

PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA DI CLASSIFICAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI IN BASE ALL'EFFICIENZA

Francesco Nicosia, Salvatore Leonardi

(Università degli Studi di Catania)

1. PREMESSE

Le tematiche connesse ai trasporti ed ai collegamenti, da sempre al centro del dibattito economico-sociale e politico nazionale, mettono in evidenza la pluralità di benefici che si possono conseguire dai processi di ammodernamento e di aumento di competitività del sistema.

La dotazione di infrastrutture è considerata dagli economisti un parametro dello sviluppo sia economico che sociale di una nazione. In Italia è stato sostenuto un enorme onere finanziario per l'incremento della dotazione infrastrutturale stradale, la quale, in base ad un'indagine condotta dal Ministero dei Lavori Pubblici, si articola in 314000 km distribuiti secondo la schematizzazione riportata in figura 1.

Confrontando la dotazione infrastrutturale viaria italiana con quella degli altri Paesi europei, si deduce come il nostro paese sia tra le nazioni meno dotate. Da un'analisi comparata tra territorio e rete stradale, risulta che in Italia si ha 1 km di strada per kmq di territorio; trattasi di una dotazione inferiore alla media europea e superiore soltanto a quelle della Spagna, della Grecia e del Portogallo (Fig. 2).

Confrontando i chilometri di rete con il numero di abitanti si ricava un'"offerta" di soli 5.3 km di strada per 1000 abitanti; ciò comporta un numero di veicoli circolanti per chilometro pari ad 80, valore elevato se confrontato con quello degli altri Paesi europei (Fig. 3). Ad aggravare ulteriormente la situazione italiana è il fatto che la quasi totalità del trasporto merci avviene mediante autocarri, i quali giocano un ruolo determinante nel sovraccaricare il complesso delle infrastrutture stradali.

L'efficienza di un'infrastruttura stradale è strettamente connessa alla sicurezza di marcia, la quale risulta correlabile con alcuni parametri che ne individuano le caratteristiche intrinseche (rugosità, regolarità, portanza).

Nel presente lavoro, si intende proporre una metodologia di valutazione dell'efficienza basata sull'analisi del rischio mediata dai concetti di funzionalità globale di un'opera.

In Italia, il Nuovo Codice della Strada ha istituito, presso il Ministero dei Lavori Pubblici, un archivio nazionale delle strade in cui registrare le informazioni relative allo stato tecnico-giuridico delle infrastrutture viarie, al traffico, all'incidentalità ed alla percorribilità dei mezzi stradali (inclusi i cosiddetti mezzi d'opera). La raccolta dei dati sarà effettuata a cura dell'ente proprietario della strada il quale dovrà inviare le informazioni raccolte all'Ispettorato Generale per la circolazione e la sicurezza stradale.

La nostra ricerca intende inquadrarsi in tale contesto, fornendo gli strumenti necessari a consentire una "classificazione" delle infrastrutture stradali in base alla combinazione delle caratteristiche di pericolosità, di traffico e di ammaloramento.

2. SICUREZZA DI VIAGGIO ED ANALISI DEL RISCHIO

Gli studi sulle problematiche connesse con la sicurezza stradale hanno più volte evidenziato come l'incidentalità stradale sia un fenomeno particolarmente complesso da analizzare, essendo il verificarsi di un incidente legato a fattori di natura tipicamente aleatoria. L'incidente stradale deve essere considerato un fenomeno quantificabile soltanto con modelli di "analisi del rischio", per i quali la probabilità di accadimento dell'"incidente" viene definita in funzione della probabilità che si verifichino determinate condizioni e della gravità delle conseguenze associate al verificarsi dell'evento indesiderato.

Presupposto della **teoria del rischio** è il concetto di sicurezza di funzionamento. Il funzionamento di una qualsiasi macchina è collegato al funzionamento di ogni sua componente. Se schematizziamo l'infrastruttura stradale tramite un insieme di componenti tutte caratterizzate da determinate condizioni di percorribilità durante il tempo t , definiamo **sicurezza di viaggio** $s(t)$ nei riguardi dell'evento sfavorevole "incidente", il rapporto tra il numero $x(t)$ delle componenti in cui non si verificano gli incidenti dopo il tempo t ed il numero totale (n) delle componenti.

L'**insicurezza o pericolo** (p) è rappresentabile dalla formula: $p = 1 - s(t)$ e risulta una grandezza aleatoria.

Il "rischio R " rappresenta la possibilità che una situazione di pericolo si trasformi in danno.

*Assioma fondamentale della teoria del rischio è la definizione del **Rischio** come prodotto tra la probabilità che si presenti un evento sfavorevole e la probabile entità del danno associato all'evento medesimo.*

Per calcolare la probabilità di un evento relativo ad un determinato processo, risulta di grande aiuto la metodologia dell'albero degli eventi. Essa si basa sul frazionamento di un "sistema" in tanti "microsistemi" che, a loro volta, vengono posti in relazione con un evento iniziale rappresentante la causa potenziale di pericolosità.

Nell'ambito di questa ricerca, si intende elaborare una metodologia di indagine che, facendo propri i concetti dell'analisi del rischio, crei i presupposti per una classificazione delle infrastrutture stradali in funzione dell'efficienza globale. Tale metodologia verrà articolata mediante la definizione di una serie di indici che consentono di ponderare opportunamente i diversi aspetti influenzanti la sicurezza di viaggio.

3. DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PERICOLOSITÀ

L'analisi delle modalità di funzionamento di un'infrastruttura stradale, richiede l'individuazione di quegli elementi giudicati "pericolosi" per la circolazione veicolare. Tale analisi deve essere condotta nella consapevolezza che la pericolosità di una determinata "sezione" stradale non è "in valore assoluto" ma assume valori aleatori.

