo sulla corsia. La determinazione consiste nella somma del numero di passaggi di uno specifico tipo di asse, classificato in termini di peso (6,7,8,9,10,11,12) e in termini di posizione dell'asse sul veicolo (asse anteriore, asse trainato o asse motore), facendo attenzione sul tipo di ruota (singola o gemellata), a prescindere dal tipo di veicolo (autocarro, autotreno, autoarticolato, ecc).

Quindi, quello che è stato fatto è di sommare tutti i valori del numero di passaggi, in termini di transiti, appartenenti ad uno stesso asse. Tale asse deve avere lo stesso peso, stesso tipo di ruota e uguale funzione.

Di seguito si riportano i valori ottenuti per le varie tratte nelle diverse corsie. Si può vedere come nei tratti costituiti da 4 corsie, più specificatamente nel tratto A1 MILANO - NAPOLI ALL.A22 - ALL.A14, non sono riportati i valori per la 4° Corsia, questo per il semplice motivo che i mezzi cosiddetti pesanti non transitano sulla quarta corsia, ma viaggiano solo i veicoli a 2 assi con peso minore di 18 t.

A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD, Km 125,9

Transiti

1° Corsia								
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Motore gemellate 12 t
14,303,030	56,880	510,706	2,864,093	34,181,749	398,163	10,312,074	796,325	4,203,876

2° Corsia								
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Motore gemellate 12 t
4,013,215	10,038	150,058	993,733	10,037,710	73,610	3,084,923	173,987	1,004,740

Transiti Effettivi

1° Corsia								
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Motore gemellate 12 t
14,304,029	80,536	523,365	3,218,607	32,856,533	408,923	9,893,158	817,846	4,667,436

2° Corsia								
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Motore gemellate 12 t
3,997,025	14,212	152,590	792,194	9,642,615	75,599	2,959,602	178,689	1,142,838

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 NORD, Km 166,1

Transiti

1° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
33,610,424	45,007	604,545	5,205,765	83,404,757	232,534	25,766,287	2,310,340	127,519	8,216,148

2° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
13,761,381	37,506	381,645	3,555,523	33,454,917	60,009	10,141,490	1,170,172	45,007	3,941,527

3° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
1,364,532	21	228,000	1,297	296	34	5,714	659	25	1,586,104

Transiti Effettivi

1° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
33,422,406	68,680	752,493	6,345,089	78,374,281	295,361	24,098,913	2,934,559	194,594	9,975,219

2° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
13,733,017	57,234	452,580	2,743,681	31,471,671	76,222	9,487,014	1,486,335	68,680	4,622,360

3° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
1,364,220	0	227,852	771	20,276	0	6,244	0	0	3,929,070

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All.A14 SUD, Km 158

Transiti

1° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
31,151,854	128,908	861,158	5,368,640	77,359,976	432,221	23,430,928	1,107,092	204,736	8,149,864

2° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
16,122,745	37,914	667,023	4,162,971	40,742,516	257,816	12,367,587	409,473	68,245	4,164,365

3° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
2,267,521	532	386,801	39,257	571,617	3,617	173,517	5,745	957	2,044,967

Transiti Effettivi

1° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
30,927,136	215,376	1,124,498	6,632,037	72,218,764	576,551	21,678,498	5,745	204,736	9,796,584

2° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
16,007,196	63,500	822,368	3,497,456	38,256,139	345,845	11,499,127	549,284	114,300	4,984,592

3° Corsia									
Asse Anteriore ruote singole 6 t	Asse Trainato ruote gemellate 6 t	Asse Anteriore ruote singole 7 t	Asse Motore singolo radiale 8 t	Asse Trainato singolo radiale 9 t	Asse Motore gemellate 10 t	Asse motore gemellate 11 t	Asse trainato gemellate 11 t	Asse Trainato gemellate 12 t	Asse Motore gemellate 12 t
1,827,058	469	390,449	40,854	549,157	5,684	164,278	9,028	845	2,047,544

Capitolo 3

3 Analisi dei Risultati

In questo capitolo sono esposti i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati, sotto forma di grafici. In particolare, si vuole portare l'attenzione su alcuni confronti tra spettri di traffico, il più importante tra tutti è il confronto con lo spettro del CNR, ancora oggi utilizzato per la progettazione della pavimentazione. L'obiettivo principale è quello di mostrare l'esigenza di realizzare un aggiornamento degli spettri adottati nella progettazione e basati su un volume di traffico pesante non più veritiero. Tale esigenza è avvalorata dalla diminuzione della vita utile della pavimentazione che si avrebbe se non si adottassero gli spettri attuali. In particolare, alla fine di questo capitolo, sarà mostrato come l'utilizzo dei vecchi spettri porti a una sottostima del numero di passaggi di assi standard, in termini di ESAL. Questo si ripercuote anche sulla vita utile della pavimentazione, infatti, se la pavimentazione viene progettata con i vecchi spettri ma sottoposta al traffico attuale, la sua vita utile diminuisce drasticamente.

Ricordiamo che questo studio è stato condotto valutando il traffico in un giorno lavorativo invernale (5 Novembre 2019 per una tratta e 3 Dicembre 2019 per le altre) e rappresenta la base per uno studio più approfondito; in particolare bisognerebbe valutare la variabilità giornaliera e stagionale, in modo da avere un quadro più ampio e arrivare così ad uno spettro definitivo.

3.1 Ripartizione del traffico pesante per corsia

Un primo risultato generale che può essere osservato è la distribuzione dei veicoli commerciali sulle corsie. Tale ripartizione è stata fatta rispetto al totale dei transiti sulla carreggiata, più specificatamente, la percentuale di veicoli commerciali per ogni corsia è ottenuta dal rapporto fra il TOTALE transiti sulla corsia, dove sono stati considerati tutti i tipi di veicoli, e il totale di transiti sulla carreggiata. I valori totali dei transiti sono riportati nelle tabelle del capitolo precedente.(dalla Tabella 2.10 alla Tabella 2.20)

Da uno studio condotto su sei stati con 129 conteggi di traffico, dal 1982 al 1983, è stata trovata una distribuzione del traffico pesante per due corsie per senso di marcia e tre o più corsie per senso di marcia. Di seguito si riporta la tabella di tale distribuzione [16].

One-Way ADT	2 Lanes (One-Direction) Inner	Outer	3+ Lanes (One-Direction) Inner*	Center	Outer
2,000	6**	94	6	12	82
4,000	12	88	6	18	76
6,000	15	85	7	21	72
8,000	18	82	7	23	70
10,000	19	81	7	25	68
15,000	23	77	7	28	65
20,000	25	75	7	30	63
25,000	27	73	7	32	61
30,000	28	72	8	33	59
35,000	30	70	8	34	58
40,000	31	69	8	35	57
50,000	33	67	8	37	55
60,000	34	66	8	39	53
70,000	--	--	8	40	52
80,000	--	--	8	41	51
100,000	--	--	9	42	49

* Combined inner one or more lanes.
** Percent of all trucks in one direction.

Figura 3.1.1 *Distribuzione del traffico pesante nelle autostrade a più corsie*

Entrando in tabella con il traffico giornaliero medio (ADT) è possibile conoscere la distribuzione del traffico pesante nelle diverse corsie, secondo il numero di corsie che costituisce una carreggiata.

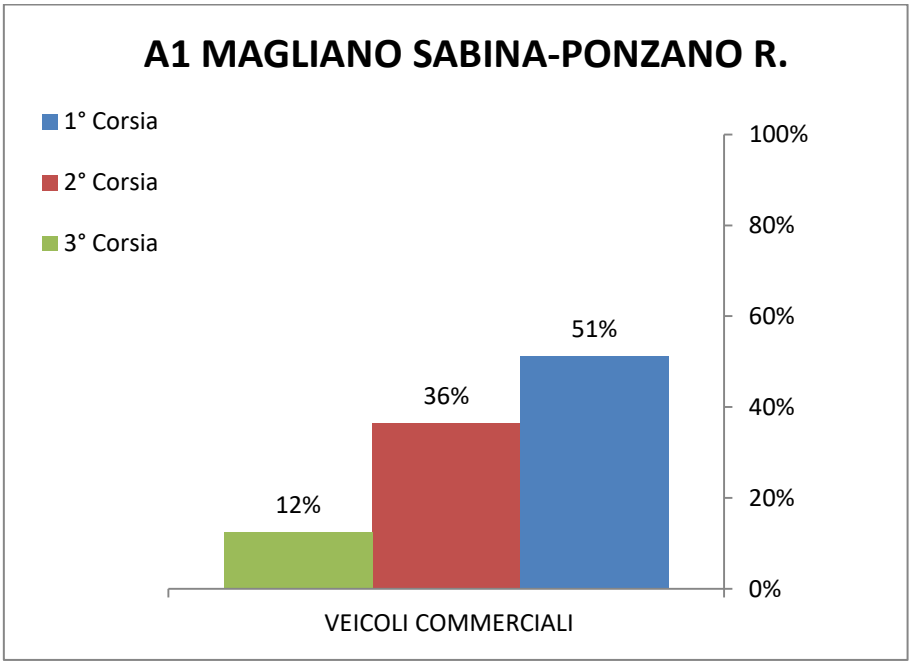
Nel nostro caso, il traffico giornaliero medio assume dei valori che rientrano nel range di 40,000 - 50,000 veicoli/giorno. Questo è stato possibile grazie ai dati annuali forniti dalla società Autostrade, in particolare se prendiamo il valore di traffico totale di un anno in un tratto analizzato (ad esempio Tabella 2.21) e lo dividiamo per 365, vediamo che rientra in questo range, che assumiamo rappresentativo per tutti i tratti analizzati. I valori di distribuzione percentuale che saranno presi in considerazione per un confronto con i valori percentuali attuali sono una media tra i valori corrispondenti all'ADT = 40,000 e ADT=50,000 riportati nella tabella della Figura 3.1.1. In particolare, per le strade a **2 corsie** si considera una distribuzione percentuale pari a 68% nella prima corsia o corsia esterna,valore ottenuto dalla media tra i valori 69% e 67% riportati nella Figura 3.1.1 e rientrante nel range evidenziato in riferimento alle strade a 2 corsie, mentre nella seconda corsia o corsia interna si ottiene un valore medio pari a 32%; nel caso di carreggiata costituita da **3 corsie**, si assume per la prima corsia una valore medio pari a 62%, per la seconda corsi una percentuale pari a 38% e per la terza

corsi una percentuale pari a 8%; infine per la strada a **4 corsie** si assume il 56% nella prima, 36% nella seconda e 8% nella terza.

Di seguito si riportano un riassunto dei valori ottenuti e grafici corrispondente alla ripartizione dei veicoli commerciali nelle varie corsie in tutti i tratti analizzati.

SPETTRO A1 MAGLIANO SABINA - PONZANO ROMANO SUD

1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
3,295	51%	2,346	36%	801	12%	6,442	100%

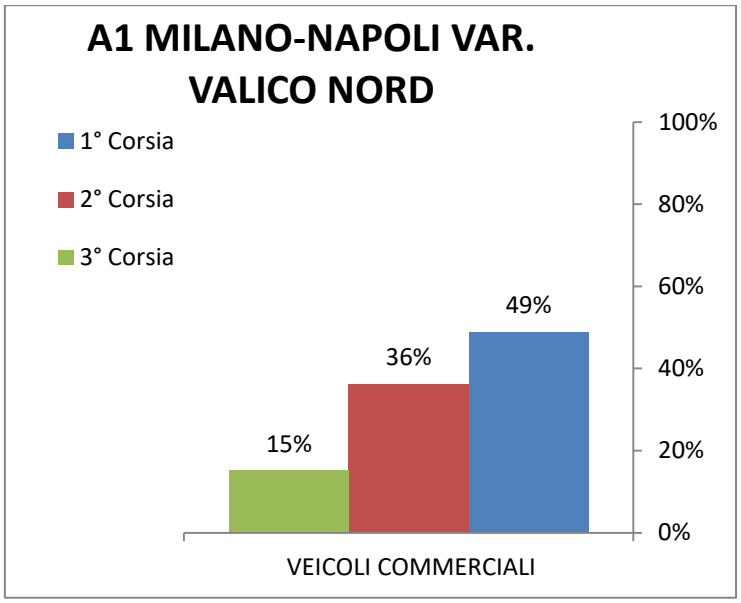


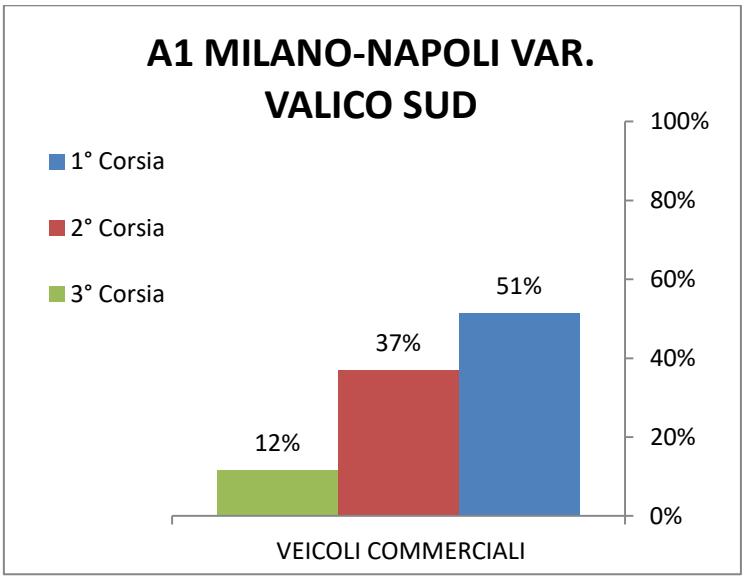
Da questo primo grafico è possibile vedere come, essendo un tratto a tre corsie, non si ha una ripartizione del traffico solo sulla prima e seconda corsia, ma una piccola percentuale occupa la terza corsia. Nella prima corsia si ha un quantitativo di veicoli commerciali pari a 51% che differisce dai 62% previsti; l'11% mancante lo possiamo trovare nella terza corsia, dove non era prevista nessuna percentuale di veicoli commerciali. In particolare nella terza corsia possiamo trovare i veicoli a due assi con peso minore di 18 t. La percentuale di veicoli commerciali nella seconda corsia è simile a quella prevista, infatti, si ha una percentuale pari a 36% a fronte dei 38% previsti, il 2% mancante lo possiamo trovare anche in questo caso nella terza corsia.

SPETTRO DI TRAFFICO A1 MILANO NAPOLI - VAR.VALICO NORD e SUD

NORD							
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
3,718	49%	2,747	36%	1,151	15%	7,616	100%

SUD							
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
3,789	51%	2,728	37%	856	12%	7,373	100%



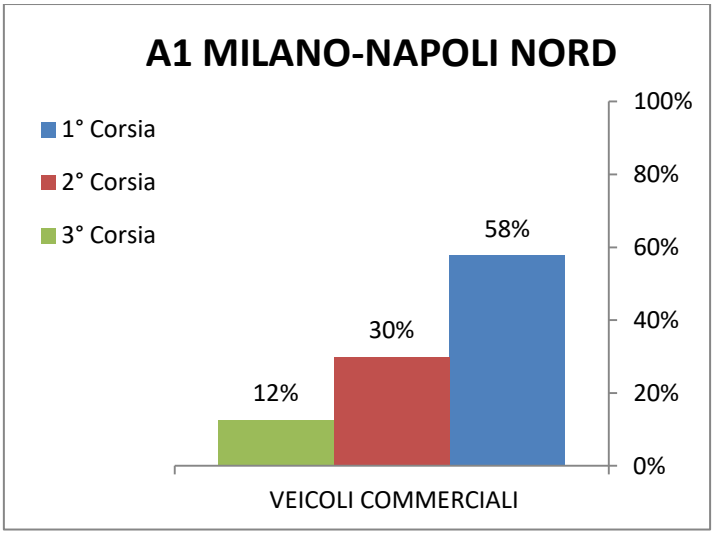


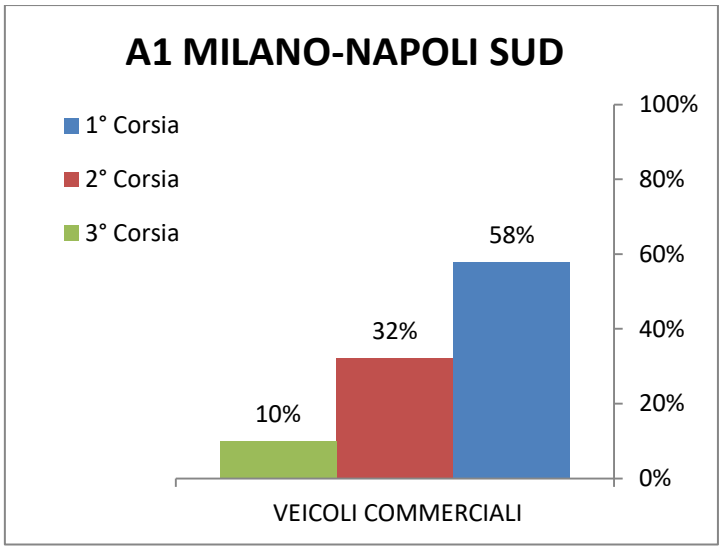
Si può vedere come la ripartizione dei veicoli commerciali tra le varie corsie conferma quella trovata nel primo tratto. Un'altra informazione che si può osservare è la quasi omogeneità di distribuzione del traffico pesante nelle due direzioni.

