

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA**

***FACOLTÀ DI INGEGNERIA***

**Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle  
Acque, del Rilevamento, del Territorio - *DISTART***

*Corso di Laurea in Ingegneria Civile  
Sezione Infrastrutture Viarie e Trasporti*

Tesi di Laurea in Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti LS

**LA SICUREZZA DELLE STRADE ESISTENTI:  
IL CASO DELL'INTERSEZIONE GUASTALLA – LOSI - MANZONI  
NEL COMUNE DI CARPI**

Tesi di Laurea di:  
FILIPPO DALL'OLIO

Relatore:  
Chiar.mo Prof. Ing. GIULIO DONDI

Correlatore:  
Dott. Ing. VALERIA VIGNALI

---

**Sessione invernale**

**Anno Accademico 2008 - 2009**

---









Parole chiave:  
Road Safety Review  
Sicurezza stradale  
Intersezione  
Traffico

# INDICE

<b>1. LE INTERSEZIONI</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Criteri per l'ubicazione delle intersezioni stradali</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Manovre elementari</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Punti di conflitto</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Classificazione tipologica delle intersezioni</b>	<b>5</b>
<b>1.6 Intersezioni a raso</b>	<b>8</b>
1.6.1 Caratteristiche geometriche delle intersezioni a raso	8
<b>1.7 Intersezioni semaforizzate</b>	<b>14</b>
1.7.1 Introduzione	14
1.7.2 Ciclo semaforica C	14
1.7.3 Fasatura	15
1.7.4 LOS: livello di servizio	16
1.7.5 Il ritardo	17
1.7.6 Controllo semaforico	20
<b>1.8 Intersezioni a rotatoria</b>	<b>21</b>
1.8.1 Cenni storici	21
1.8.2 Elementi caratteristici della rotatoria	26
1.8.3 Tipologia di rotatoria	33
1.8.4 D.M. 19/04/06: Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle rotatorie	35
1.8.4.1 Premessa	35
1.8.4.2 Caratteristiche geometriche della rotatoria	36
1.8.4.3 Deflessione di una rotatoria	39
1.8.4.4 Distanza di visibilità	43
1.8.4.5 Metodo principale per il calcolo della capacità di una rotatoria	44

1.8.5 Vantaggi e svantaggi delle rotatorie	51
1.8.5.1 Vantaggi	52
1.8.5.2 Svantaggi	54
<b>2. Le analisi di sicurezza delle intersezioni</b>	<b>55</b>
<b>2.1 Introduzione</b>	<b>55</b>
<b>2.2 Circolare 3699. Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade</b>	<b>56</b>
2.2.1. Il significato delle analisi di sicurezza	56
2.2.2. Obbiettivi delle analisi di sicurezza	57
2.2.3. I potenziali vantaggi delle analisi di sicurezza	57
2.2.4. Approccio concettuale alle analisi di sicurezza	57
<b>2.3 Analisi preventiva della sicurezza per le strade in esercizio</b>	<b>58</b>
2.3.1 Peculiarità dell'analisi preventiva della sicurezza stradale per le strade in esercizio	58
2.3.2 Attività dell'ente gestore a valle dell'analisi di sicurezza ed il monitoraggio degli interventi	58
2.3.3 Gli studi di sicurezza per la classificazione della viabilità in esercizio	59
2.3.4 Articolazione delle procedure di analisi della sicurezza	60
2.3.5 Durata delle analisi di sicurezza	64
<b>2.4 Direttiva del parlamento europeo e del consiglio sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali</b>	<b>64</b>
2.4.1 Introduzione	64
<b>2.5 Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti</b>	<b>82</b>
2.5.1 Introduzione	82
2.5.2 Campo di applicazione	82
2.5.3 Obbiettivi prestazionali	82
2.5.4 Obbiettivi di funzionalità operativa	82
2.5.5 Obbiettivi di sicurezza della circolazione	83

2.5.6 Definizione e progettazione degli interventi	83
2.5.7 Validazione del progetto	85
2.5.8 Analisi di sicurezza	85
2.5.9 Ottimizzazione degli interventi	86
2.5.10 Monitoraggio degli interventi	87
2.5.11 Profili di responsabilità	87
<b>3. Analisi dello stato di fatto</b>	<b>88</b>
<b>3.1 Inquadramento territoriale</b>	<b>88</b>
3.1.1 Introduzione	88
3.1.2 Il Piano Regolatore di Carpi	89
<b>3.2 Analisi di incidentalità</b>	<b>104</b>
<b>3.3 Analisi del traffico</b>	<b>113</b>
<b>4. Road Safety Review dell'intersezione Guastalla-Losi-Manzoni nel comune di Carpi</b>	<b>117</b>
<b>4.1 Premessa</b>	<b>117</b>
<b>4.2 Modalità di rilievo</b>	<b>117</b>
<b>4.3 Dati di incidentalità e traffico</b>	<b>118</b>
<b>4.4 Cartografia</b>	<b>119</b>
<b>4.5 Descrizione dell'intersezione</b>	<b>120</b>
<b>4.6 Norme e testi di riferimento</b>	<b>121</b>
<b>4.7 Problematiche diffuse lungo il tracciato</b>	<b>121</b>
<b>4.8 Provenienza Novi</b>	<b>122</b>
4.8.1 Pavimentazione	122
4.8.2 Margini	132
4.8.3 Segnaletica	144
4.8.4 Utenze deboli	152
<b>4.9 Direzione Novi</b>	<b>154</b>