Si è resa pertanto indispensabile la definizione dell'Indice di Pericolosità "IPer", strettamente dipendente dalle caratteristiche del traffico e della geometria del tracciato attraverso la seguente relazione:

$$IPer_i = \frac{(IT_i \times PI^T + IA_i \times PI^A + IPL_i \times PI^{PL} + IC_i \times PI^C + IL_i \times PI^L)}{(IT_{max} \times PI^T + IA_{max} \times PI^A + IPL_{max} \times PI^{PL} + IC_{max} \times PI^C + IL_{max} \times PI^L)}; \text{ dove:}$$

↗ IT = Indice di Traffico, finalizzato a quantificare numericamente l'influenza del traffico di ogni singola tratta, sull'analisi del rischio;

- ↻ IA = Indice Altimetrico, che consente di tener conto del tipo di pendenza del profilo longitudinale (positiva o negativa) e dell'entità di tale pendenza (nel caso che essa sia negativa);
- ↻ IPL = Indice Planimetrico, tramite il quale vengono assegnati pesi diversi a sezioni con caratteristiche planimetriche differenti (curva, clotoide o rettifilo);
- ↻ IC = Indice di Corsia, che consente di assegnare un peso maggiore alle sezioni stradali presenti sulle corsie di sorpasso;
- ↻ IL = Indice di Lunghezza, introdotto per poter ponderare le singole sezioni stradali in funzione del loro sviluppo longitudinale;
- ↻ PI = Peso assegnato ai vari indici, per tener conto della diversa influenza che essi hanno nella determinazione del "rischio di viaggio".

3.1. L'Indice di Traffico (IT)

L'Indice di Traffico è un parametro introdotto per tener conto sia del grado di riempimento della sezione stradale oggetto di indagine, sia del fatto che in determinati tratti si può avere un sovraccarico veicolare.

L'utente che si trova a percorrere una strada è indotto ad adeguare la propria condotta di guida in funzione delle caratteristiche quali-quantitative del traffico veicolare; un repentino aumento della mole di traffico in una sezione stradale, provoca nel guidatore uno stato inconscio di insicurezza, mentre un traffico in rapido smaltimento tende a tranquillizzarlo.

L'Indice di Traffico è definito come: $IT_i = \frac{TO_{MAX(SEZ)}}{TO_{MED(TOT)}}$; dove:

$TO_{MAX(SEZ)}$ = traffico orario massimo in una determinata sezione (per un particolare intervallo orario);

$TO_{MED(TOT)}$ = traffico orario medio lungo l'intera tratta (relativo allo stesso intervallo orario di $TO_{MAX(SEZ)}$).

3.2. L'Indice Altimetrico (IA), l'Indice Planimetrico e l'Indice di Corsia

L'Indice Altimetrico (Tab. 1) consente di valutare l'influenza che hanno il segno e l'entità della pendenza longitudinale di ogni singola sezione omogenea sulla sicurezza del viaggio.

Con l'Indice Planimetrico (Tab. 1) si tiene conto della caratteristica geometrica prevalente di ogni sezione (curva, clotoide, rettifilo).

L'Indice di Corsia (Tab. 1) nasce dalla necessità di ponderare adeguatamente l'influenza del degrado degli indicatori di stato in funzione dell'ubicazione nella sezione trasversale. E' evidente che un ammaloramento lungo la corsia di sorpasso diventa particolarmente rischioso sia per le elevate velocità che possono essere raggiunte su tale corsia, sia per la pericolosità intrinseca nella manovra di sorpasso.

Pendenza Longitudinale	IA	Caratteristica Planimetrica	IPL	Tipologia di Corsia	IC
$PL \geq 0$	1	RETTIFILO	1	MARCIA	1
$-2.5 \leq PL < 0$	2.5	CLOTOIDE	2.5	SORPASSO	2.5
$-5 \leq PL < -2.5$	5	CURVA CIRCOLARE	5		

Tab. 1 - Indici associati alla pendenza longitudinale, alle caratteristiche planimetriche ed alla tipologia di corsia.

3.3. L'Indice di Lunghezza (IL)

L'introduzione dell'Indice di Lunghezza nasce dall'esigenza di mettere in conto la lunghezza caratteristica di ogni singola sezione stradale. In effetti, maggiore è lo sviluppo longitudinale di una sezione, maggiore è la probabilità che possa verificarsi un evento indesiderato; pertanto, se consideriamo come elemento unitario la sezione di lunghezza minima (SL_{\min}), possiamo rapportare ad essa lo sviluppo di tutte le altre (SL_i).

L'Indice di Lunghezza si esprime come: $IL_i = \frac{SL_i}{SL_{\min}}$.

Nella tabella 2 è visualizzato il campo di variazione dell'Indice di Pericolosità (IPer).

INDICE DI PERICOLOSITÀ (IPer)	
INTERVALLO DI VARIAZIONE	LIVELLO DI PERICOLOSITÀ
$IPer = 0.19$	BASSO
$0.19 < IPer \leq 0.54$	MEDIO
$0.54 < IPer \leq 1$	ELEVATO

Tab. 2 - Classi di variazione dell'Indice di Pericolosità.

4. DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI AMMALORAMENTO COMPLESSIVO

Un'analisi dei dati basata sul "criterio dell'efficienza" fornisce ulteriori informazioni sul "rischio di viaggio", in quanto valuta i vari tipi di ammaloramento in funzione del rischio ad essi associato.

Per caratterizzare il percorso viario in funzione del degrado esistente è necessario introdurre l'indice di ammaloramento complessivo; si tratta di un parametro che preposto a sintetizzare gli indicatori associati alle caratteristiche di aderenza, portanza e regolarità.

In questo contesto ci sembra opportuno dare una descrizione sintetica dei tre indicatori di stato:

- L'aderenza è quel meccanismo in virtù del quale una ruota in moto di rotolamento trasmette al terreno, attraverso le zone di reciproco contatto, tre sistemi di forze: forze normali, forze trasversali, forze dirette nella direzione del moto. Il parametro associato a questo indicatore di stato è il coefficiente di aderenza trasversale (CAT).
- La regolarità si può definire come quella caratteristica superficiale la cui misura indica il mantenimento della quota dei piani di progetto ossia la continuità del profilo in tutte le direzioni. L'indice associato a tale indicatore di stato è l'I.R.I. (International Roughness Index).
- La portanza è definita come la capacità di resistere alle sollecitazioni provenienti dal transito dei veicoli. Come valore dell'indice di portanza è stato considerato lo spessore di rinforzo necessario a ripristinare adeguati valori di portanza.