A1 MILANO - NAPOLI: Ponte Fiume Enza - All. A22 NORD e SUD

NORD							
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
5193	58%	2686	30%	1125	12%	9004	100%

SUD							
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
4,908	58%	2,735	32%	840	10%	8,483	100%



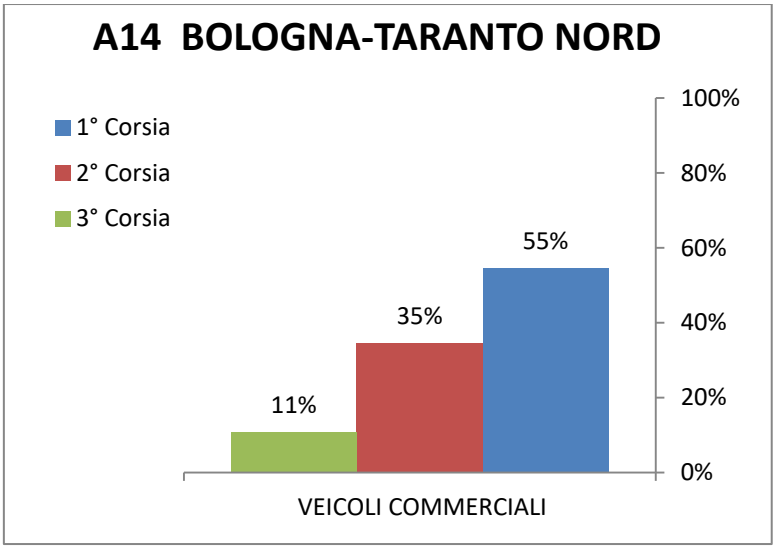


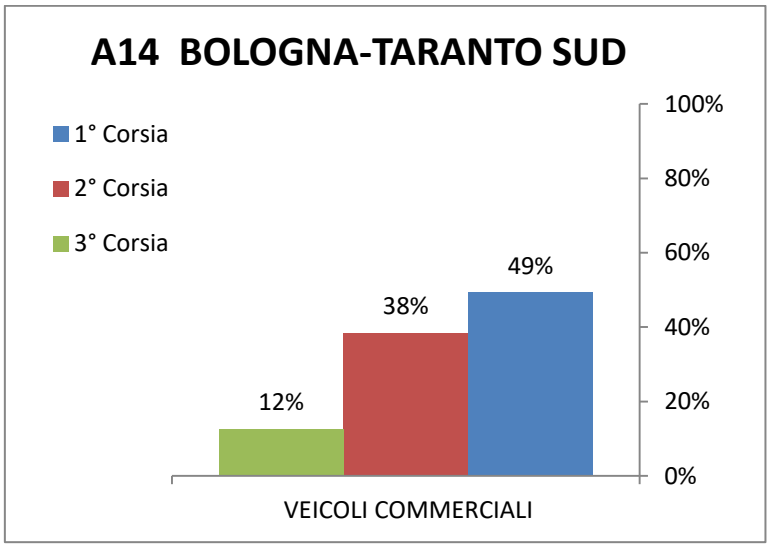
In questo caso nella prima corsia si raggiunge quasi il 60% di veicoli commerciali, quindi ci avviciniamo alle percentuali estrapolate dalla Figura 3.1.1. Anche in questo caso si può notare un'uguaglianza tra la ripartizione in direzione nord e quella in direzione sud.

A14 BOLOGNA - TARANTO All. Diram. Ravenna - Cattolica NORD e SUD

NORD							
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
2,966	55%	1,877	35%	590	11%	5,433	100%

SUD							
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
2,410	49%	1,877	38%	609	12%	4,896	100%



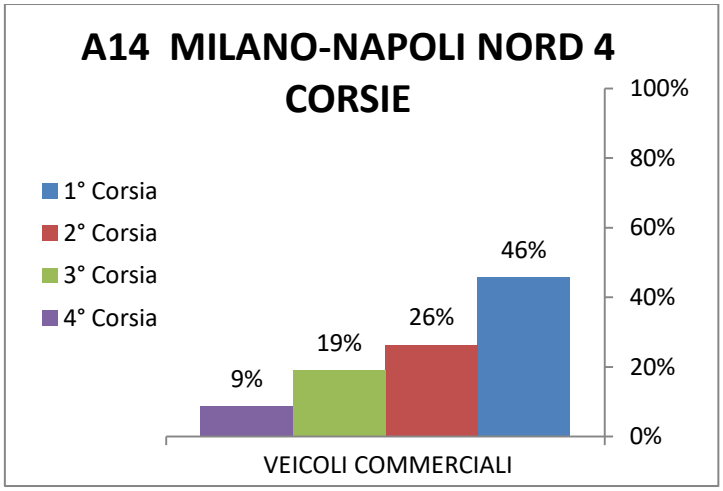


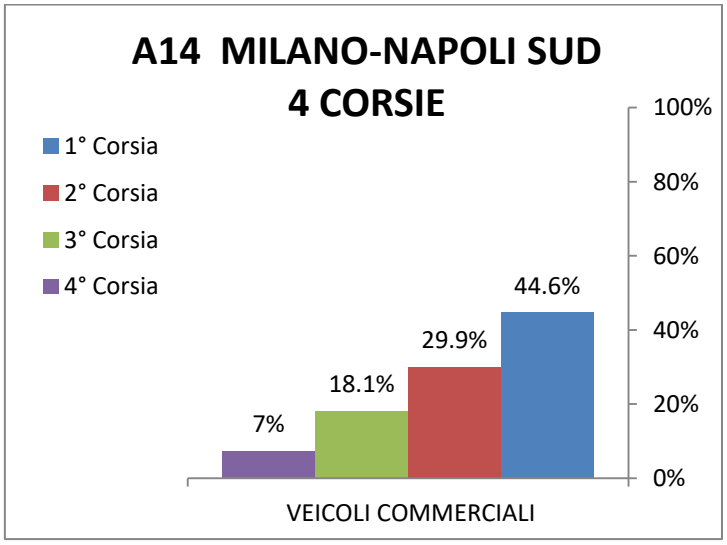
In questo caso si può osservare una leggera differenza tra la prima corsia in direzione nord e la prima in corsia in direzione sud. In generale la ripartizione conferma la linea generale seguita finora nei vari tratti; nell'A1 MILANO - NAPOLI si ha delle percentuali leggermente superiore per l'elevato traffico rispetto alle altre tratte.

A1 MILANO - NAPOLI All. A22 - All.A14 NORD e SUD

NORD									
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		4° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
4,913	46%	2,844	26%	2,046	19%	946	9%	10,749	100%

SUD									
1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		4° Corsia		TOT	
TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT	TOT transiti	% sul TOT
4,621	44.6%	3,096	29.9%	1,875	18.1%	758	7%	10,350	100%





Per le strade a 4 corsie la distribuzione era prevista sulle tre corsie più esterne, mentre in questo caso, considerando tutti i veicoli commerciali rilevati, la distribuzione e su tutte le corsie. Nella 4° corsia transitano i mezzi commerciali più leggeri, così come nella 3°corsia per una carreggiata a 3 corsie. Anche in questo caso è confermata l'omogeneità del traffico tra le due direzioni.

In conclusione, la ripartizione dei veicoli commerciali avviene in tutte le corsie ed è giusto assumere uno stesso quantitativo di traffico nei due sensi di marcia di uno specifico tratto. Si potrebbe assumere una percentuale di veicoli commerciali intorno al 50/60% per la prima corsia, 40/30% per la seconda e 10% per la terza.

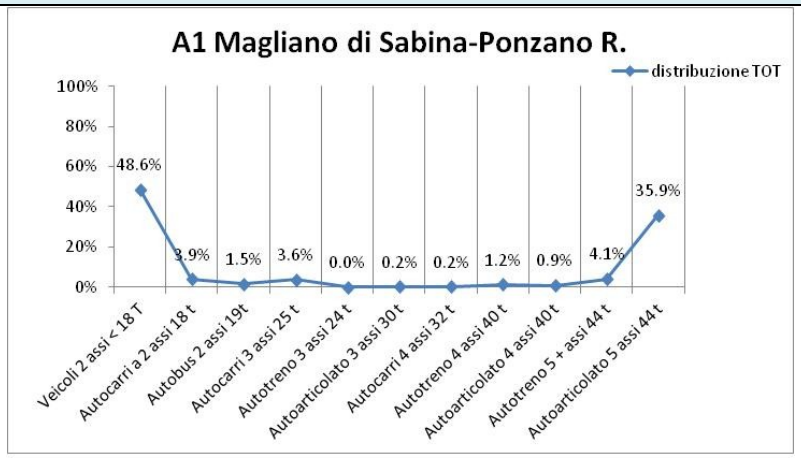
3.2 Spettri di traffico attuali

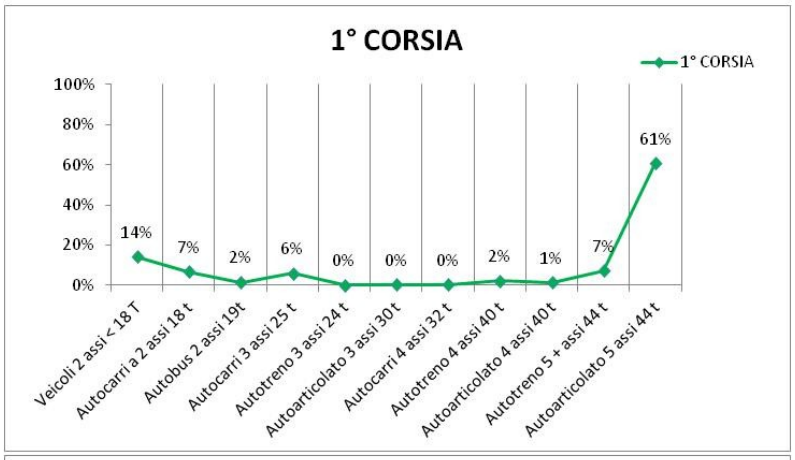
Abbiamo visto la ripartizione generale dei veicoli commerciali nelle varie corsie, entriamo ora nel dettaglio e osserviamo la ripartizione di tutti i tipi di veicoli nei tratti analizzati. In particolare si riporta:

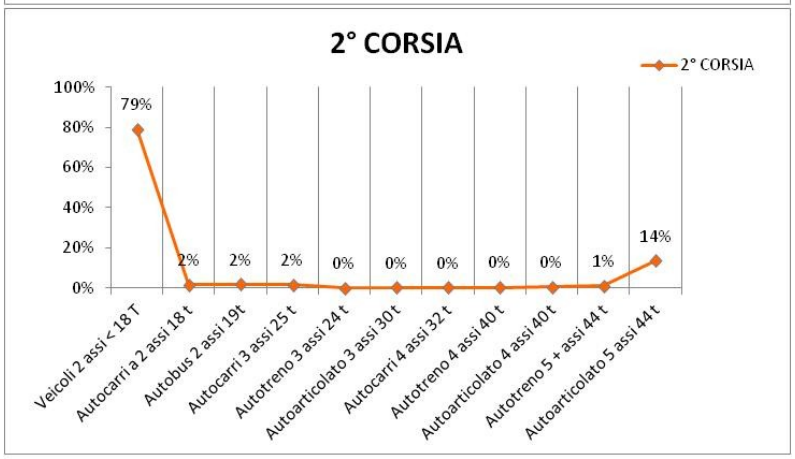
- Ripartizione di tutti i veicoli nella carreggiata.
- Distribuzione di tutti i veicoli nelle corsie.

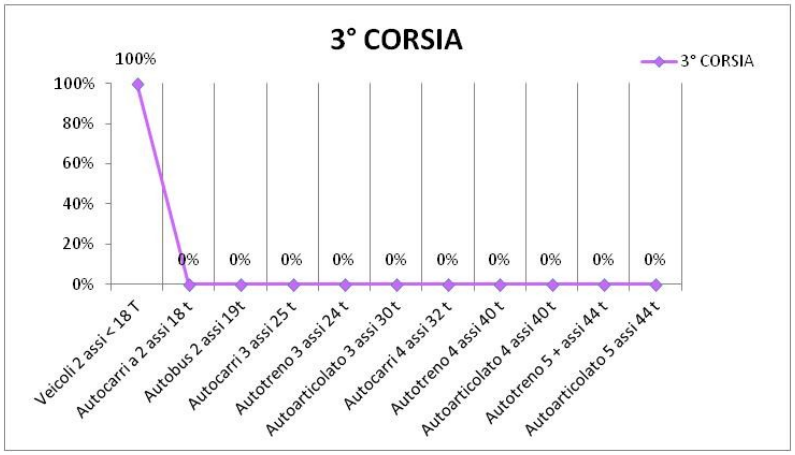
La rappresentazione grafica, riportata di seguito, mostra i risultati ottenuti nel capitolo precedente, in particolare dalla Tabella 2.10 alla Tabella 2.20.