E' evidente che gli ammaloramenti riscontrati assumono "pesi" differenti nella "definizione" della sicurezza di viaggio. I valori dei "pesi" degli indicatori di stato vengono riportati nella tabella 3.

Dall'analisi della tabella 3, si nota che è stato assegnato un peso maggiore (rispetto agli altri due) al Grado di Ammaloramento ($G.A_{CAT}$) dell'indicatore di stato "rugosità", in quanto, è quello che influenza in modo più rilevante le due variabili dell'analisi del rischio (cioè, l'entità del danno e la probabilità che avvenga tale

danno). Per quanto riguarda l'indicatore di stato "regolarità", si è preferito assegnargli un peso maggiore rispetto alla "portanza", perché si è stabilito che esso, oltre ad influenzare in modo maggiore (rispetto alla portanza) la probabilità che avvenga realmente un danno, ha un peso molto rilevante sul comfort di guida.

Indicatore di Stato	Peso dell'indicatore di Stato "P.S"
CAT	1.5
IRI	1.25
RINFORZO	1

Tab. 3 - Pesi di degli indicatori di Stato (P.S.)

L'Indice di Ammaloramento Complessivo "IAC" dell'i-esima tratta stradale viene pertanto definito come la somma dei prodotti dei singoli Gradi di ammaloramento ($G.A^i$), per i relativi Pesi degli indicatori di Stato ($P.S^i$) rapportata alle peggiori condizioni di funzionamento:

$$IAC_i = \frac{(GA_i^{CAT} \times PS^{CAT}) + (GA_i^{IRI} \times PS^{IRI}) + (GA_i^{FWD} \times PS^{FWD})}{(GA_{max}^{CAT} \times PS^{CAT}) + (GA_{max}^{IRI} \times PS^{IRI}) + (GA_{max}^{FWD} \times PS^{FWD})}$$

Indichiamo, nella tabella 4, le varie classi di variazione dell'Indice di Ammaloramento Complessivo.

INDICE DI AMMALORAMENTO COMPLESSIVO (I.A.C.)	
INTERVALLO DI VARIAZIONE	AMMALORAMENTO
IAC = 0	NULLO
$0 < IAC \leq 0.33$	BASSO
$0.33 < IAC \leq 0.66$	MEDIO
$0.66 < IAC \leq 1$	ELEVATO

Tab. 4 - Classi di variazione dell'Indice di ammaloramento complessivo.

5. L'INDICE DI NON FUNZIONALITÀ (I_{NF}) E L'INDICE DI EFFICIENZA GLOBALE (IEG)

L'indice di pericolosità e l'indice di ammaloramento complessivo rappresentano due strumenti di verifica della funzionalità di un'infrastruttura. Accade spesso che alcune sezioni, pur essendo caratterizzate da un elevato stato di degrado, presentano bassi indici di pericolosità; al contrario, vi sono sezioni che pur avendo un indice di pericolosità abbastanza elevato, sono caratterizzate da un basso ammaloramento. Ne consegue che i due indici trovati devono essere usati contemporaneamente se si vuole ottenere una definizione univoca della percorribilità di una tratta stradale.

Considerando che la metodologia dell'analisi del rischio ha come scopo finale l'individuazione dell'entità del rischio presente sull'infrastruttura in esame, si ritiene opportuno che il gestore di una determinata infrastruttura abbia a disposizione un unico strumento che gli permetta di individuare quelle sezioni caratterizzate da un rischio elevato e quelle in cui il rischio risulti accettabile. A tal fine è stato introdotto

l'Indice di non funzionalità (I_{NF}), così definito: $I_{NF} = \frac{IAC_i \times IPer_i}{IAC_{max} \times IPer_{max}}$.

Riportiamo, nella tabella 5, le classi di variazione dell'Indice di non funzionalità (I_{NF}).

INDICE DI NON FUNZIONALITA' (I_{NF})	
INTERVALLO DI VARIAZIONE	LIVELLO DI RISCHIO
$I_{NF} = 0$	NULLO
$0 < I_{NF} \leq 0.06$	NORMALE
$0.06 < I_{NF} \leq 0.35$	CONDIZIONANTE
$0.35 < I_{NF} < 1$	ECCEZIONALE
$I_{NF} = 1$	ESTREMO

Tab. 5 - Classi di variazione dell'Indice di non funzionalità.

La conoscenza della funzionalità delle varie sezioni di una infrastruttura stradale, fornisce all'Amministratore la possibilità di analizzare adeguatamente lo stato di degrado dell'intera infrastruttura, inducendolo a concentrare la propria attenzione solo su determinate sezioni (quelle meno "funzionali"). Si deve però notare come sia particolarmente importante per gli Amministratori, conoscere, per tutto il loro stato patrimoniale, le informazioni inerenti alla "efficienza" delle varie infrastrutture.

Obiettivo dichiarato di questa ricerca è pertanto quello di definire un parametro discriminante della funzionalità delle varie infrastrutture di una rete di trasporto, al fine di dotare le Amministrazioni di uno strumento per classificare le strade in ordine crescente (o decrescente) di efficienza.

Tale parametro è stato definito col termine di "Indice di Efficienza Globale", ed è esprimibile tramite la seguente formula:

$$IEG_{strada} = \frac{S.L.C. - \sum_{i=1}^N (I_{NF_i} \times S.L_i)}{S.L.C.};$$

dove:

- S.L.C. = sviluppo longitudinale dell'intera strada ;
- N = numero di tratte individuate sulla strada;
- I_{NF_i} = indice di non funzionalità relativo alla tratta i-esima;
- SL_i = sviluppo longitudinale della generica tratta i-esima.

Il campo di esistenza dell'indice (IEG) ricade nell'intervallo [0,1]; la tabella 6 evidenzia i diversi intervalli di variabilità di tale indice, in funzione dell'efficienza globalmente disponibile.

INDICE DI EFFICIENZA GLOBALE (I.E.G.)	
INTERVALLO DI VARIAZIONE	CLASSE DI EFFICIENZA
$IEG = 0$	NULLA
$0 < IEG \leq 0.60$	BASSA
$0.60 < IEG \leq 0.80$	MEDIA
$0.80 < IEG \leq 1$	ELEVATA
$IEG = 1$	MASSIMA

Tab. 6 - Classi di variazione dell'Indice di Efficienza Globale.