A1 MAGLIANO SABINA - PONZANO ROMANO SUD

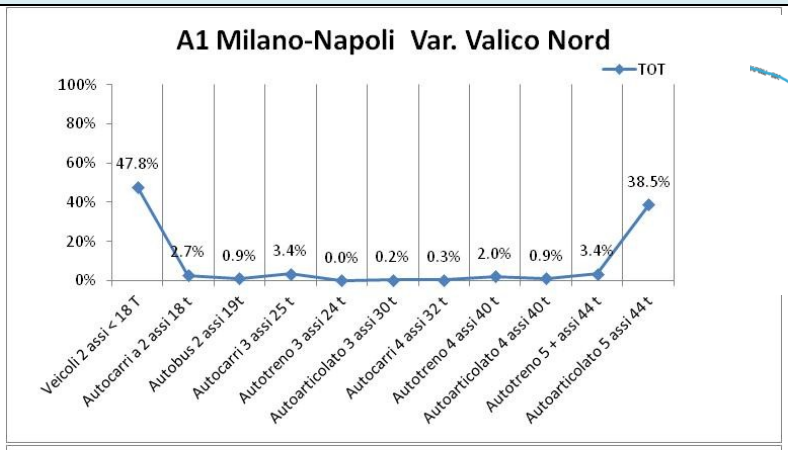


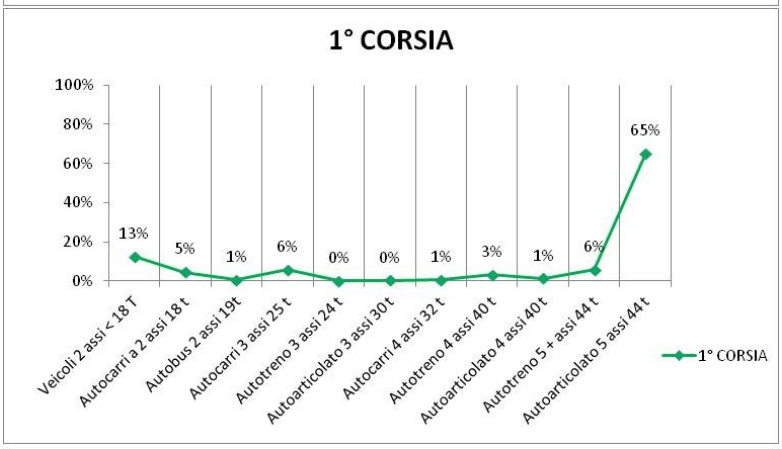


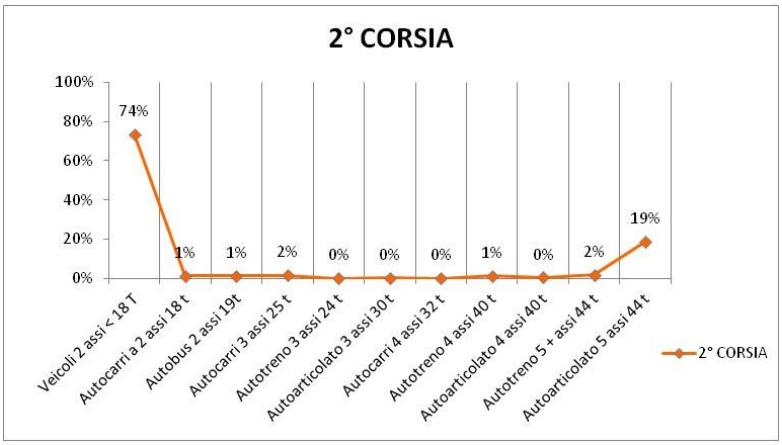


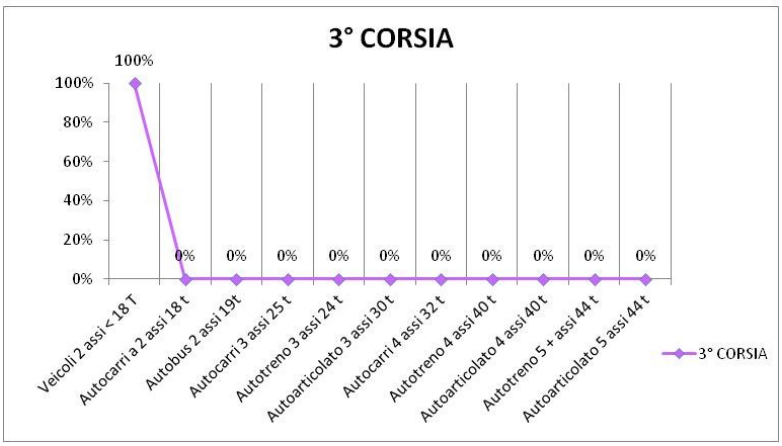


A1 MILANO - NAPOLI Sasso Marconi - All. Variante di Valico NORD Km 219.16

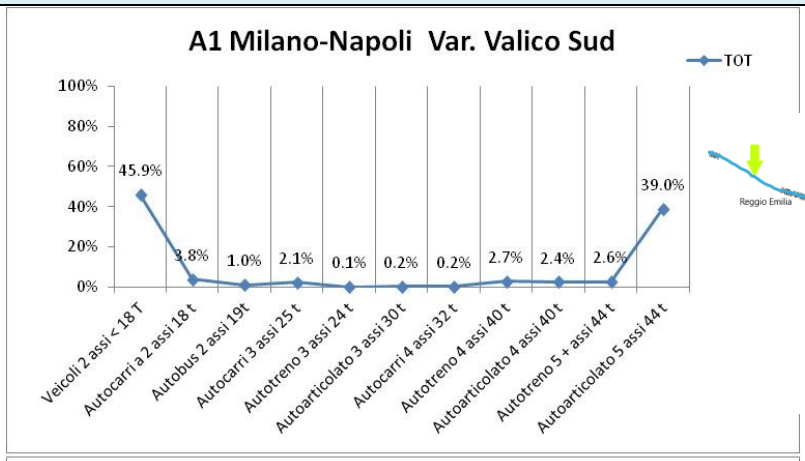


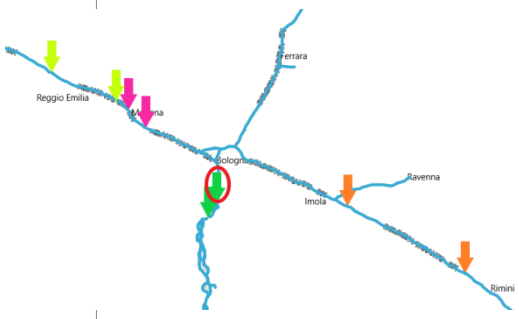


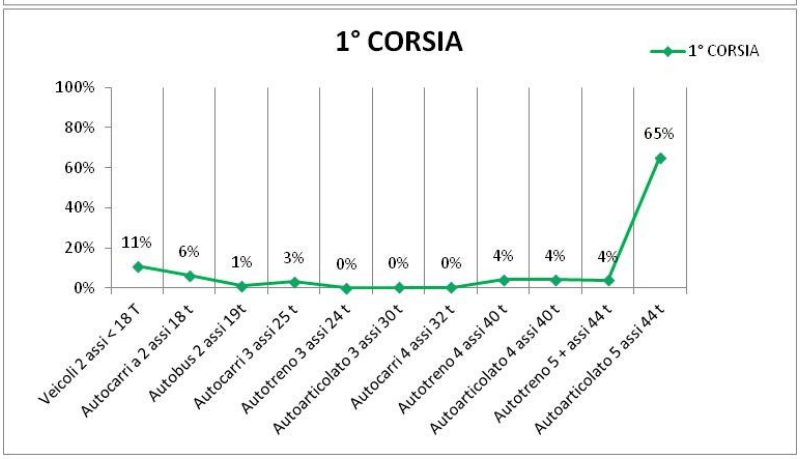


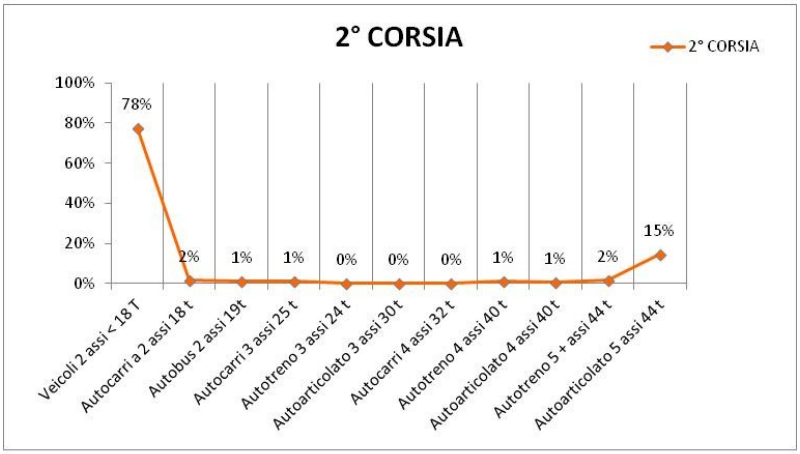


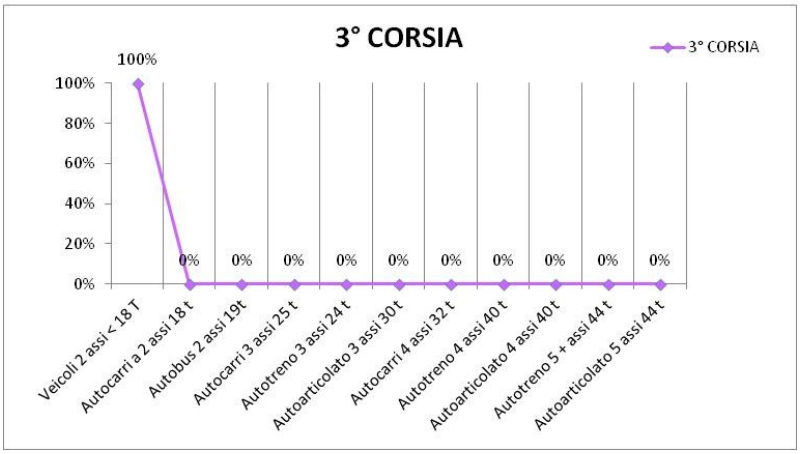
A1 MILANO - NAPOLI Sasso Marconi - All. Variante di Valico SUD Km 211.15



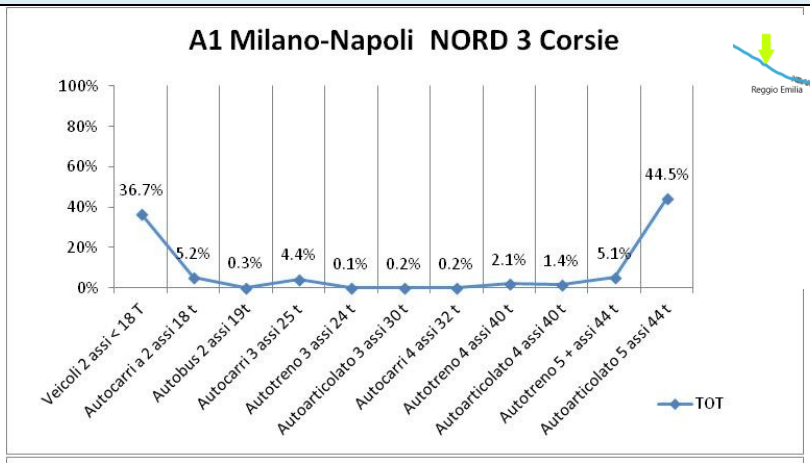


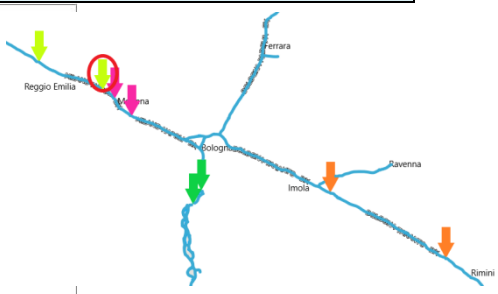


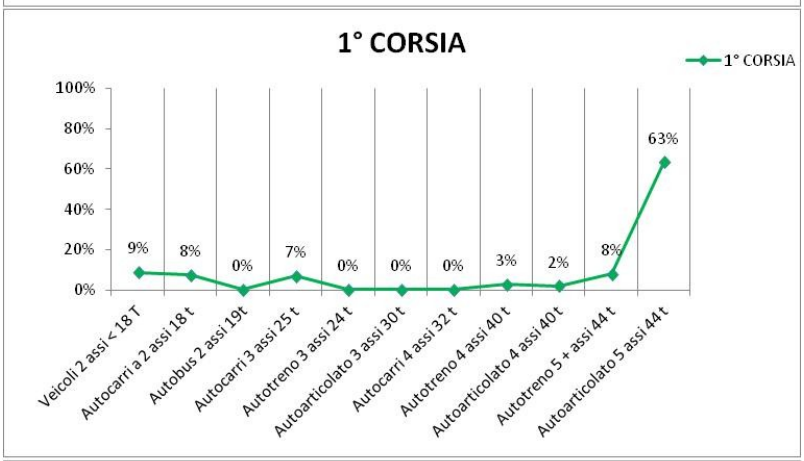


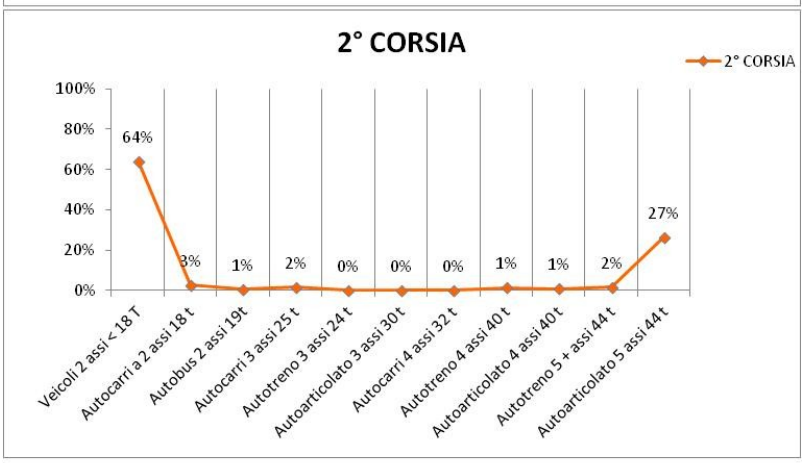


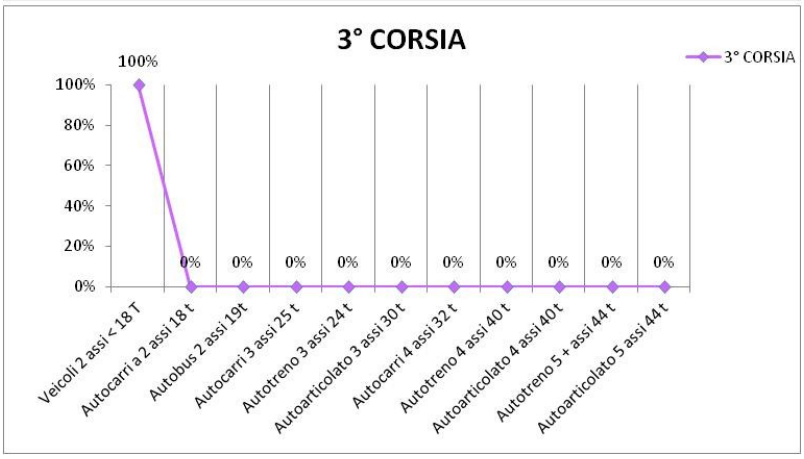
A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 NORD Km 153



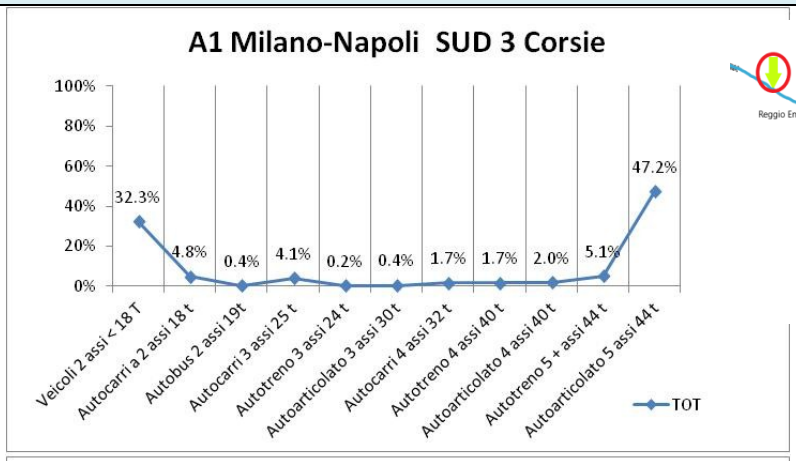


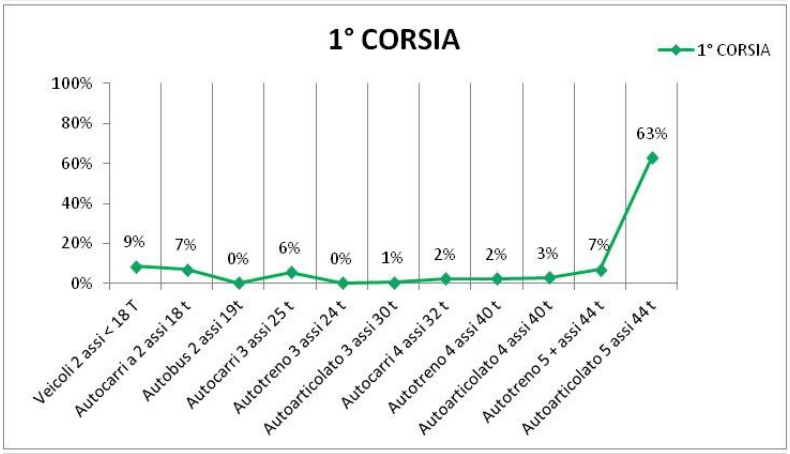


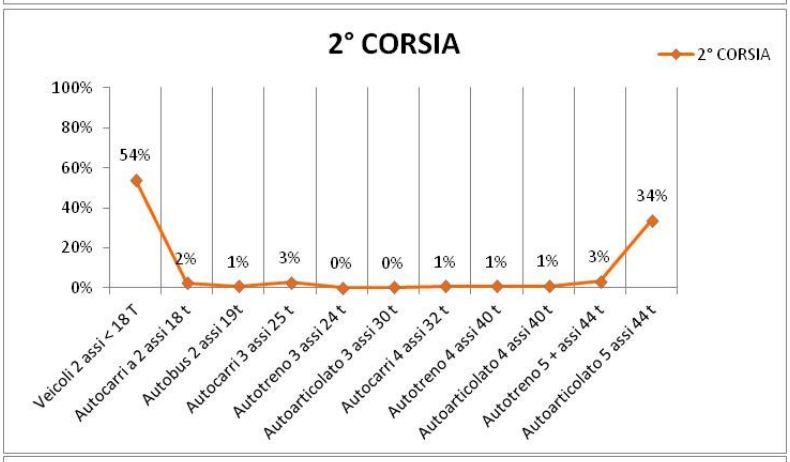


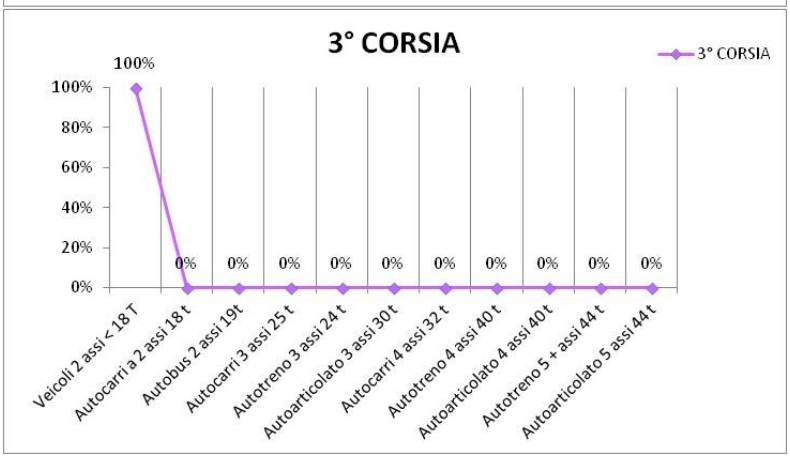


A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD Km 125.9

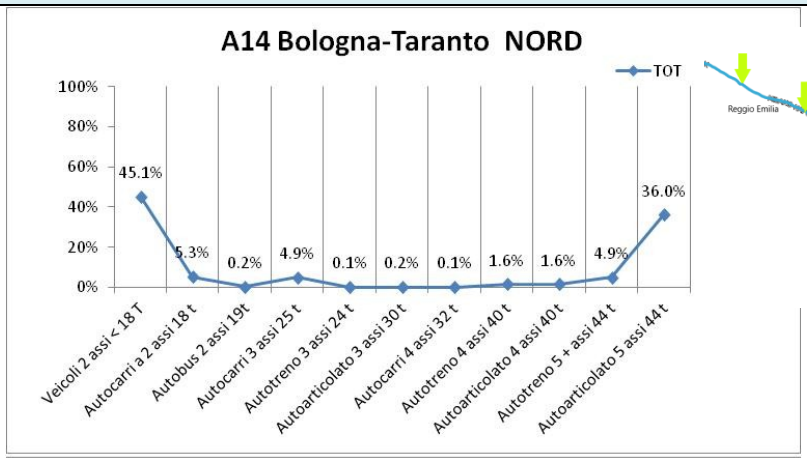


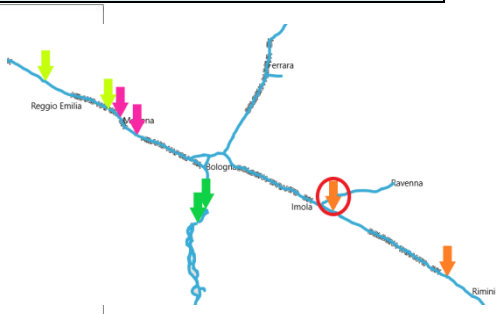


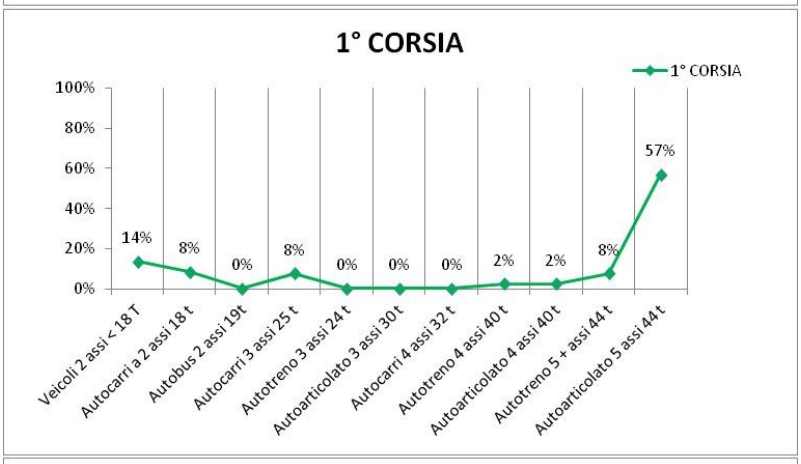


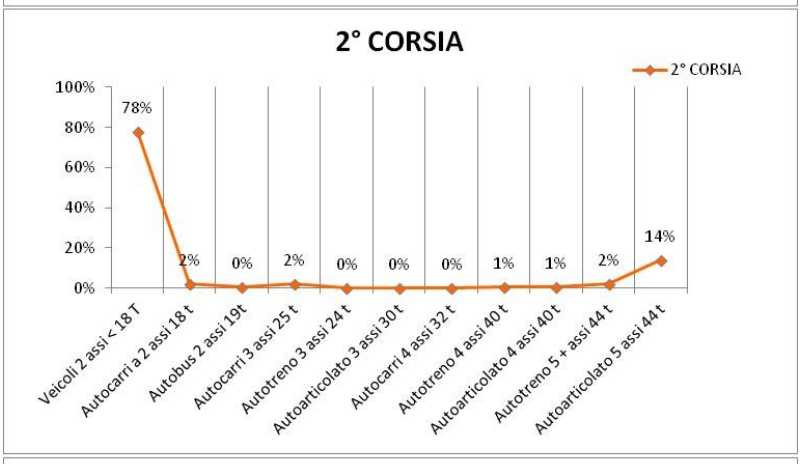


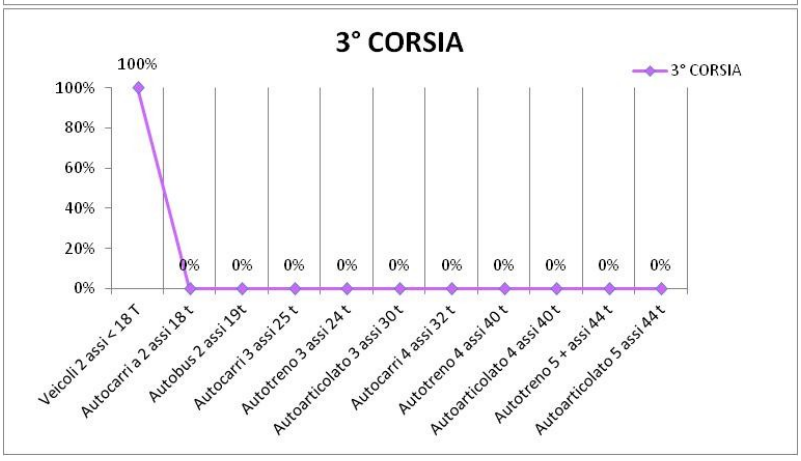
A14 BOLOGNA - TARANTO Alla. Diram. Ravenna - Cattolica NORD Km 63



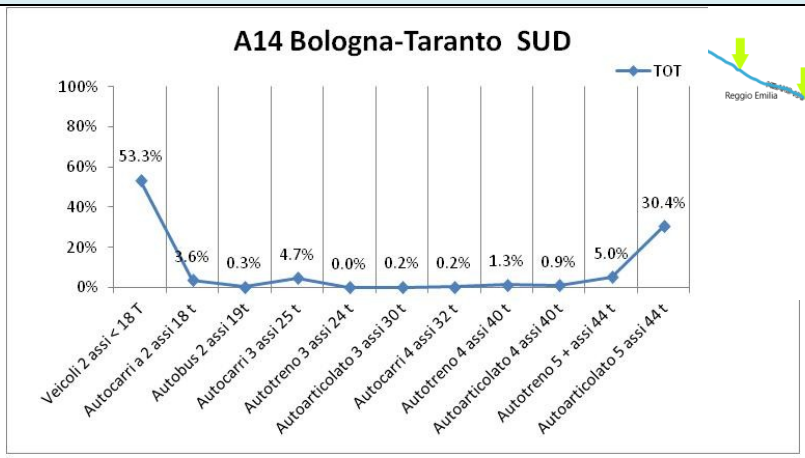


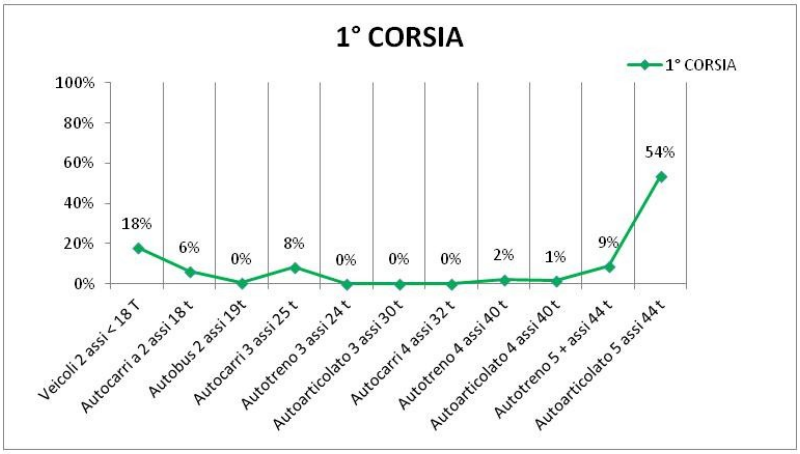


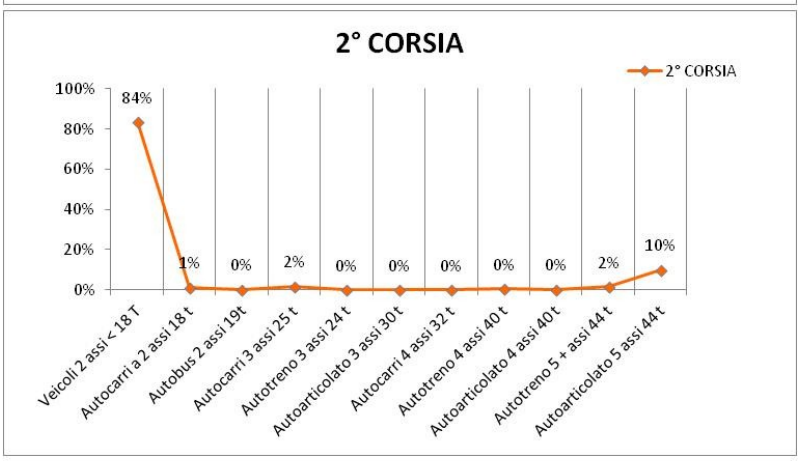


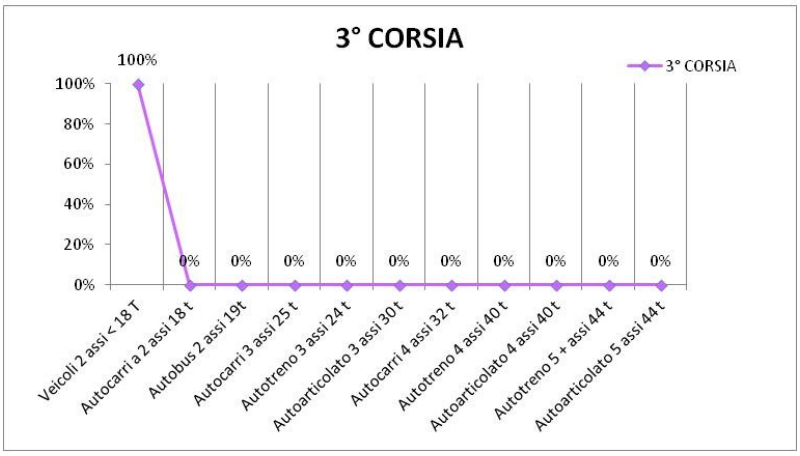


A14 BOLOGNA - TARANTO Alla. Diram. Ravenna - Cattolica SUD Km 111.3

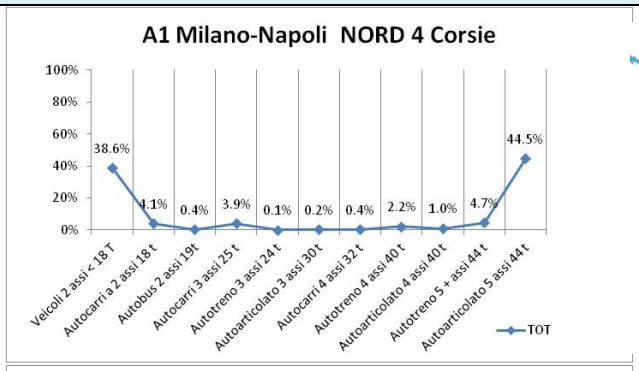


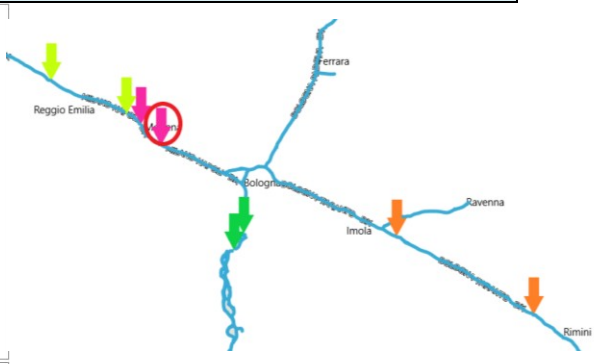


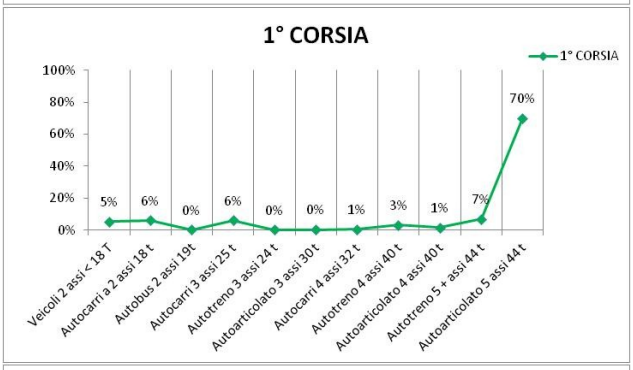


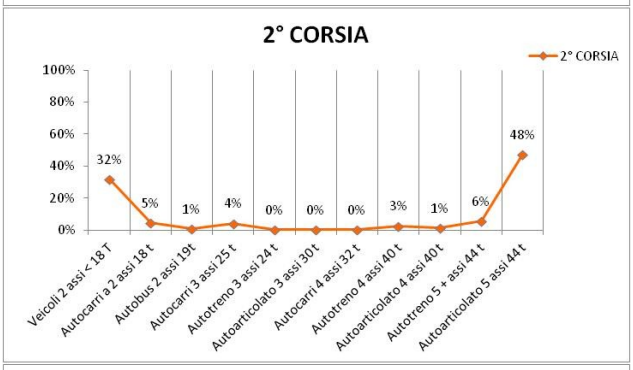


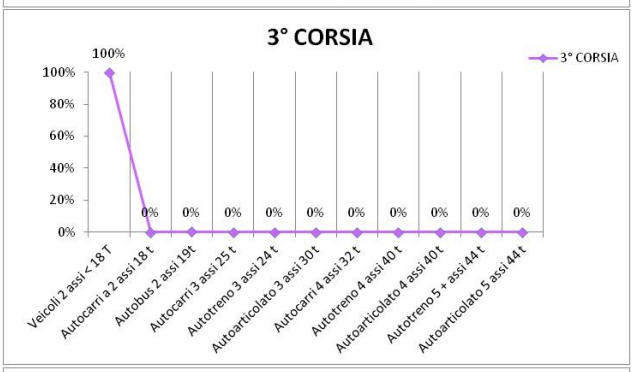
A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14 NORD Km 166.1

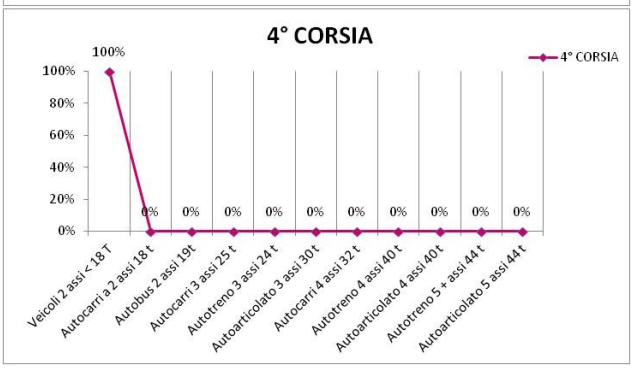




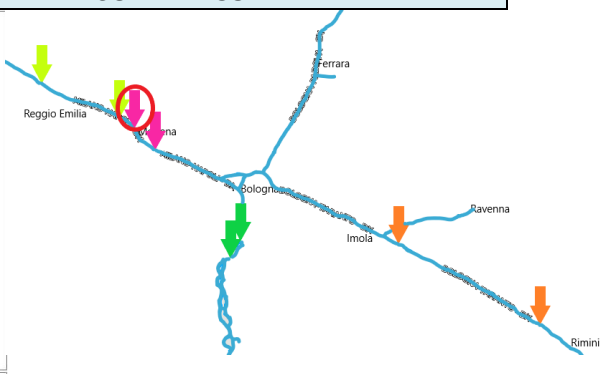


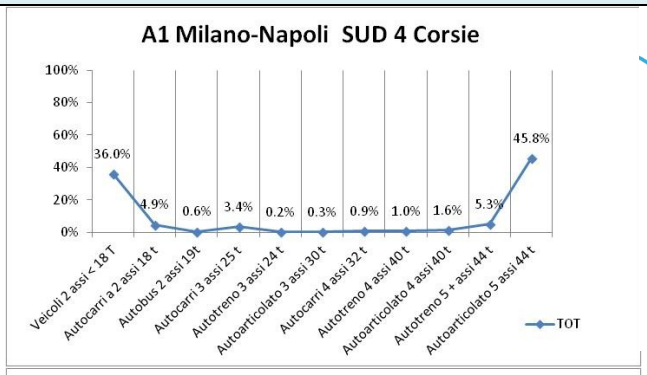


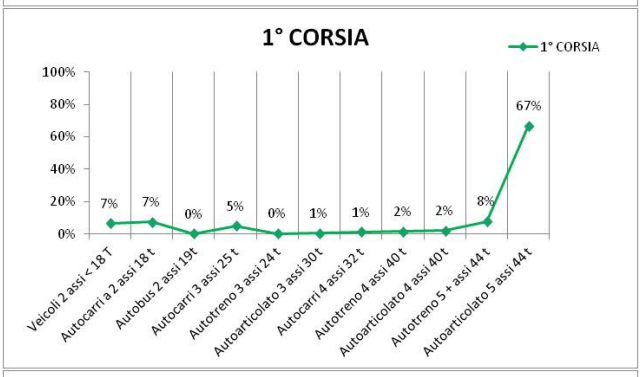


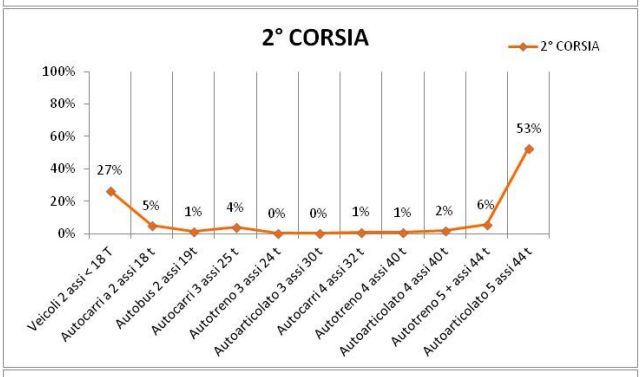


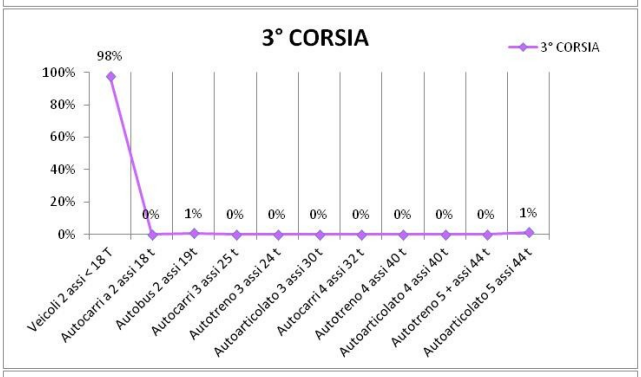
A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14 SUD Km 158

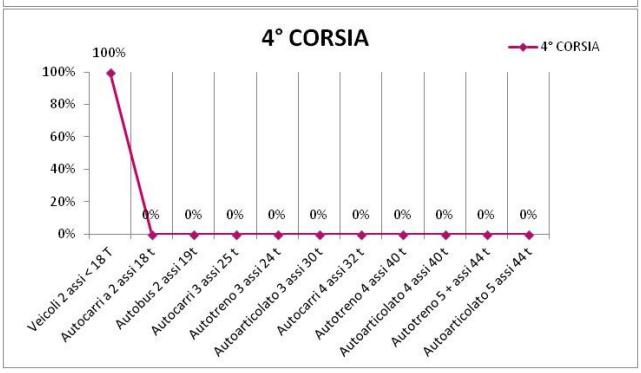












Un primo risultato riscontrabile in tutti i casi è la prevalenza di autoarticolati a cinque assi e di veicoli a due assi con peso massimo minore di 18 t. Questo è osservabile nel primo grafico riportato in tutte le tratte. In seguito è possibile osservare la distribuzione dei veicoli nelle corsie.

Partendo dalla prima corsia, si può notare un'elevata percentuale di autoarticolati a cinque assi, questo era stato percepito già al momento del rilievo visivo. In particolare nei tratti a tre corsie si ha una percentuale all'incirca uguale per tutti i tratti, si rileva una leggera differenza nell'A14 poiché nel Nord dell'Italia ci sono le regioni più ricche rispetto al Sud e questo si ripercuote soprattutto nei trasporti.

Nel tratto a quattro corsie si osservano un'elevata percentuale di autoarticolati a cinque assi sulla prima corsia, superiore rispetto alle strade a tre corsie. Questo può essere spiegato dall'elevato numero di corsie, in particolare la presenza di quattro corsie fa sì che la prima sia interamente dedicata ai veicoli più lenti e quindi ai mezzi più pesanti.

Nella seconda corsia si osserva ancora una percentuale di autoarticolati a cinque assi ma in quantità minore rispetto alla prima corsia e un aumento dei veicoli a due assi con peso minore di 18t. Nel tratto a quattro corsie la percentuale di autoarticolati a cinque assi arriva quasi ai livelli della prima corsia nelle strade a tre corsie. Questo trae giustificazione dal fatto che la prima corsia è satura, ossia ha la massima quantità di mezzi pesanti che possono transitare, quindi i successivi mezzi pesanti si trovano a dover sorpassare e viaggiare sulla seconda corsia.

Nella terza e quarta corsia si ha il massimo quantitativo di mezzi più leggeri, in particolare di veicoli a due assi con peso minore di 18t.

Per quanto riguarda gli altri mezzi si presentano in quantità molto minore e distribuita tra la prima e la seconda corsia.

La corsia più caricata e più trafficata dai mezzi pesanti è in ogni caso la prima. Questo è il motivo per cui è assunta come corsia di progetto.

3.3 Spettri attuali vs spettri CNR

Per fare un confronto tra gli spettri appena analizzati e quelli del CNR bisogna adottare una diversa classificazione dei tipi di veicoli.

Quello che si è cercato di fare è di adattare la classificazione presente nello spettro del CNR (Figura 1.7.1) alla classificazione del Codice della Strada utilizzata negli spettri attuali.

Le caratteristiche prese in considerazione per la classificazione sono:

- Numero degli assi
- Peso per asse

Non essendoci un'omogeneità tra le due classificazioni non è stato possibile ottenere una precisa distinzione in funzione del peso, ma si sono raggruppati i veicoli aventi stesso numero di assi e peso rientrante in uno specifico intervallo. Di seguito si riporta la classificazione adottata.

Tipo di Veicolo
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t
Veicoli a 3 assi-20÷30 t
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t

Tabella 3.1 *Classificazione adottata per il confronto*

A fronte di questa classificazione lo spettro del CNR assume la seguente ripartizione del traffico nel caso Autostradale.