6. ESEMPIO APPLICATIVO DELLA METODOLOGIA ELABORATA

La metodologia di classificazione delle infrastrutture stradali, esposta nei paragrafi precedenti, è stata applicata alla Tangenziale Ovest di Catania. Si tratta di un'infrastruttura viaria con caratteristiche autostradali, preposta al collegamento fra le aree periferiche e le aree industriali (Fig. 4).

Lungo la Tangenziale, il traffico veicolare risulta principalmente composto da autovetture che utilizzano l'infrastruttura per il percorso "casa-lavoro" e da mezzi pesanti in penetrazione verso la zona industriale.

I grafici riportati nelle figure 5 e 6, sono indicativi del traffico gravante sulla Tangenziale; il traffico è stato omogeneizzato in veicoli equivalenti, mediante l'adozione di opportuni coefficienti di trasformazione.

Occorre rilevare come tale infrastruttura, a partire dalla sua realizzazione (1980) fino ad oggi, sia stata teatro di numerosi incidenti, spesso imputabili alle conseguenze di una inefficace gestione della manutenzione, inopinatamente limitata ad interventi di eliminazione dello "stato di pericolo".

Per la caratterizzazione di questa infrastruttura si è usufruito di una serie di dati inerenti alle caratteristiche di aderenza, portanza e regolarità, e relativi a 48 "sezioni omogenee" (21 per la carreggiata in direzione Siracusa-Messina e 27 per la carreggiata in direzione Messina-Siracusa).

Le sezioni omogenee sono quei tratti stradali in cui si può supporre che i parametri caratteristici (portanza, regolarità, rugosità) siano costanti lungo tutto il loro sviluppo.

Dall'analisi dei dati a disposizione è possibile evincere (Fig. 7) che:

- la Tangenziale di Catania è interessata da diffusi problemi di portanza sulle corsie di entrambe le direzioni;
- la regolarità dei profili longitudinali è nel complesso insoddisfacente, soprattutto nelle corsie di marcia di entrambe le direzioni;
- il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT), specialmente per quanto riguarda le corsie di sorpasso, è nel complesso soddisfacente, eccezion fatta per i primi 6 chilometri della corsia di marcia (nella carreggiata posta in direzione SR-ME), nei quali è stato riscontrato un eccessivo degrado delle caratteristiche di aderenza.

Note le caratteristiche geometriche, di traffico e di ammaloramento della Tangenziale, è possibile valutarne l'efficienza globale tramite l'iter procedurale elaborato. In sintesi:

- 1) calcolo degli indici (di traffico, altimetrico, planimetrico, di lunghezza e di corsia) preposti alla valutazione dell'indice di pericolosità (Fig. 8, Fig. 9);
- 2) calcolo dell'indice di pericolosità (IPer) per le quattro tratte in esame (due corsie per ogni direzione marcia) (Fig. 10, Fig. 11, Fig. 18);
- 3) calcolo dell'indice di ammaloramento complessivo (IAC) (Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15, Fig. 18);
- 4) calcolo dell'indice di non funzionalità (I_{NF}) (Fig. 16, Fig. 17, Fig. 18);
- 5) valutazione dell'indice di efficienza globale (IEG).

L'applicazione della metodologia proposta è culminata nella determinazione, per l'infrastruttura in esame, di un indice di efficienza globale (IEG) pari a 0.72 con il quale si identifica una classe di efficienza Media (Tab. 6).

Il motivo di questo valore relativamente alto dell'efficienza globale è da ricercarsi nel fatto che i valori di ammaloramento maggiori si sono riscontrati sulle corsie di marcia (le quali sono caratterizzate da indici di pericolosità minori, rispetto alle corsie di sorpasso).

Inoltre si deve notare che l'indicatore di stato rappresentativo delle peggiori condizioni di ammaloramento è la portanza, al quale è stato assegnato il minor peso nei confronti della "sicurezza".

In definitiva, se si applicasse lo stesso procedimento di indagine a tutte le infrastrutture stradali facenti parte del tessuto viario extraurbano catanese, si arriverebbe a classificarle tutte in funzione del grado di efficienza complessivo, individuando inoltre la "posizione" occupata dalla Tangenziale Ovest (ma anche da tutte le altre strade) nel contesto delle priorità di intervento.

7. CONCLUSIONI

Una qualunque infrastruttura deve essere intesa come un meccanismo che, per avere un ottimo funzionamento, deve essere in ogni sua parte "efficiente".

La conoscenza dello stato di degrado e delle zone in cui intervenire ha un'importanza solo marginale se non viene posta in relazione con gli effetti perniciosi che tale stato di degrado può indurre sul grado di sicurezza della circolazione.

In questa memoria abbiamo voluto far notare che la valutazione dell'efficienza di una infrastruttura stradale si può basare su una metodologia in cui possono essere introdotti termini che, tenendo conto del tipo di danno, dell'entità di esso e di come esso si distribuisce lungo la superficie della strada, confluiscono nella definizione delle caratteristiche di sicurezza dell'infrastruttura.

La sicurezza non è una proprietà intrinseca della strada; essa deriva dalla mediazione di diverse componenti. Una classificazione corretta della rete stradale esistente deve essere pertanto effettuata in funzione dell'efficienza globale di ogni singola infrastruttura componente la rete medesima.