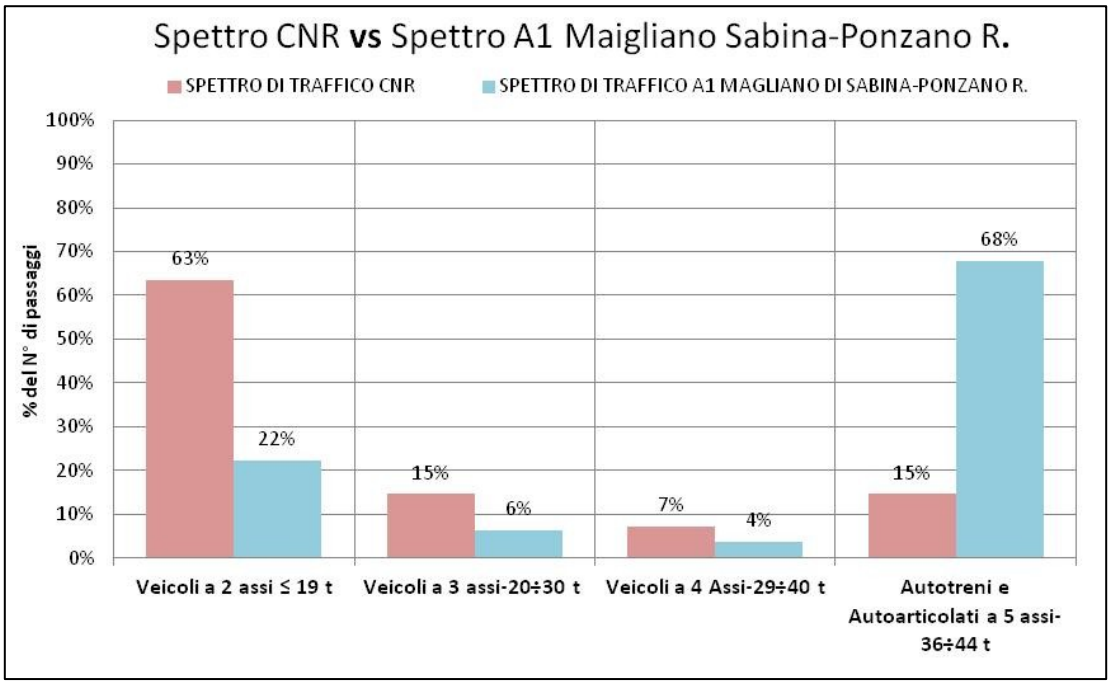
SPETTRO CNR	
Tipo di Veicolo	**% TRANSITI**
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	63%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	15%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	7%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	15%

Per ottenere la frequenza, espressa in percentuale, dei veicoli commerciali nei tratti analizzati, si sono sommati il numero di passaggi dei veicoli rientranti in una stessa categoria ed è stato rapportato al numero totale di transiti.

Il confronto è stato fatto prendendo i valori percentuali riferiti alla corsia più caricata, essendo questa di riferimento per il dimensionamento della pavimentazione.

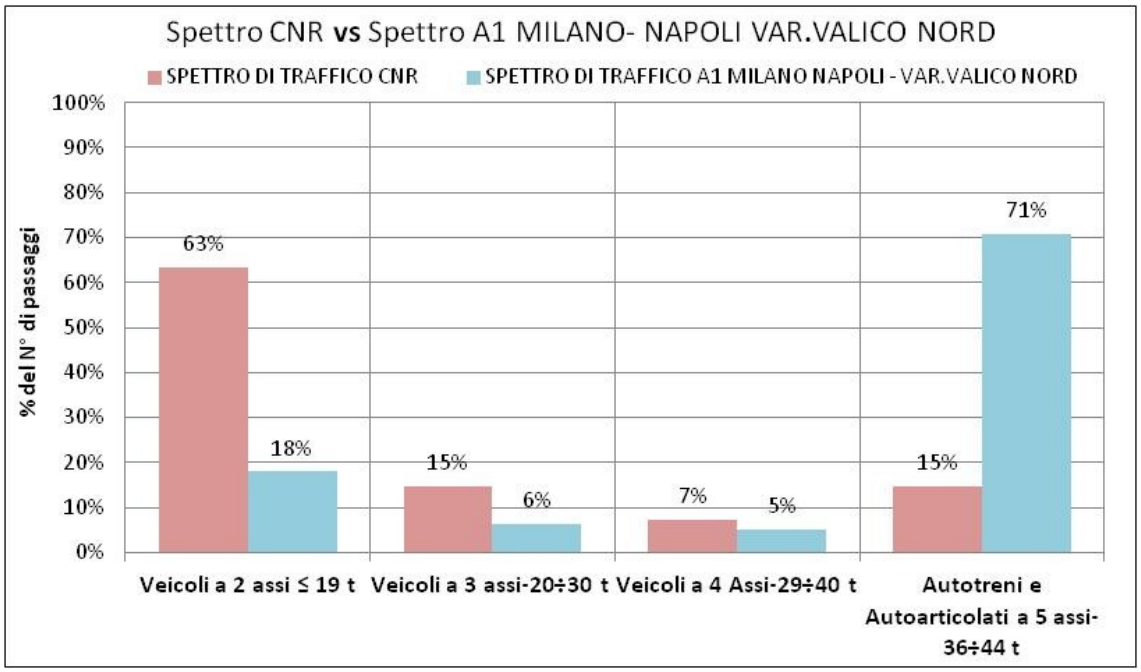
A1 MAGLIANO SABINA - PONZANO ROMANO SUD

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	736	22%	1,938	83%	801	100%	3475	54%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	207	6%	41	2%	0	0%	248	4%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	119	4%	24	1%	0	0%	143	2%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	2,233	68%	343	15%	0	0%	2576	40%
TOTALE	3,295	100%	2,346	100%	801	0%	6442	100%



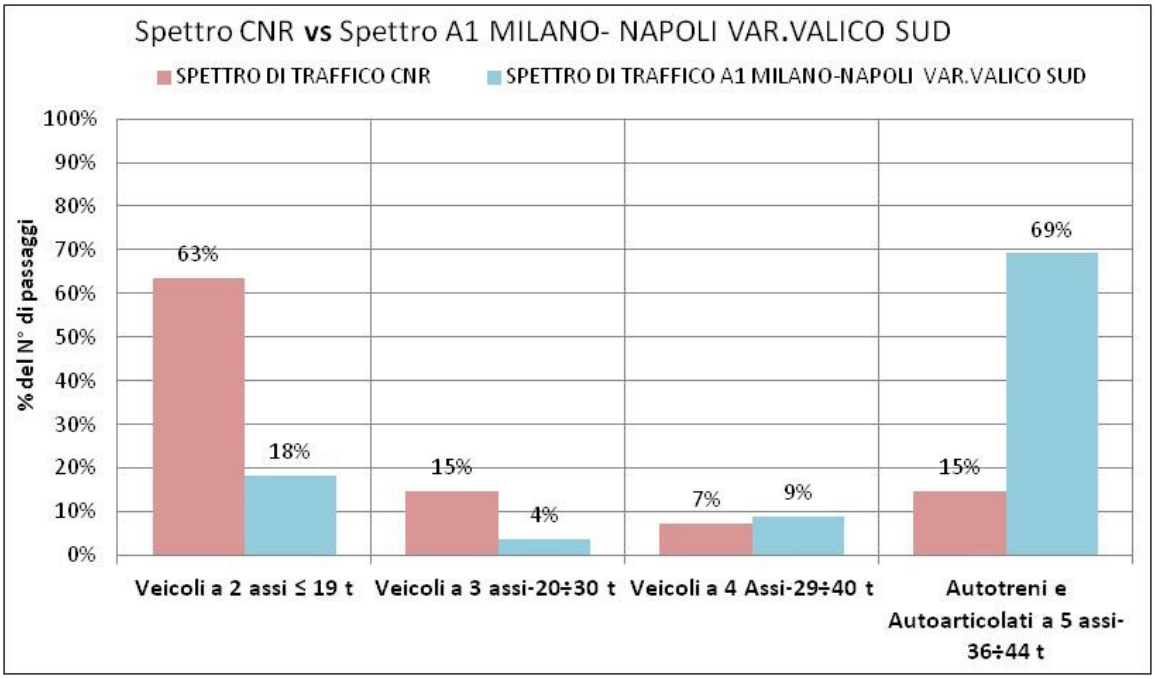
A1 MILANO - NAPOLI Sasso Marconi - All. Variante di Valico NORD Km 219.16

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	668	18%	2,094	76%	1,151	100%	3,913	51%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	233	6%	45	2%	0	0%	278	4%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	189	5%	46	2%	0	0%	235	3%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	2,628	71%	562	20%	0	0%	3,190	42%
TOTALE	3,718	100%	2,747	100%	1,151	100%	7,616	100%



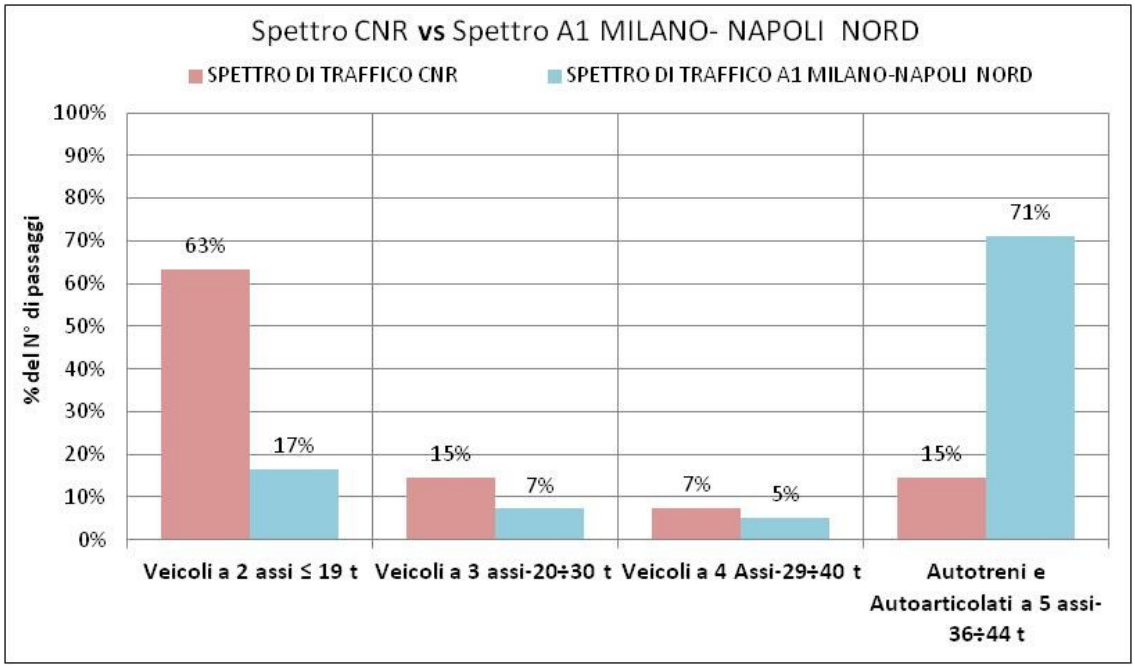
A1 MILANO - NAPOLI Sasso Marconi - All. Variante di Valico SUD Km 211.15

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	688	18%	2,194	80%	856	100%	3,738	51%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	143	4%	34	1%	0	0%	177	2%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	337	9%	55	2%	0	0%	392	5%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	2621	69%	445	16%	0%	0%	3,066	42%
TOTALE	3,789	100%	2,728	100%	856	100%	7,373	100%



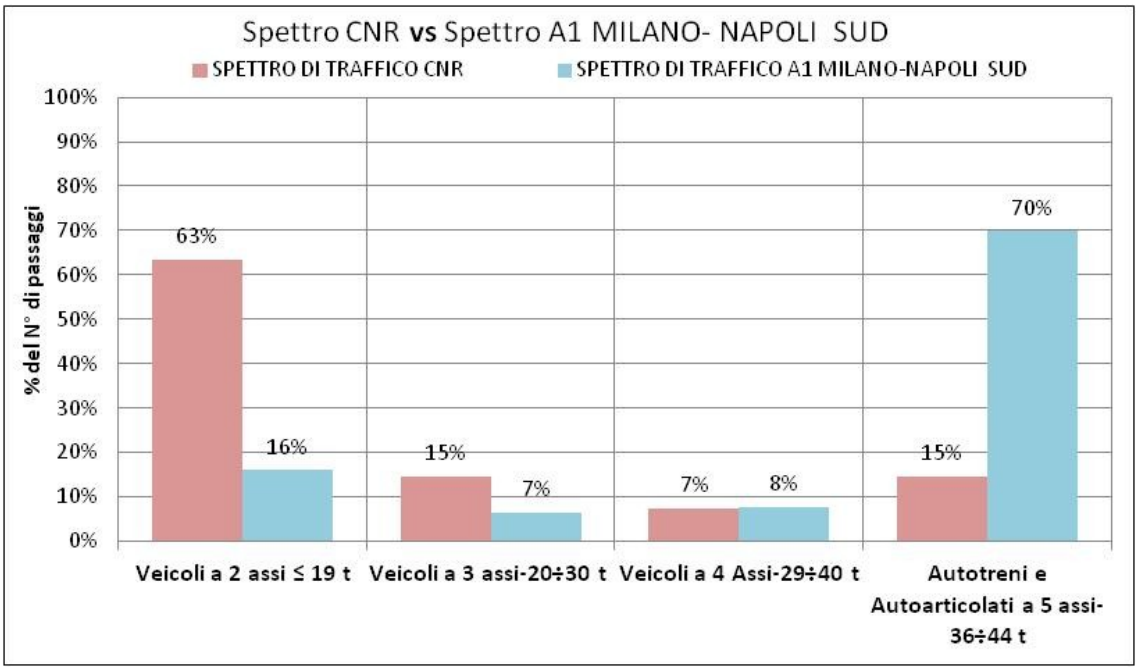
A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 NORD Km 153

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	858	17%	1,813	67%	1,125	100%	3,796	42%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	376	7%	44	2%	0	0%	420	5%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	260	5%	65	2%	0	0%	325	4%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	3,699	71%	764	28%	0	0%	4,463	50%
TOTALE	5,193	100%	2,686	100%	1,125	100%	9,004	100%



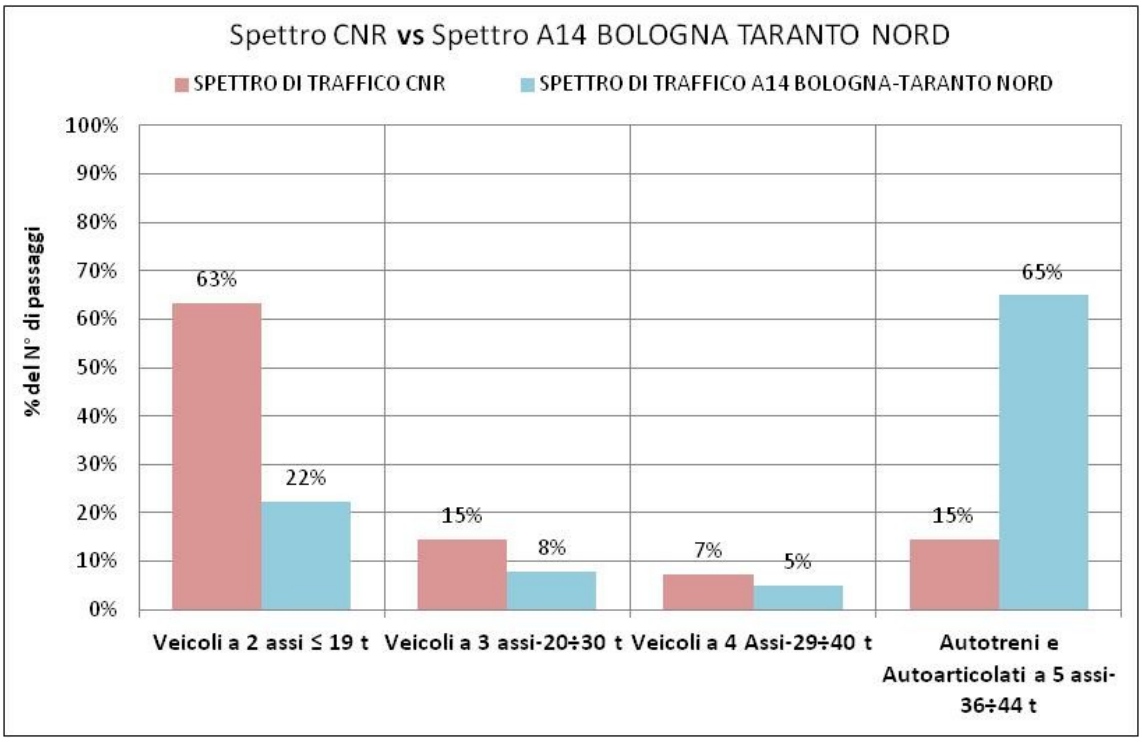
A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD Km 125.9

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	783	16%	1,564	57%	840	100%	3,187	38%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	320	7%	84	3%	0	0%	404	5%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	378	8%	76	3%	0	0%	454	5%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	3,427	70%	1,011	37%	0	0%	4,438	52%
TOTALE	4,908	100%	2,735	100%	840	100%	8,483	100%



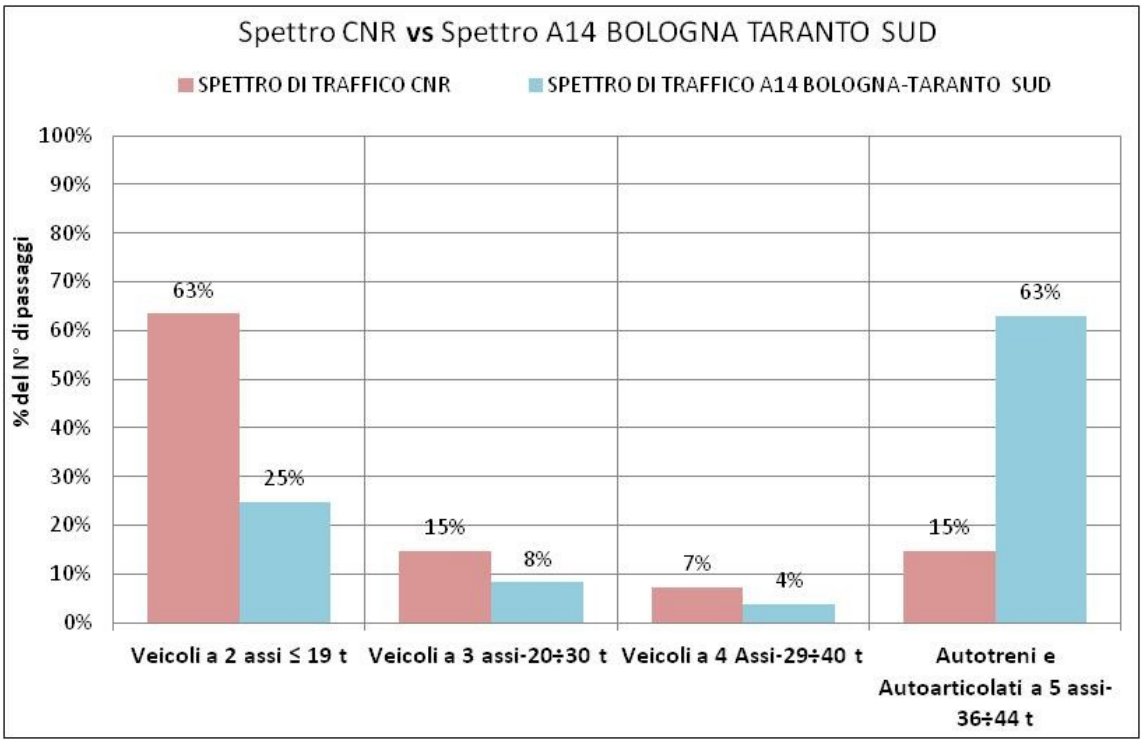
A14 BOLOGNA - TARANTO Alla. Diram. Ravenna - Cattolica NORD Km 63