8. BIBLIOGRAFIA

- 1) C.N.R. "Norme tecniche - Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale" - B.U. 125/88.
- 2) "Nuovo Codice della Strada" - Ed. Simone - 1993
- 3) G. Battiato, B. K. Larsen; "La pianificazione della manutenzione stradale mediante il sistema RO.MA." - Atti del XXI Convegno Nazionale Stradale - Trieste - Giugno 1990.
- 4) V. Bettini, F. Falqui, M. Alberti; "Il bilancio di impatto ambientale" - Ed. CLUP - 1986.
- 5) G. Boscaino; "La manutenzione delle pavimentazioni stradali" - Giornata di studio - Agrigento - Febbraio 1991
- 6) G. Boscaino; "La manutenzione programmata della rete viaria" - Giornata di studio - Cagliari - Aprile 1990.
- 7) G. Camomilla, E. Boccato; "La manutenzione programmata" - Riv. Autostrade - Dicembre 1983.
- 8) G. Camomilla, M. Malgarini; "La misura della regolarità delle pavimentazioni" - Riv. Autostrade - Luglio-Agosto 1987.
- 9) S. Canale, F. Nicosia, S. Leonardi; "Metodologia di verifica delle curve circolari in base all'analisi del rischio" - Riv. Autostrade - Anno XXXVIII - N. 1 - Gennaio-Marzo 1996.
- 10) S. Canale, S. Leonardi, F. Nicosia; "Analisi critica del fenomeno dell'aderenza in campo stradale e ferroviario" - Quaderno N. 88 - Istituto di Strade Ferrovie ed Aeroporti - Catania - Settembre 1996.
- 11) M. Donata, G. Battiato; "Confronti e valutazioni tecnico-economiche delle diverse strategie di manutenzione delle sovrastrutture stradali sulla rete delle Autovie venete" - Atti del XXI Convegno Nazionale Stradale - Trieste - Giugno 1990.
- 12) A. Zeppetella, M. Bresso, G. Gamba; "Valutazione ambientale e processi di decisione" - Ed. NIS - 1992.

DOTAZIONE INFRASTRUTTURALE ITALIANA

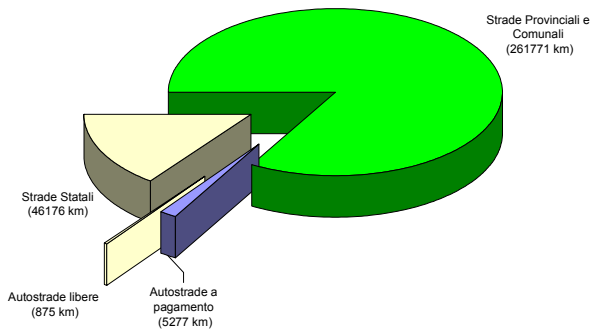


Fig. 1 - Schematizzazione della dotazione di infrastrutture in Italia.

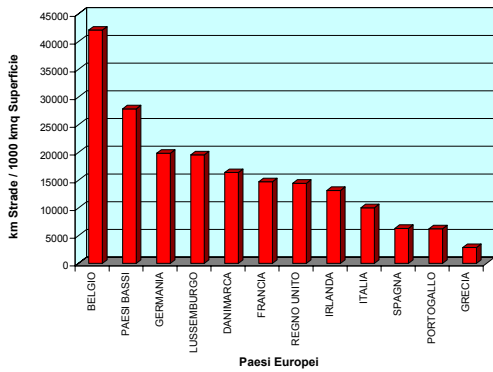


Fig. 2 - Confronto tra le dotazioni territoriali di viabilità in Europa.

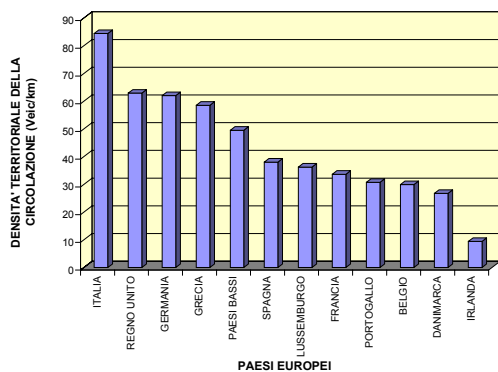


Fig. 3 - Confronto tra le densità veicolari sulla viabilità in Europa.

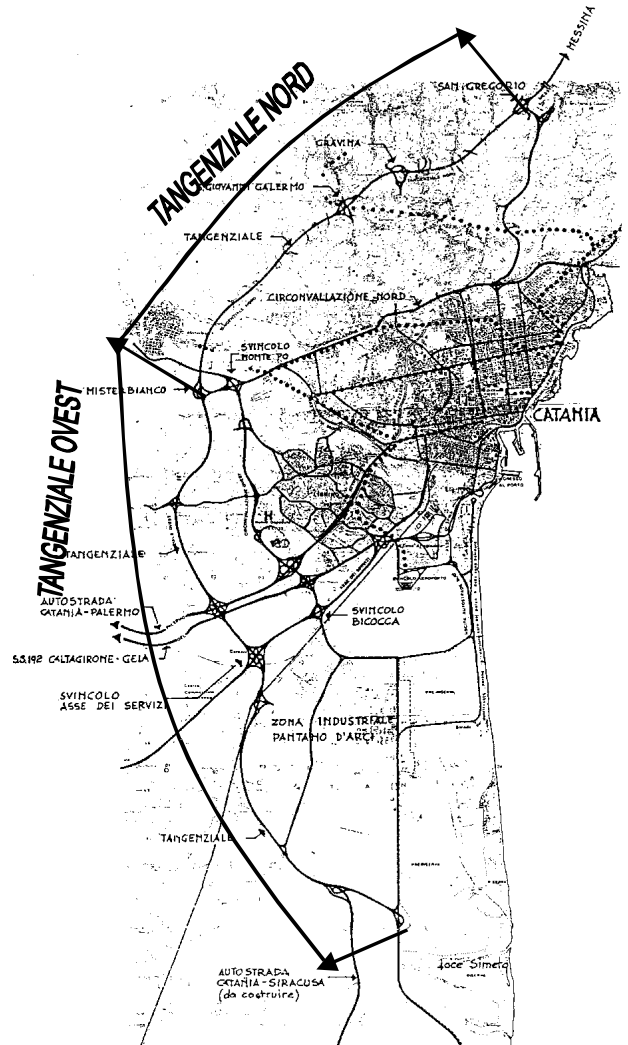


Fig. 4 - La Tangenziale di Catania.

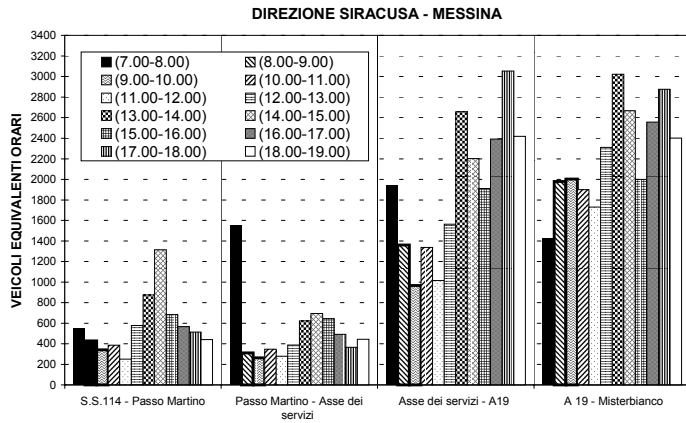


Fig. 5 - Veicoli equivalenti sulla Tangenziale di Catania (direzione SR - ME).

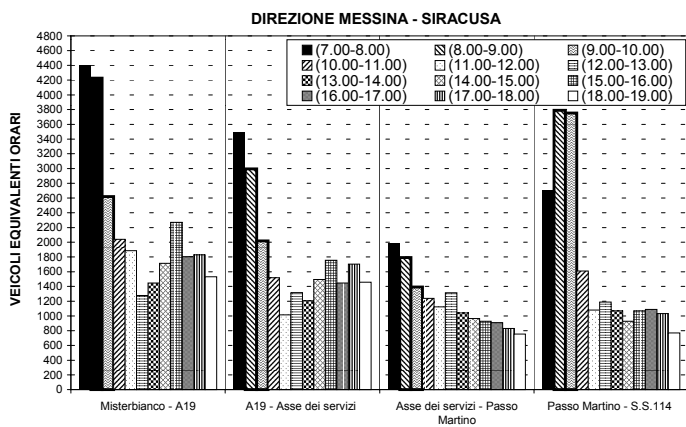


Fig. 6 - Veicoli equivalenti sulla Tangenziale di Catania (direzione ME - SR).

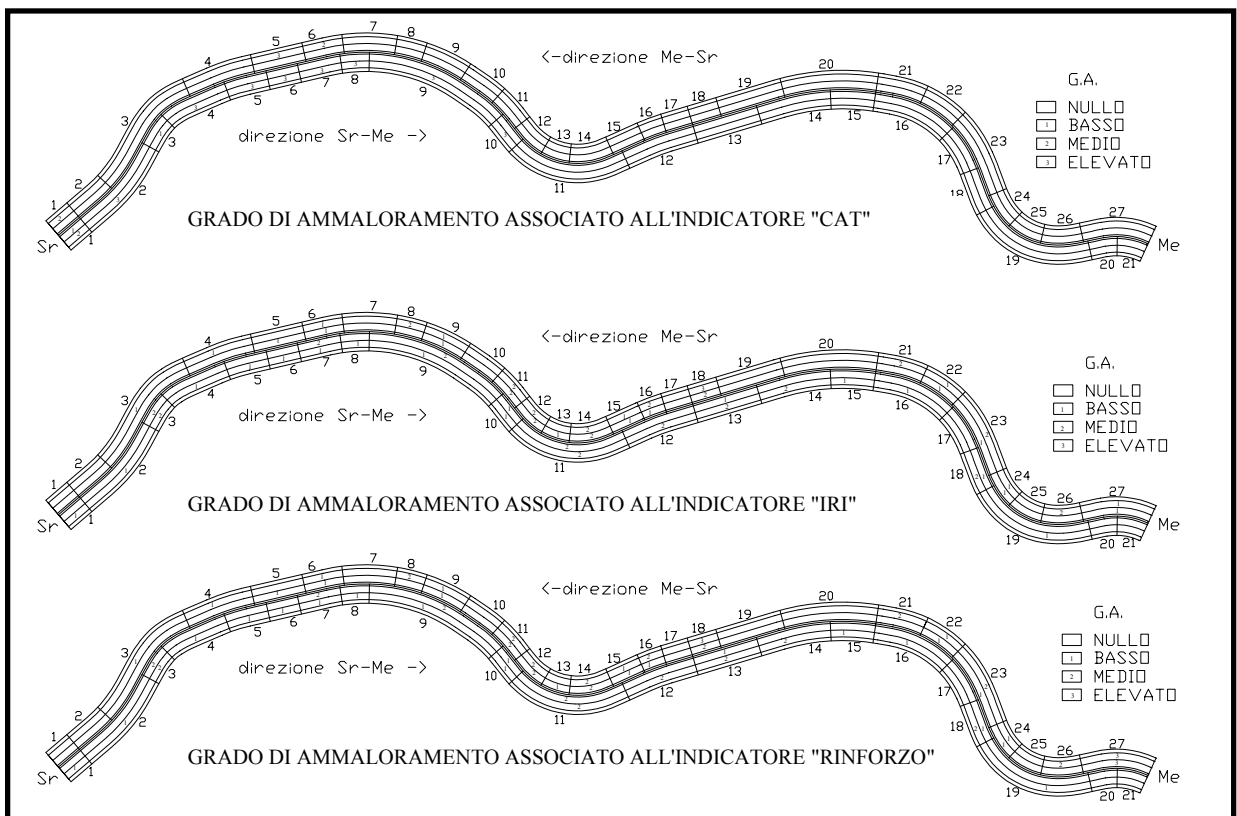


Fig. 7 - Rappresentazione grafica del grado di ammaloramento presente sulla Tangenziale di Catania.

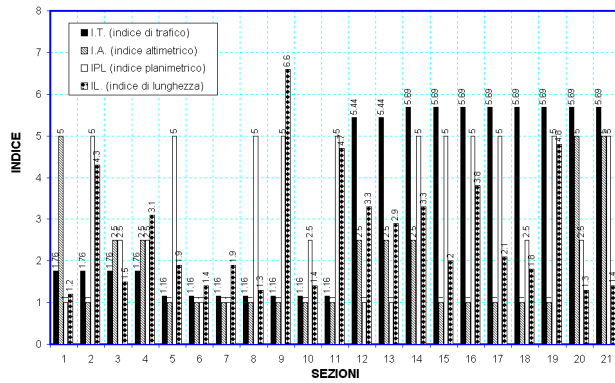


Fig. 8 - Rappresentazione grafica degli Indici (IT, IPL, IA, IL) calcolati sulla carreggiata SR - ME.