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	664	22%	1,511	81%	590	100%	2,765	51%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	230	8%	36	2%	0	0%	266	5%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	146	5%	27	1%	0	0%	173	3%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	1,926	65%	303	16%	0	0%	2,229	41%
TOTALE	2,966	100%	1,877	100%	590	100%	5,433	100%



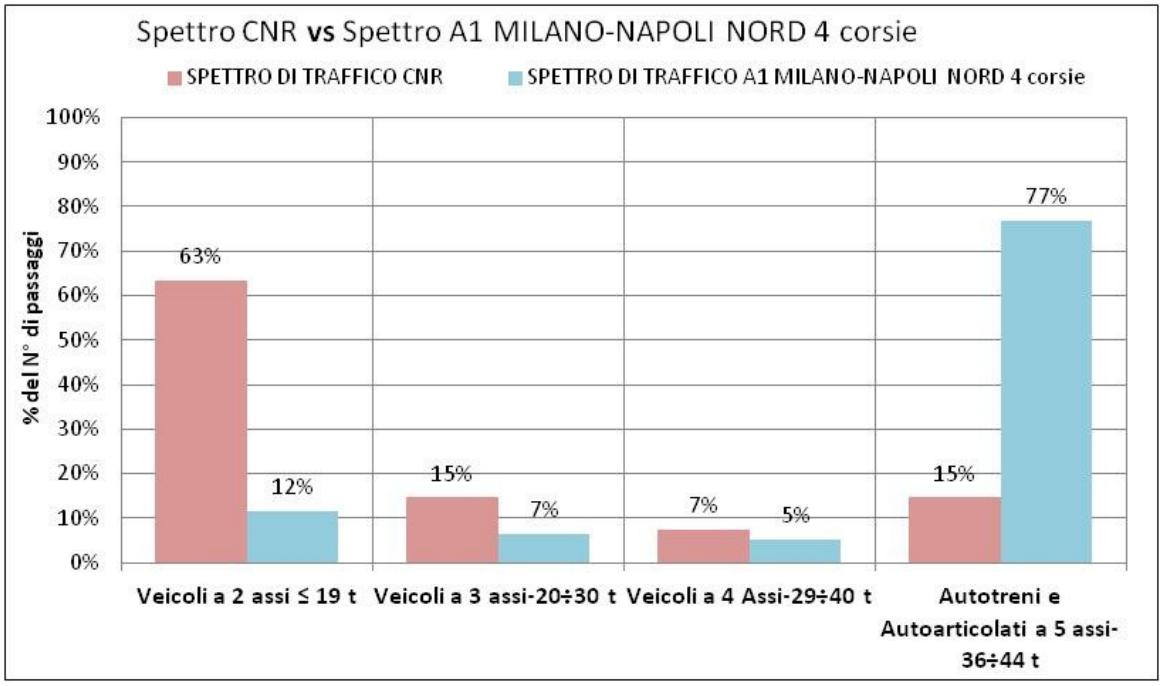
A14 BOLOGNA - TARANTO Alla. Diram. Ravenna - Cattolica SUD Km 111.3

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	599	25%	1,606	86%	609	100%	2,814	57%
Veicoli a 3 assi-20÷30 t	198	8%	34	2%	0	0%	232	5%
Veicoli a 4 Assi-29÷40 t	93	4%	15	1%	0	0%	108	2%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	1,520	63%	222	12%	0	0%	1742	36%
TOTALE	2,410	100%	1,877	100%	609	100%	4,896	100%



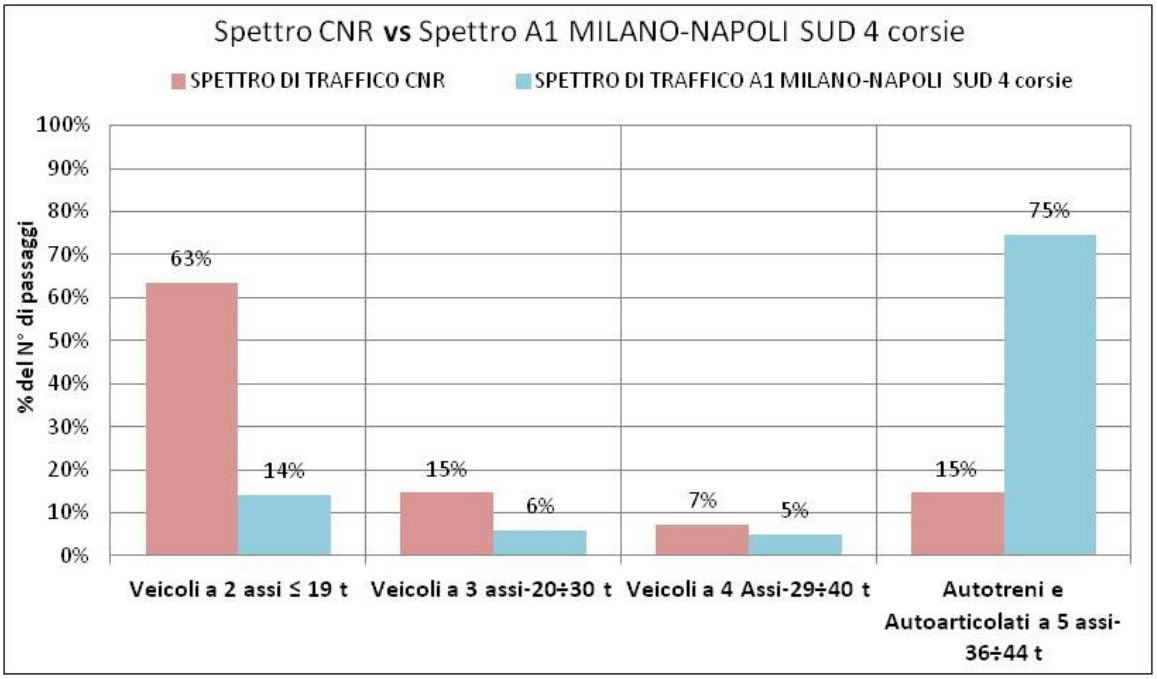
A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14 NORD Km 166.1

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		4° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	565	12%	1,069	38%	2,045	100%	946	100%	4,625	43%
Veicoli a 3 assi 20÷30 t	321	7%	135	5%	0	0%	0	0%	456	4%
Veicoli a 4 Assi 29÷40t	258	5%	121	4%	0	0%	0	0%	379	4%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi 36÷44 t	3,769	77%	1,519	53%	1	0%	0	0%	5,289	49%
TOTALE	4,913	100%	2,844	100%	2,046	100%	946	100%	10,749	100%



A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14 SUD Km 158

Tipo di Veicolo	1° Corsia		2° Corsia		3° Corsia		4° Corsia		TOT	
	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%	Transiti	%
Veicoli a 2 assi ≤ 19 t	659	14%	1,029	33%	1,846	98%	758	100%	4,292	41%
Veicoli a 3 assi 20÷30 t	276	6%	135	4%	1	0%	0	0%	412	4%
Veicoli a 4 Assi 29÷40 t	234	5%	121	4%	2	0%	0	0%	357	3%
Autotreni e Autoarticolati a 5 assi-36÷44 t	3,452	75%	1,811	58%	26	1%	0	0%	5,289	51%
TOTALE	4,621	100%	3,096	100%	1,875	100%	758	100%	10,350	100%



L'andamento generale che può essere osservato in tutti i tratti è di carattere opposto tra le due tipologie di spettri. In particolare, quando fu trovato lo spettro di traffico dal Consiglio Nazionale delle Ricerche nel 1993 si aveva una maggiore frequenza di veicoli a 2 assi e un minor flusso di mezzi pesanti, ad oggi si ha una situazione del tutto divergente, infatti si osserva un minor quantitativo di veicoli a due assi e una crescita esponenziale dei mezzi più pesanti a 5 assi.

Se prendiamo per un momento solo gli autotreni e autoarticolati a 5 assi dello spettro attuale, si osserva che tra due direzioni della stessa tratta,quindi tra Nord e Sud, le percentuali sono all'incirca uguali, quindi si ha lo stesso traffico pesante. Questo sarà confermato successivamente da appositi grafici.

Questo confronto è stato fatto prendendo, per gli spettri attuali, i valori percentuali della prima corsia, ma se volessimo fare un confronto prendendo la frequenza dei mezzi pesanti sulla carreggiata si osserverebbe un andamento simile però con minor distacco tra le due tipologie di spettri rispetto quelli appena analizzati. In ogni caso si avrebbe una differenza rilevante tra lo spettro del CNR e quello attuale per i veicoli a cinque assi.

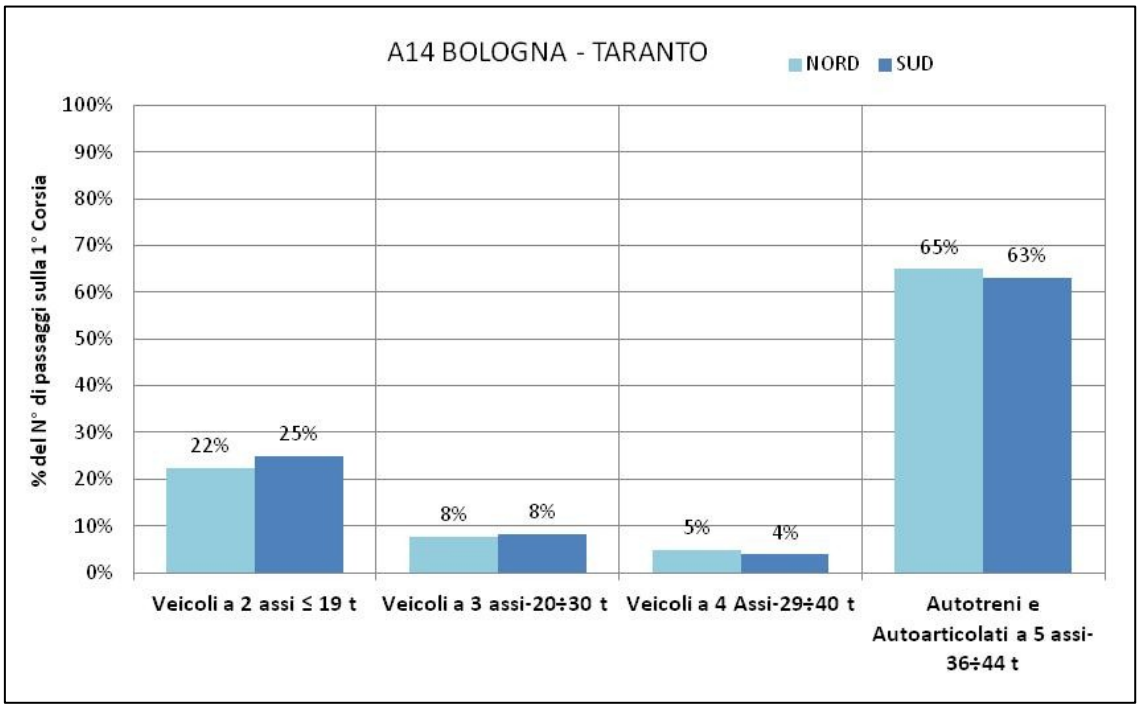
Per quanto riguarda i veicoli a tre e quattro assi non si nota una differenza rilevante.

L'utilizzo degli spettri del CNR non rispecchia quindi il traffico attuale e in seguito sarà mostrato come questo influenzi pesantemente sulla durata della pavimentazione.

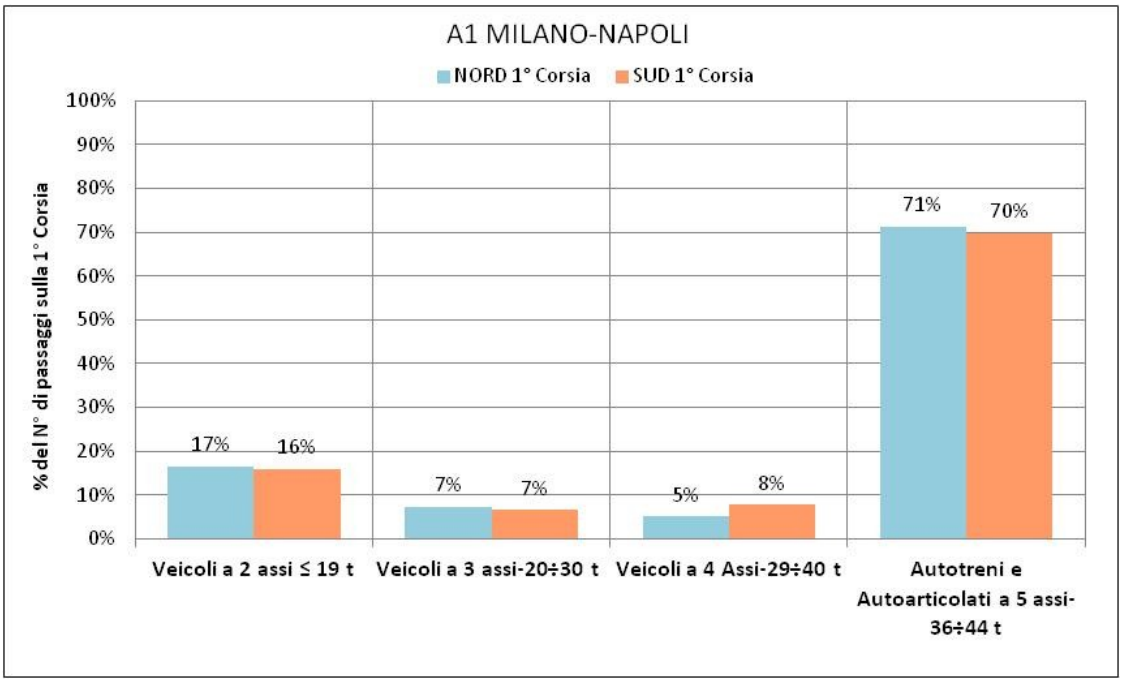
3.4 Confronto tra gli spettri analizzati

Un primo confronto consiste nella valutazione del traffico commerciale tra i due sensi di marcia di uno stesso tratto, al fine di valutare se effettivamente si ha un'uguaglianza. Il confronto è stato esaminato sulla corsia più caricata e quindi sulla prima corsia, solo nei tratti in cui sono stati rilevati i dati in entrambe le direzioni.

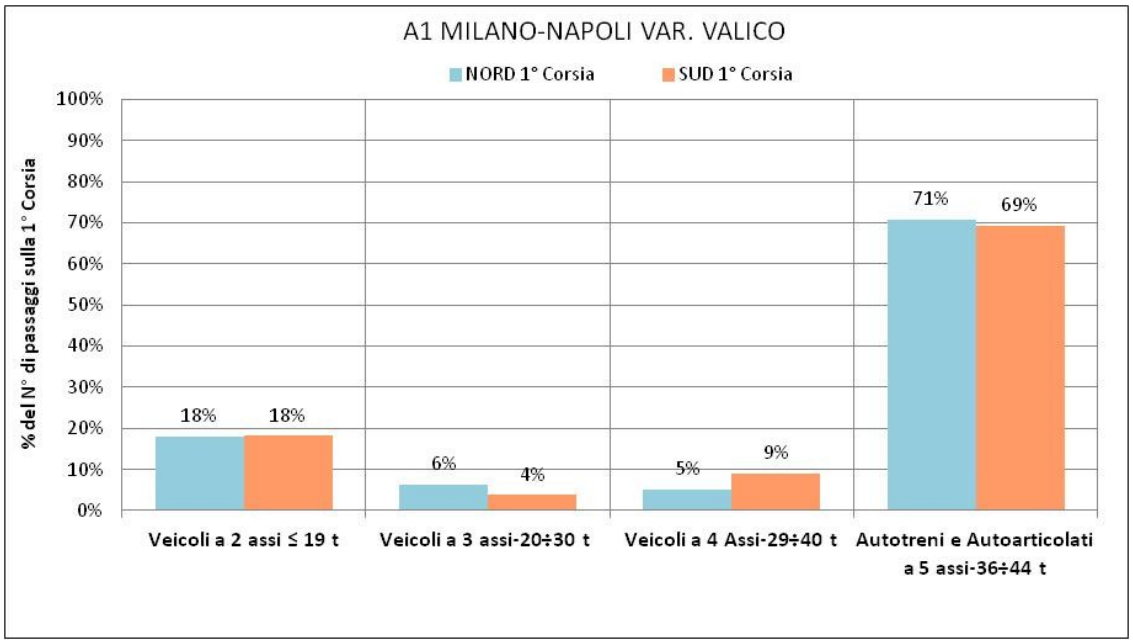
A14 BOLOGNA - TARANTO ALL.DIRAM. RAVENNA - CATTOLICA