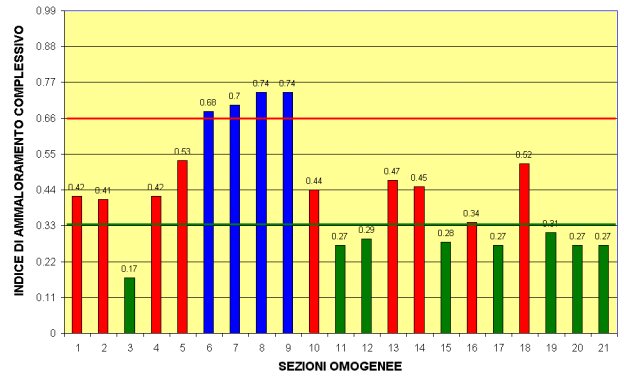


Fig. 12 - Valori dell'Indice I.A.C. per la corsia di marcia della Tangenziale (Direzione SR - ME).

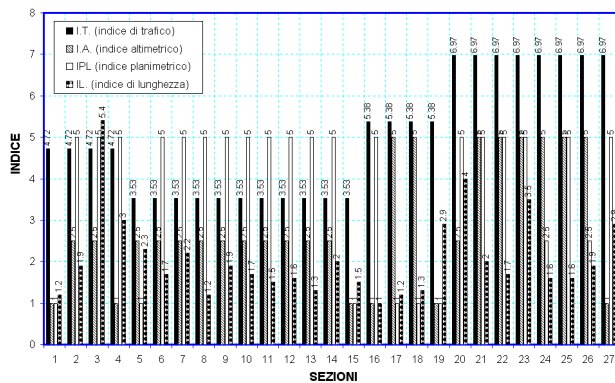


Fig. 9 - Rappresentazione grafica degli Indici (IT, IPL, IA, IL) calcolati sulla carreggiata ME - SR.

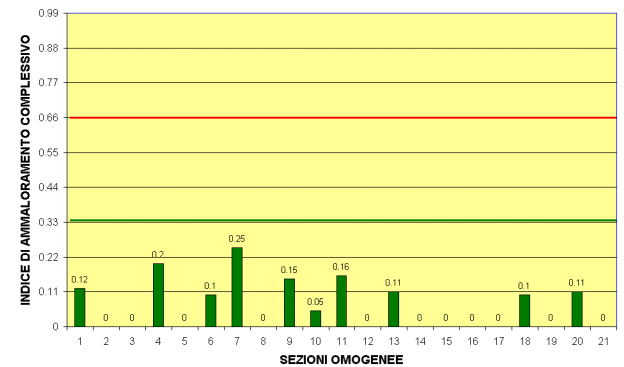


Fig. 13 - Valori dell'Indice I.A.C. per la corsia di sorpasso della Tangenziale (Direzione SR - ME).

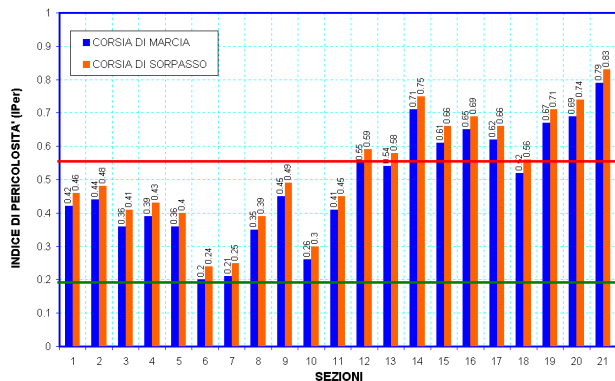


Fig. 10 - Valori dell'Indice IPer per le corsie di marcia e sorpasso della Tangenziale (SR - ME).

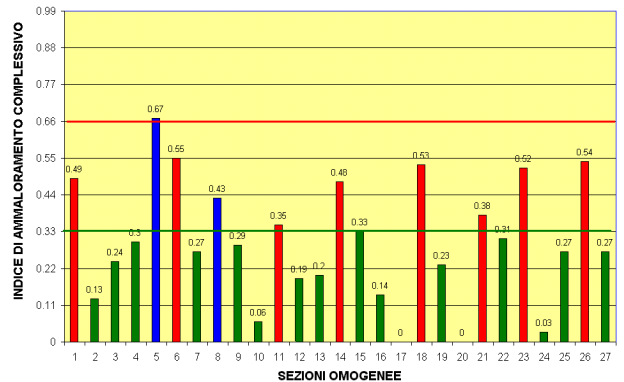


Fig. 14 - Valori dell'Indice I.A.C. per la corsia di marcia della Tangenziale (Direzione ME - SR).

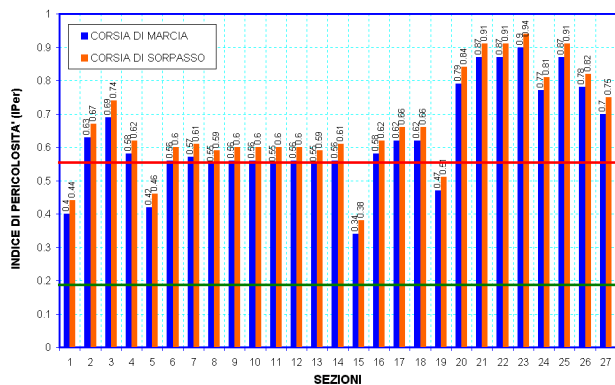


Fig. 11 - Valori dell'Indice IPer per le corsie di marcia e sorpasso della Tangenziale (ME - SR).

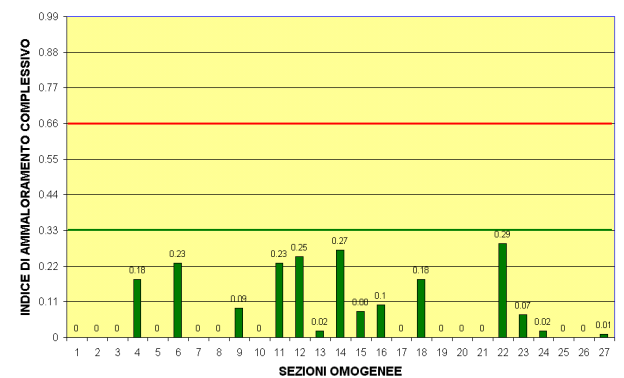


Fig. 15 - Valori dell'Indice I.A.C. per la corsia di sorpasso della Tangenziale (Direzione ME - SR).

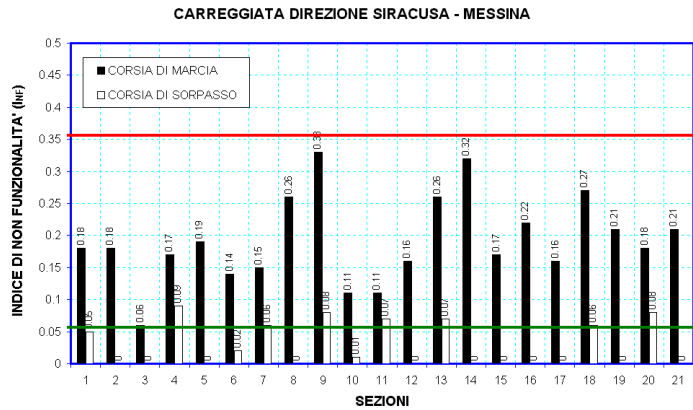


Fig. 16 - Valori dell'Indice di non Funzionalità per le corsie di marcia e sorpasso (SR - ME).

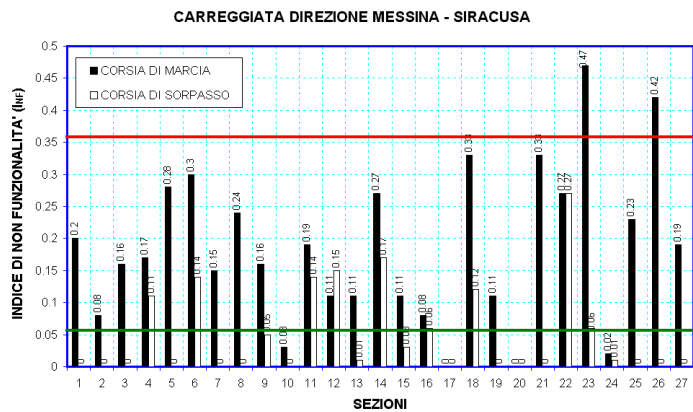


Fig. 17 - Valori dell'Indice di non Funzionalità per le corsie di marcia e sorpasso (ME - SR).

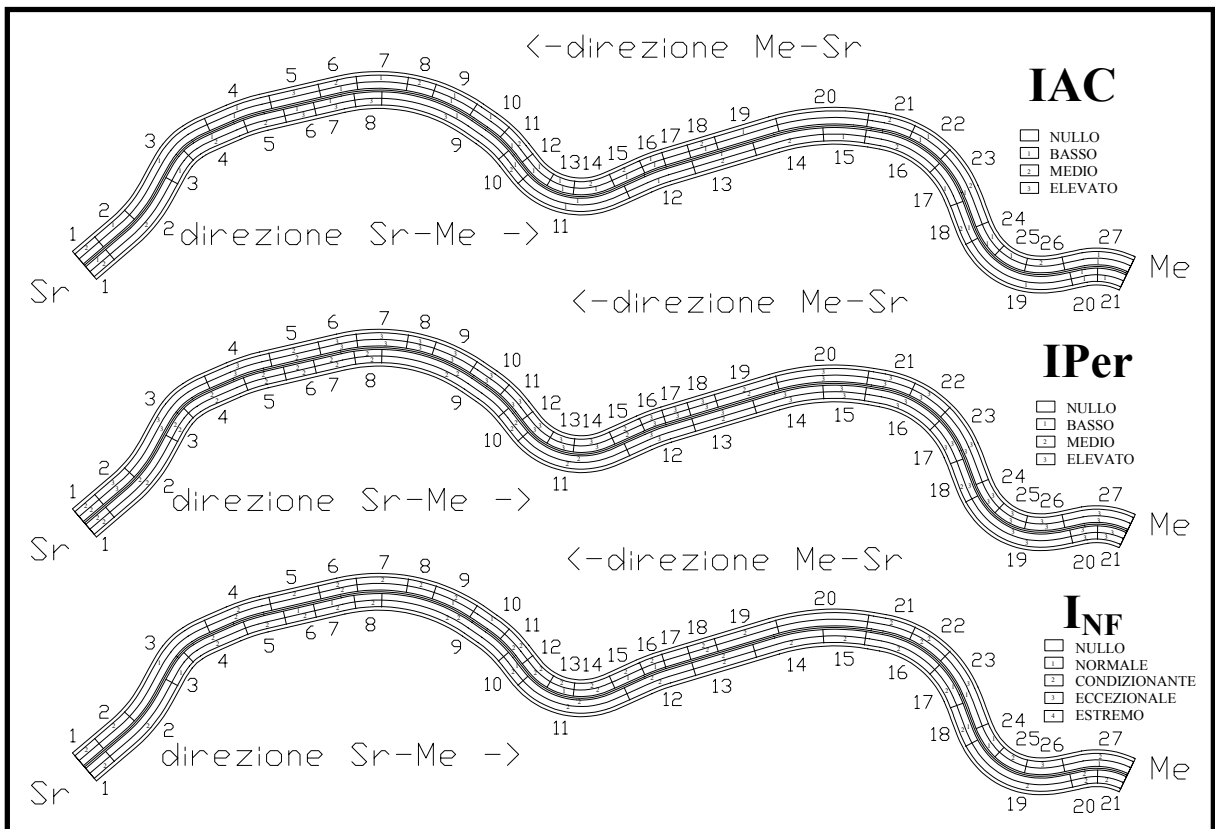


Fig. 18 - Rappresentazione grafica degli indici IAC, IPer, I_{NF} , relativi alla Tangenziale di Catania.