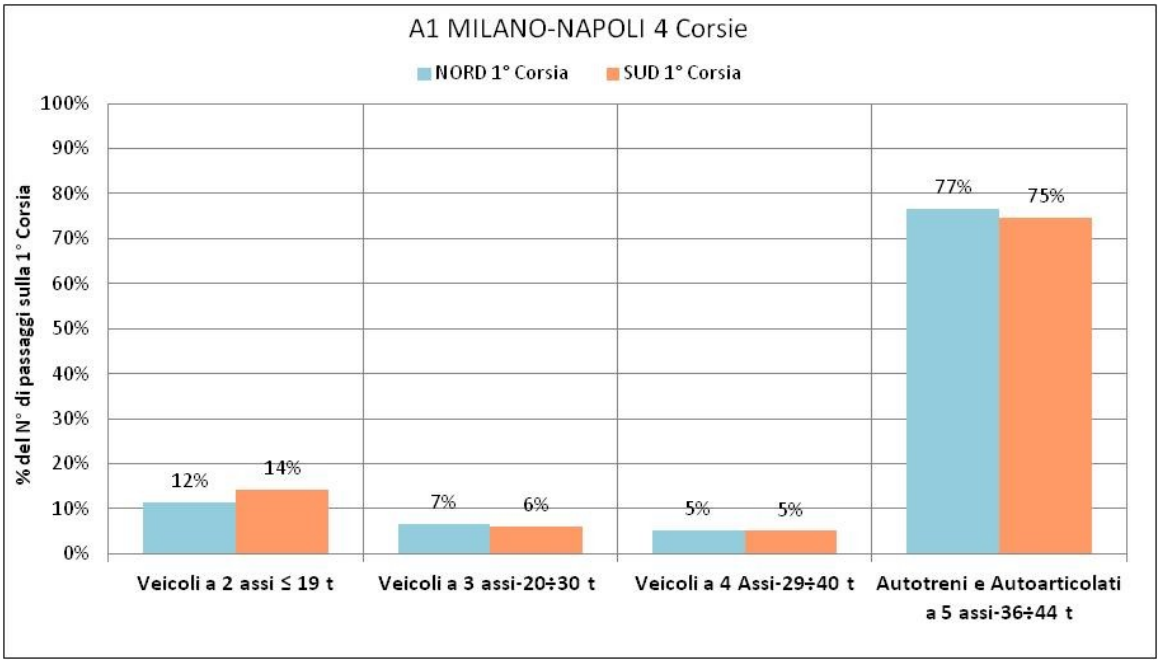
A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22



A1 MILANO - NAPOLI Sasso Marconi - All. Variante di Valico

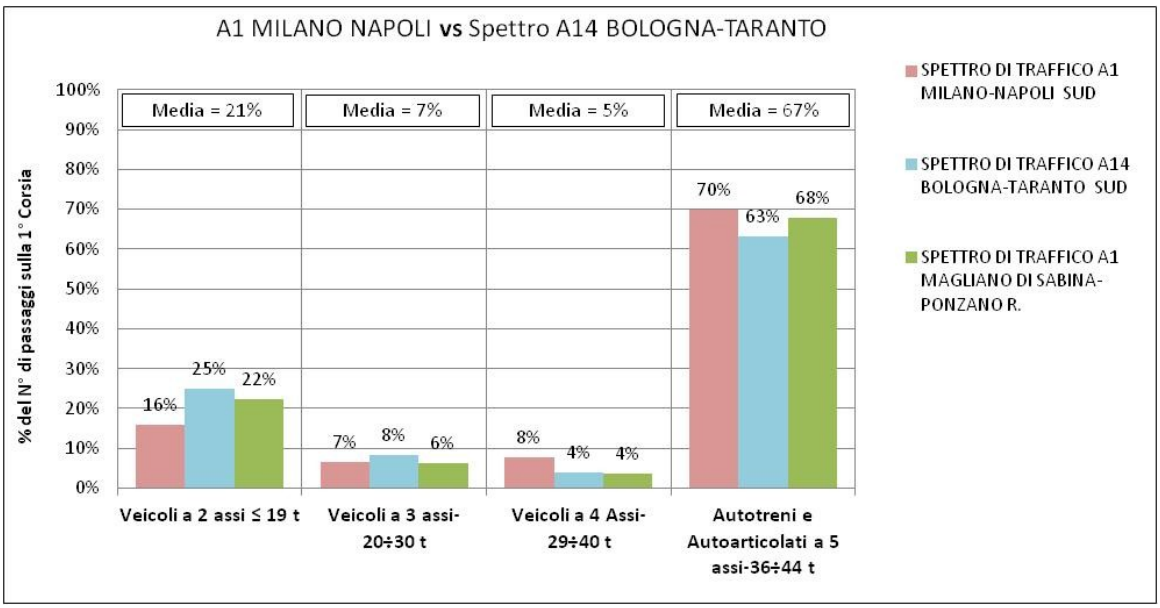


A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14



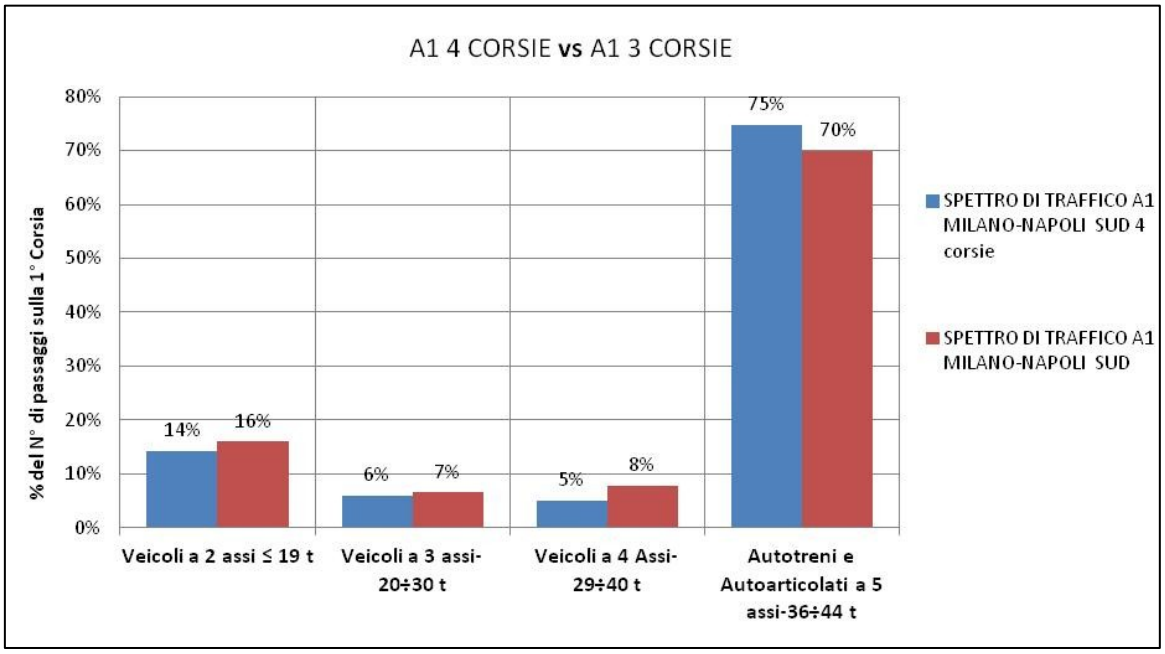
Come si può osservare, per tutte le categorie di veicoli individuate, si ha la stessa percentuale o al massimo con una piccola differenza, tale da essere irrilevante. Si può affermare quindi che la distribuzione di traffico nelle due direzioni è simmetrica.

In seguito si è osservato il traffico sulla prima corsia fra tre strade a tre corsie. Le strade prese in esame sono: A14 Bologna - Taranto direzione sud, A1 Magliano Sabina - Ponzano R. direzione sud, A1 Milano - Napoli Ponte Fiume Enza - All.A22.



Si osserva come non ci sia una distinzione rilevante in termini percentuali tra le varie strade, la maggiore differenza si osserva con il tratto A14.

Si è voluto inoltre valutare la differenza tra un'autostrada a tre corsie e una a quattro corsie. Si è preso il tratto dell'A1 sia per il tratto a 3 corsie che a 4 poiché in pianta si trovano in punti successivi e quindi si hanno maggiori termini di paragone. Il confronto è stato fatto sulla prima corsia.



Nonostante siano punti successivi, si osservano degli sfalsamenti. In particolare si ha una maggiore percentuale di mezzi a 5 assi nel tratto a 4 corsie, questo avvalora la teoria esposta precedentemente dove nelle autostrade a 4 corsie, la prima è interamente dedicata ai mezzi più pesanti.

Capitolo 4

4 Numero di Assi Standard da 12 t

La determinazione del numero di assi standard avviene attraverso l'utilizzo dell'equazione 1.8.2.

I coefficienti di carico equivalenti, impiegati nel calcolo, sono ottenuti tramite l'equazione 1.8.4 per tutti i principali veicoli commerciali circolanti in autostrada, presenti nel Codice della strada, e per due tipologie di danno: fatica e ormaiamento.

I fattori per la determinazione di tali coefficienti sono stati desunti da tabelle presenti in letteratura, in particolare dal documento del "*Norwegian Road Research Laboratory*" dal titolo: "*Distress and Damage factors for flexible pavements*". Più precisamente si assume che l'esponente γ assuma un valore pari a 4 per l'ormaiamento e 2 per la fatica, gli altri parametri sono stati estrapolati dalle tabelle riportate di seguito e presenti nel documento citato.

Axle spacing, m	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80
Fatigue cracking	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Roughness and rutting, weak base course	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Roughness and rutting, normal base course	1.05	1.25	1.40	1.55	1.75

Tabella 4.1 *Coefficiente per l'asse tandem in funzione della spaziatura dell'asse*

Axle spacing, m	1.20	1.40	1.60	1.80
Fatigue cracking	3.00	3.00	3.00	3.00
Roughness and rutting weak base course	3.00	3.00	3.00	3.00
Roughness and rutting, normal base course	1.50	1.90	2.20	2.50

Tabella 4.2 *Coefficiente per l'asse tridem in funzione della spaziatura dell'asse*

Tyre inflation pressure	600 kPa	800 kPa	1000 kPa
Single tyre, bias tread	0.78	1.00	1.26
Single tyre, radial tread	0.59	1.00	1.56
Dual tyre, bias tread	0.87	1.00	1.15
Dual tyre, radial tread	0.72	1.00	1.35

Tabella 4.3 *Coefficiente della pressione di gonfiaggio in funzione del tipo di ruota per la fatica*

Tyre inflation pressure	600 kPa	800 kPa	1000 kPa
Bias tread tyre	0.77	1.00	1.32
Radial tread tyre	0.67	1.00	1.39

Tabella 4.4 *Coefficiente della pressione di gonfiaggio in funzione del tipo di ruota per la l'ormaiamento*

Single tyre width, inches	10	12	14	16	18
LEF coefficient	3.99	2.91	2.19	1.68	1.25

Tabella 4.5 *Coefficiente del tipo di ruota in funzione della larghezza per l'asse singolo per entrambi i tipi di danno*

Per quanto concerne il rapporto tra P_x e P_{ref} non vengono assunti i valori determinati nel documento poiché fanno rifermento ad un asse standard da 10t, quindi vengono determinati singolarmente per ogni asse.

Di seguito si riportano le tabelle dei LEF per i principali veicoli commerciali circolanti in autostrada.

Autocarro a 2 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
1,73		1,18
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 6 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	

Tabella 4.6 *LEF Autocarro a 2 assi*

Bus a 2 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
2,08		1,37
Asse anteriore:	ruote singole, L = 295 mm, 7 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	

Tabella 4.7 *LEF Bus a 2 assi*

Autocarro a 3 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
2,59		1,15
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 6 ton	
Asse motore:	tandem, gemellate 315 mm + singolo rad. 385 mm, 12+8 ton	

Tabella 4.8 *LEF Autocarro a 3 assi*

Autotreno a 3 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
1,98		1,24
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 6 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	
Asse trainato:	asse singolo, ruote gemellate, 6 ton	

Tabella 4.9 *LEF Autotreno a 3 assi*

Autoarticolato a 3 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
2,73		2,18
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 6 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	

Tabella 4.10 *LEF Autoarticolato a 3 assi*

Autocarro a 4 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
3,15		0,97
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 6 ton	
Asse motore:	sing. 385 mm+ gem. 315 mm + sing. 385 mm, 8+10+8 ton	

Tabella 4.11 *LEF Autocarro a 4 assi*

Autotreno a 4 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
3,41		2,59
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 6 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	
Assi trainati:	2 assi singoli, ruote gemellate, 11 ton	

Tabella 4.12 *LEF Autotreno a 4 assi*

Autoarticolato a 4 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
4,78		2,36
Asse anteriore:	ruote singole, L = 315 mm, 7 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 12 ton	
Asse trainato:	tandem, singole rad., L = 315 mm, 18 ton, 900 kPa, s = 1,40 m	

Tabella 4.13 *LEF Autoarticolato a 4 assi*

Autotreno a 5 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
5,38		2,61
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton	
Asse motore:	tandem, gemellate L = 315 mm + singolo L = 385 mm, 12+8 ton	
Assi trainati:	2 assi singoli, singole radiali, L = 385 mm, 9 ton, 900 kPa	

Tabella 4.14 *LEF Autotreno a 5 assi*

Autoarticolato a 5 assi		
LEF Fatica		**LEF Ormaie**
5,75		2,28
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton	
Asse trainato:	tridem, singole radiali, L = 385 mm, 27 ton, 900 kPa, s = 1,4 m	

Tabella 4.15 *LEF Autoarticolato a 5 assi*

Questi valori sono stati poi applicati agli spettri di traffico in due tratti fra quelli analizzati, uno di questi è il tratto **A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD Km 125.9.**

A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD Km 125.9

ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA						2° CORSIA		3° CORSIA		TOT	
		N° Transiti	% Sul TOT	LEF		LEF spettro		N° Transiti	% Sul TOT	N° Transiti	% Sul TOT	N° Transiti	%
				Fatica	Ormaie	Fatica	Ormaie						
2	Veicoli 2 assi < 18 T	424	8.6%					1477	54.0%	840	100%	2741	32%
	Autocarri a 2 assi 18 t	344	7.0%	1.73	1.18	0.12	0.08	67	2.4%	0	0%	411	5%
	Autobus 2 assi 19t	15	0.3%	2.08	1.37	0.01	0.00	20	0.7%	0	0%	35	0%
3	Autocarri 3 assi 25 t	273	5.6%	2.59	1.15	0.14	0.06	75	2.7%	0	0%	348	4%
	Autotreno 3 assi 24 t	17	0.3%	1.98	1.24	0.01	0.00	3	0.1%	0	0%	20	0%
	Autoarticolato 3 assi 30 t	30	0.6%	2.73	2.18	0.02	0.01	6	0.2%	0	0%	36	0%
4	Autocarri 4 assi 32 t	119	2.4%	3.15	0.97	0.08	0.02	22	0.8%	0	0%	141	2%
	Autotreno 4 assi 40 t	119	2.4%	3.41	2.59	0.08	0.06	26	1.0%	0	0%	145	2%
	Autoarticolato 4 assi 40 t	140	2.9%	4.78	2.36	0.14	0.07	28	1.0%	0	0%	168	2%
5	Autotreno 5 + assi 44 t	345	7.0%	5.38	2.61	0.38	0.18	89	3.3%	0	0%	434	5%
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3082	62.8%	5.75	2.28	3.61	1.43	922	33.7%	0	0%	4004	47%
	TOTALE	4908	100%					2735	100%	840	100%	8483	100%
	Totale veicoli pesanti (esclusi veicoli < 18t)	4484						1258		0		5742	
	% veicoli pesanti	78.1%						21.9%		0.0%			
	LEF/veicolo					**4.58**	**1.94**						

Tabella 4.16 *Determinazione del LEF per la tratta A1 Milano - Napoli Km 125.9 [3 Corsie]*

Al fine di determinare l'ESAL è necessario avere un altro dato, ossia i valori totali annui disponibili per le classi di pedaggio B,3,4,5 escludendo però i veicoli leggeri nella classe B, cioè i veicoli a 2 assi con peso minore di 18t. In particolare i dati annui disponibili per la tratta A1 MILANO - NAPOLI Ponte Fiume Enza - All. A22 SUD Km 125.9 sono dal 2013 al 2019 e riassunti nella tabella riportata di seguito.

		Classe di Pedaggio				Totale
	A	B	3	4	5	
	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]
TOTALE CARREGGIATA	71,743,271	8,982,940	1,913,920	1,560,093	14,245,891	26,702,845

Tabella 4.17 *Totale transiti dal 2013 al 2019 della tratta A1 Milano Napoli Ponte Fiume Enza - All.A22 SUD Km 125.9*

Il numero totale di transiti dei veicoli con peso maggiore di 18 t, ossia tutti i veicoli rilevati e rientranti nella Tabella 4.16 ad esclusione dei veicoli a 2 assi < 18t, è stato ottenuto moltiplicando il totale dei transiti dei veicoli B,3,4,5, corrispondente a 26,702,845 e presente nella Tabella 4.17, con il complemento a 100 della percentuale totale di veicoli a 2 assi minori di 18t transitanti sulla carreggiata, percentuale presente sia nella Tabella 2.14 che nella Tabella 4.17 e pari a 32%. Il calcolo eseguito viene mostrato di seguito:

$$TOT_{transiti}\,(\text{veicoli} > 18\text{ t}) = TOT_{transiti}\,(B,3,4,5) \times (\,100 - \%TOT.V.L)$$

Dove $TOT_{transiti}$ (B,3,4,5) è il numero totale di transiti dei veicoli B,3,4,5 nel periodo preso in considerazione, mentre %TOT.V.L corrisponde alla percentuale totale sulla carreggiata dei veicoli leggeri, ossia i veicoli a 2 assi con peso < 18 ton.

Il valore così ottenuto risulta essere pari a **18,074,706** veicoli.

Si è svolto in seguito il calcolo del numero di assi standard da 12t per il danno a fatica e per quello all'ormaiamento, moltiplicando il numero totale di transiti sulla prima corsia, riportato nella Tabella 4.16 e corrispondente al 78,1% del totale dei transiti, con il LEF/veicolo riferito rispettivamente alla fatica e all'ormaia, riportato anch'esso nella Tabella 4.16. Il numero totale dei transiti sulla prima corsia risulta pari a **14,114,765** veicoli.

Di seguito si mostra i valori ottenuti del numero di passaggi di assi standard da 12 ton per la fatica e per l'ormaiamento.

ESAL	
Fatica	**Ormaie**
64,639,155	27,344,770

Lo stesso procedimento è stato eseguito il tratto **A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14 NORD Km 166.1** riportato di seguito.

A1 MILANO - NAPOLI All.A22 - All. A14 NORD Km 166.1

ASSI	Tipo di Veicolo	1° CORSIA						2° CORSIA		3° CORSIA		4° CORSIA		TOT	
		N° Transiti	% Sul TOT	LEF Fatica	LEF Ormaie	LEF spettro Fatica	LEF spettro Ormaie	N° Transiti	% Sul TOT	N° Transiti	% Sul TOT	N° Transiti	% Sul TOT	N° Transiti	%
2	Veicoli 2 assi < 18 T	256	5.2%					909	32.0%	2040	100%	946	100%	4151	39%
	Autocarri a 2 assi 18 t	298	6.1%	1.73	1.18	0.10	0.07	137	4.8%	1	0%	0	0%	436	4%
	Autobus 2 assi 19t	11	0.2%	2.08	1.37	0.00	0.00	23	0.8%	4	0%	0	0%	38	0%
3	Autocarri 3 assi 25 t	298	6.1%	2.59	1.15	0.16	0.07	124	4.4%	0	0%	0	0%	422	4%
	Autotreno 3 assi 24 t	6	0.1%	1.98	1.24	0.00	0.00	5	0.2%	0	0%	0	0%	11	0%
	Autoarticolato 3 assi 30 t	17	0.3%	2.73	2.18	0.01	0.01	6	0.2%	0	0%	0	0%	23	0%
4	Autocarri 4 assi 32 t	31	0.6%	3.15	0.97	0.02	0.01	8	0.3%	0	0%	0	0%	39	0%
	Autotreno 4 assi 40 t	154	3.1%	3.41	2.59	0.11	0.08	78	2.7%	0	0%	0	0%	232	2%
	Autoarticolato 4 assi 40 t	73	1.5%	4.78	2.36	0.07	0.04	35	1.2%	0	0%	0	0%	108	1%
5	Autotreno 5 + assi 44 t	334	6.8%	5.38	2.61	0.37	0.18	167	5.9%	0	0%	0	0%	501	5%
	Autoarticolato 5 assi 44 t	3435	69.9%	5.75	2.28	4.02	1.59	1352	47.5%	1	0%	0	0%	4788	45%
	TOTALE	4913	100%					2844	100%	2046	100%	946	100%	10749	100%
	Totale veicoli pesanti (esclusi veicoli < 18t)	4657						1935		6		0		6598	
	% veicoli pesanti	70.6%						29.3%		0.1%		0%			
	LEF/veicolo					**4.86**	**2.05**								

Tabella 4.18 *Determinazione del LEF per la tratta A1 Milano - Napoli Km 166.1 [4 Corsie]*

I valori totali annui disponibili per questa tratta vanno dal 2006 al 2019 e riassunti nella tabella seguente.

	Classe di Pedaggio					Totale
	A	B	3	4	5	
	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]	[transiti]
TOTALE CARREGGIATA	181,503,345	23,950,843	5,219,707	3,611,032	37,106,012	69,887,594

Tabella 4.19 *Totale transiti dal 2006 al 2019 della tratta A1 Milano Napoli All.A22-All.A14 NORD Km 166.1*

A questo punto è stato determinato il numero totale di transiti dei veicoli maggiori di 18ton moltiplicando il totale, corrispondente al valore riportato nella Tabella 4.19 e pari a 69,887,594, con il complemento a 100 dei veicoli a 2 assi con peso minore di 18t, percentuale riportata sia nella Tabella 2.16 che nella Tabella 4.18 e paria a 39%, ottenendo così un valore pari a **42,898,720**.

Per ottenere il numero di transiti dei veicoli pesanti sulla prima corsia è stato moltiplicato il valore appena trovato per la percentuale dei veicoli pesanti sulla prima corsia, riportato nella Tabella 4.18 e pari a 70,6%, ottenendo così un valore di 30,278,772 veicoli.

Infine si riporta il numero di passaggi di assi standard da 12 t, separatamente per la fatica e per l'ormaiamento, ottenuti moltiplicando i transiti dei veicoli pesanti sulla prima corsia appena determinati per il LEF/veicoli riferito rispettivamente alla fatica e all'ormaiamento riportati nella Tabella 4.18.

ESAL	
Fatica	**Ormaie**
147,224,167	61,991,426

4.1 Confronto dei LEF/veicolo

Si è voluto fare un confronto tra i LEF/veicolo ottenuti utilizzando lo spettro proposto dal CNR con quelli ottenuti utilizzando lo spettro del traffico attuale.

Prima di determinare il LEF/veicolo si è pensato di ricalcolare i LEF per le tipologie di veicoli presenti nello spettro del CNR poiché presentano una configurazione in termini di peso differenti. Il calcolo è stato eseguito utilizzato gli stessi parametri con cui sono stati determinati i LEF precedenti.

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei LEF per il danno a fatica e per quello all'ormaiamento.

Autocarri pesanti a 2 assi		
LEF Fatica		LEF ormaia
1.35		0.79
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 5 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 11 ton	

Autocarri pesanti a 3 assi		
LEF Fatica		LEF Ormaia
1.32		0.443
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 4 ton	
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 8+8 ton	

Autocarri pesanti a 3 assi		
LEF Fatica		LEF Ormaia
2.12		1.15
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton	
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 10+10 ton	

Autotreni e Autoarticolati a 4 assi		
LEF Fatica		LEF Ormaia
1.89		0.76
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 4 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 9 ton	
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 16 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m	

Autotreni e Autoarticolati a 4 assi		
LEF Fatica		LEF Ormaia
3.59		2.00
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton	
Asse motore:	asse singolo, ruote gemellate, 10 ton	
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 20 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m	

Autotreni e Autoarticolati a 5 assi		
LEF Fatica		LEF Ormaia
2.69		0.99
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 4 ton	
Asse motore:	asse tandem, singole radiali, 16 ton	
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 16 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m	

Autotreni e Autoarticolati a 5 assi		
LEF Fatica		LEF Ormaia
4.02		2.155
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton	
Asse motore:	asse tandem, singole radiali, 18 ton	
Asse trainato:	tandem, singole radiali, L = 15", 20 ton, 900 kPa spaziatura 1,40 m	

Autotreno a 5 assi con maxiruote		
LEF Fatica		LEF Ormaia
5.75		2.28
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 6 ton	
Asse motore:	tandem, gemellate 12"+singolo radiale 15", 12+8 ton	
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa	
Asse trainato:	singolo, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa	

Autotreno a 5 assi con maxiruote		
LEF Fatica		LEF Ormaia
4.38		1.35
Asse anteriore:	ruote singole, L = 12", 4 ton	
Asse motore:	asse singolo, singole radiali, 10 ton	
Asse trainato:	asse tridem, singole radiali, L = 15", 9 ton, 900 kPa	

Nello spettro del CNR autotreno e autoarticolato vengono messi insieme. Per il calcolo del LEF si è visto che adottare la configurazione dell'autotreno o quella dell'autoarticolato non cambia il risultato, quindi si può assumere una o l'altra configurazione indifferentemente.

Si sono poi applicati i coefficienti appena determinati allo spettro del CNR ma si è cercato di applicare anche i coefficienti determinati inizialmente allo stesso spettro, prendendo per autotreno e autoarticolato il valore medio tra i due. Di seguito si riportano le tabelle riassuntive con i LEF determinati inizialmente (1) e con quelli appena mostrati (2).

Tipo di Veicolo	%	LEF (2)[2]		LEF spettro (2)		LEF (1)[3]		LEF spettro (1)	
		Fatica	Ormaia	Fatica	Ormaia	Fatica	Ormaia	Fatica	Ormaia
Furgoni medi	12.2%								
Autocarri medi	24.4%								
Autocarri pesanti a 2 assi	14.6%	1.3455	0.7934	0.20	0.12	1.73	1.18	0.25	0.17
Autocarri pesanti a 3 assi	2.4%	1.3189	0.443	0.03	0.01	2.59	1.15	0.06	0.03
Autocarri pesanti a 3 assi	12.2%	2.12	1.15	0.26	0.14	2.59	1.15	0.32	0.14
Autotreni e autoarticolati a 4 assi	2.4%	1.89	0.76	0.05	0.02	4.095	2.475	0.10	0.06
Autotreni e autoarticolati a 4 assi	4.9%	3.59	2	0.18	0.10	4.095	2.475	0.20	0.12
Autotreni e autoarticolati a 5 assi	2.4%	2.69	0.99	0.06	0.02	5.565	2.445	0.13	0.06
Autotreni e autoarticolati a 5 assi	4.9%	4.02	2.155	0.20	0.11	5.565	2.445	0.27	0.12
Autotreni a 5 assi	2.4%	4.38	1.35	0.11	0.03	5.38	2.61	0.13	0.06
Autotreni a 5 assi	4.9%	5.75	2.28	0.28	0.11	5.75	2.28	0.28	0.11
Autobus	12.2%	2.08	1.37	0.25	0.17	2.08	1.37	0.25	0.17
LEF/veicolo				**1.61**	**0.82**			**2.00**	**1.04**

Tabella 4.20 *Determinazione del LEF/veicolo con lo spettro del CNR*

La differenza dei LEF/veicolo con i due tipi di LEF, quelli nella configurazione in peso del CNR e quelli con la configurazione in peso attuali determinati precedentemente, non presenta una differenza elevata. In ogni caso si è scelto di utilizzare i LEF calcolati inizialmente (dalla Tabella 4.6 alla Tabella 4.15).

Mettendo a confronto i LEF/veicolo della Tabella 4.16 e della Tabella 4.18 con quelli riportati nella Tabella 4.20 si osserva che il loro rapporto, sia in riferimento alla fatica che all'ormaiamento, assume un valore **MAGGIORE o UGUALE A 2.**

Di seguito si riporta una tabella con i valori dei LEF/veicolo utilizzati per il confronto.

	Fatica	Ormaia
LEF/veicolo A1 Milano - Napoli SUD Km 125.9	**4.58**	**1.94**
LEF/veicolo A1 Milano - Napoli NORD Km 166.1	**4.86**	**2.05**
LEF/veicolo CNR	**2.00**	**1.04**

[2] Il numero 2 sta ad indicare che i valori dei LEF sono quelli determinati con la configurazione in peso stabilita dal CNR

[3] Il numero 1 sta ad indicare che i valori dei LEF sono quelli determinati con le configurazioni in peso attuali e riportati precedentemente

Di seguito si riportano i risultati dei rapporti eseguite per entrambe le tratte.

	Fatica	Ormaia
LEF/veicolo A1 Milano - Napoli SUD Km 125.9	**4.58**	**1.94**
LEF/veicolo CNR	**2.00**	**1.04**
RAPPORTO	**2.29**	**1.86**

	Fatica	Ormaia
LEF/veicolo A1 Milano - Napoli NORD Km 166.1	**4.86**	**2.05**
LEF/veicolo CNR	**2.00**	**1.04**
RAPPORTO	**2.43**	**1.97**

Questo significa che la vita utile della pavimentazione, in termine di numero di assi standard, con il traffico attuale si riduce di almeno la metà rispetto a quella ipotizzata al momento della progettazione con l'impiego dello spettro del CNR.

Conclusioni

Dai rilievi visivi si percepisce subito un'elevata quantità di veicoli pesanti a 5 assi, in particolare di autoarticolati, confermata poi durante l'elaborazione dei dati.

Un primo risultato di carattere generale può essere osservato dalla distribuzione dei veicoli commerciali nelle varie corsie, dove si ha una ripartizione non solo sulle corsie più esterne ma anche in quella più interna. Inoltre si è visto come il traffico nei due sensi di marcia non presenta differenze elevate nei due sensi di marcia. Questo ci dà un primo quadro generale del traffico presente oggi nelle autostrade, in particolare si potrebbe assumere per le tratte analizzate una percentuale pari al 50/60% dei veicoli commerciale sulla prima corsia, 40/30% sulla seconda e 10% sulla terza.

Entrando più nel dettaglio si sono trovati gli spettri di traffico, ossia la ripartizione di tutti i tipi di veicoli commerciali nelle varie corsie dei singoli tratti analizzati. Qui si nota in maniera evidente la prevalenza di due tipologie di veicoli: gli autoarticolati a cinque assi e i veicoli a due assi con peso massimo minore di 18 ton. I primi li troviamo soprattutto nella prima corsia, che si spostano nella seconda quando questa arriva a saturazione, mentre la seconda tipologia si trova nella seconda, terza e quarta corsia. Un risultato interessante è stato riscontrato nel tratto a quattro corsie, dove si osserva un'elevata percentuale di autoarticolati a cinque assi sulla prima corsia, superiore rispetto alle autostrade a tre corsie. Questo viene spiegato dalla presenza dell'elevato numero di corsie, in particolare la presenza di quattro corsie fa sì che la prima sia interamente dedicata ai veicoli più lenti e quindi ai mezzi più pesanti.

Gli spettri determinati sono stati poi messi a confronto con quello proposto dal CNR, in particolare si è adattata la classificazione fatta dal CNR a quella definita dall'attuale Codice della Strada. Tale confronto ha portato in risalto un risultato importante, ossia il carattere divergente dei due spettri. Questo soprattutto per le due categorie di veicoli prevalenti: i veicoli a 2 assi e i veicoli a 5 assi. Più precisamente nel CNR si aveva una maggiore percentuale di veicoli a 2 assi con peso minore di 18 ton. rispetto a quello attuale, mentre i veicoli a 5 assi ad oggi sono aumentati notevolmente. Un altro risultato che è stato possibile notare è l'omogeneità del traffico nei due sensi di marcia, confermato da un opportuno confronto tra spettri basati sul traffico attuale sulla prima corsia.

L'utilizzo degli spettri del CNR non rispecchia quindi il traffico attuale ed è stato valutato l'errore, in termini di assi standard equivalenti, che si commetterebbe utilizzandolo nella progettazione della pavimentazione sottoposta al traffico attuale. È stato cioè valutato il rapporto tra il numero di assi standard da 12 ton. calcolato con lo spettro di traffico attuale e quello calcolato con lo spettro del CNR, ottenendo così valori maggiori di 2 , il che significa che la pavimentazione durerebbe la metà rispetto

al valore di vita utile ipotizzata al momento della progettazione e sottoposta al traffico pesante che si ha oggi.

Ricordiamo che questo studio è stato condotto valutando il traffico in un giorno lavorativo invernale (5 Novembre 2019 per una tratta e 3 Dicembre 2019 per le altre) e rappresenta la base per uno studio più approfondito; in particolare si dovrebbe andare a valutare la variabilità giornaliera e stagionale, in modo da avere un quadro più ampio e arrivare così ad uno spettro definitivo.

Bibliografia

[1] Franco Giannini, Paolo Ferrari, "Ingegneria stradale - volume II Corpo stradale e pavimentazioni", isedi, 2011.

[2] Commisione Europea, *Le politiche dell'Unione europea: Trasporti,* Lussemburgo, 2014.

[3] ANFIA - Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica, «Trasporto merci su strada,» , ACI,Febbraio 2013.

[4] ANFIA - Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica, «Trasporto merci su strada,» Febbraio 2019.

[5] Francesco Barufatto, *Tesi di Laurea Magistrale in: "Logistica e trasporti: il ruolo del consulente nell'ottimizzazione dei costi",* Università degli Studi di Padova - Facoltà di Ingegneria, Anno Accademico 2015/2016.

[6] Commissione Europea, *Transport in the European Union - Current Trends and Issues,* Aprile 2018.

[7] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Norme Geometriche e Funzionali per la Costruzione delle Strade,* Decreto Ministeriale n.6792, 2001.

[8] salaria tyres, «DIFFERENZA TRA PNEUMATICI RADIALI E CONVENZIONALI» , http://www.salariatyres.com/differenza-tra-pneumatici-radiali-e-convenzionali/ .

[9] Associazione Mondiale della Strada – AIPCR COMITATO NAZIONALE ITALIANO, XXV CONVEGNO NAZIONALE STRADALE, COMITATO TECNICO C4.2 Interazione Strada/Veicolo, «MONITORAGGIO DELLE CARATTERISTICHE E DELLE AZIONI DEL TRAFFICO VEICOLARE PER IL PROGETTO E LA MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI», Ottobre 2006

[10] D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285, *Codice della Strada.*

[11] Ginfranco Battiato, Gabriele Camomilla, Mauro Malgarini, Claudio Scapaticci, «Misure delle aggressività del traffico merci sulle pavimentazioni,» 1983.

[12] Imad L. Al-Qadi, Mostafa A Elseifi, «New Generation of Wide-Base Tires: Impact on Trucking Operations,Environment, and Pavements» *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board,* 2007.

[13] Thomas D. Gillespie, Steven M. Karamihas, David Cebon, Michael W. Sayers, Mohammad Asghar Nasim, Will Hansen, Nadeem Ehsan , «EFFECTS OF HEAVY VEHICLE CHARACTERISTICS ON PAVEMENT RESPONSE AND PERFORMANCE,» The University of Michigan, Transportation Research Institute, Agosto 1992.

[14] L. Domenichini, P. Di Mascio., P. Giannattasio, C. Caliendo, B. Festa, A. Marchionna, P. Finni, E. Molinaro, G. Paoloni, *Modello di Catalogo delle Pavimentazioni Stradali,* 1993.

[15] F. A. Santagata, Strade, Teoria e Tecnica delle Costruzioni Stradali, Vol. 2 - Costruzione, gestione e manutenzione, Milano, Torino: Pearson, Settembre 2016.

[16] Y. H. Huang, Pavement Analysis and Design, Pearson.

[17] European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, *COST 334 - Effects of Wide Single Tyres and Dual Tyres,* 2001.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare innanzitutto il Prof. Francesco Canestrari per tutti i suoi insegnamenti e per avermi dato l'opportunità di svolgere questo lavoro, aiutandomi e supportandomi durante tutto il periodo con la sua costante presenza.

Un ringraziamento speciale va ai miei genitori per avermi permesso di raggiungere quest'obiettivo, per avermi sostenuto in tutti questi anni e incoraggiato ad andare sempre avanti nonostante i sacrifici. Ringrazio mio fratello che mi ha aiutato quando ne avevo bisogno e mi sopporta tutti i giorni. Grazie a mia nonna e a tutta la mia famiglia che mi stanno sempre vicino.

In questi anni di magistrale ho conosciuto delle persone che mi hanno aiutato ad affrontare questo percorso e con cui ho stretto una bella amicizia, la prima tra tutti è Alessandra. Le voglio fare un ringraziamento speciale perché mi ha sopportato in tutti i momenti, tutti i giorni e continua a farlo ancora oggi, mi ha aiutato ad affrontare le difficoltà consigliandomi o semplicemente ascoltandomi e cercando di darmi una parola di conforto. La voglio ringraziare anche per la presenza costante nella mia vita, che non è scontata. Un'altra persona è Michela con cui ho stretto un bellissimo rapporto di amicizia nonostante la lontananza, soprattutto nell'ultimo periodo. La ringrazio per il suo aiuto che a volte è stata una vera manna dal cielo. Ringrazio tutti i miei amici che hanno fatto parte di questo lungo percorso, in particolare il mio migliore amico Mario. Un ringraziamento immenso a due persone con cui ho convissuto, Stefania e Laura, che mi hanno fatto vivere momenti pieni di amore e risate dopo lunghe giornate in Facoltà. In ultimo ma non per importanza, vorrei ringraziare le mie amiche da una vita Alessia e Federica che mi hanno sempre supportato e sopportato, consigliandomi e aiutandomi nei momenti di sconforto e di difficoltà.