4.9.1 Pavimentazione	154
4.9.2 Margini	155
4.9.3 Segnaletica	157
<b>4.10 Direzione Guastalla</b>	<b>159</b>
4.10.1 Pavimentazione	159
4.10.2 Margini	163
4.10.3 Segnaletica	167
<b>4.11 Direzione Guastalla</b>	<b>169</b>
4.11.1 Pavimentazione	169
4.11.2 Margini	171
4.11.3 Segnaletica	174
4.11.4 Utenze deboli	176
<b>4.12 Direzione Modena</b>	<b>178</b>
4.12.1 Pavimentazione	178
4.12.2 Margini	179
4.12.3 Segnaletica	182
<b>4.13 Provenienza Modena</b>	<b>184</b>
4.13.1 Pavimentazione	184
4.13.2 Margini	185
4.13.3 Segnaletica	189
4.13.4 Utenze deboli	194
<b>4.14 Via Donati</b>	<b>195</b>
4.14.1 Pavimentazione	195
4.14.2 Margini	200
4.14.3 Segnaletica	204
<b>4.15 Immissione in via Manzoni</b>	<b>207</b>
4.15.1 Pavimentazione	207

4.15.2 Margini	214
<b>4.16 Provenienza via Manzoni</b>	<b>220</b>
4.16.1 Pavimentazione	220
4.16.2 Margini	222
4.16.3 Segnaletica	225
4.16.4 Utenze deboli	227
<b>4.17 Via Fermi</b>	<b>228</b>
4.17.1 Pavimentazione	228
4.17.2 Margini	230
4.17.3 Segnaletica	233
<b>4.18 Isole spartitraffico</b>	<b>234</b>
4.18.1 Margini	234
4.18.2 Segnaletica	237
<b>5. CONCLUSIONI</b>	<b>239</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>241</b>
<b>RINGRAZIAMENTI</b>	

## ***INTRODUZIONE***

La presente tesi tratta delle analisi di sicurezza delle intersezioni sia esistenti, sia di nuova progettazione.

Nel primo capitolo vengono definite le intersezioni secondo il D.M. 19-04-06 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”. Sono descritte le manovre possibili, le problematiche ed i punti di conflitto che si vengono a creare durante l’attraversamento, definendo le varie tipologie. Successivamente si affronta una classificazione tipologica delle intersezioni rappresentando per mezzo di una matrice simbolica tutti i possibili nodi. Questi vengono suddivisi in base alla possibilità di connessione. Ampio spazio è dato alla descrizione dell’intersezione a raso dove vengono esaminate le caratteristiche geometriche tra cui le configurazioni delle corsie e le tipologie di isole divisionali. Vengono esaminate le particolarità dell’intersezione semaforizzata definendo il ciclo semaforico e gli elementi che lo compongono, la fasatura, il livello di servizio (LOS), il ritardo, definendo gli elementi che lo compongono per mezzo di formule empiriche. Nella seconda parte del capitolo viene descritta l’intersezione a rotatoria in base al D.M. 19-04-06. Inizialmente si introduce l’argomento con nozioni storiche a carattere informativo, quindi si da una classificazione generale degli elementi che la caratterizzano. Viene descritta l’isola divisionale spiegandone la tipologia costruttiva e rappresentando i parametri di classificazione geometrica. A titolo di esempio sono state inserite varie rappresentazioni di rotatorie suddivise per tipologie costruttive. Nell’ultima parte viene affrontato l’elemento rotatoria definendo la distanza di visibilità e i criteri per il calcolo della capacità.

Il secondo capitolo parla delle analisi di sicurezza delle intersezioni. Inizialmente viene descritta la circolare 3699 “Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade” definendo il concetto di analisi di sicurezza ed esaminando le differenze tra le due tipologie di analisi: Road safety review e Road safety audit. In seguito si descrivono gli obiettivi dell’analisi di sicurezza, vantaggi e svantaggi e la valutazione dell’approccio concettuale.

Viene descritta più approfonditamente la tipologia del Road safety review evidenziando l'utilità, gli elementi che la caratterizzano, le figure professionali che prendono parte a queste analisi con le azioni che devono seguire.

Dopo si analizzano i criteri per affrontare gli studi sulla sicurezza e le fasi per le procedure di analisi. Si procede con la descrizione di una tipologia di ispezione, analizzando le problematiche e la stesura del rapporto di analisi con la descrizione dei tempi di attuazione. Nella parte centrale del capitolo viene descritta la direttiva del parlamento europeo e del consiglio sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali con i relativi obiettivi che si prefigge. Vengono riportati i 13 articoli che si compone con i relativi 4 allegati inerenti a:

- Valutazione di impatto sulla sicurezza;
- Audit della sicurezza stradale;
- Gestione dei tratti stradali ad alto rischio, gestione della sicurezza della rete e ispezione di sicurezza;
- Dati che devono figurare nelle relazioni di incidenti.

L'ultimo argomento preso in esame riguarda le norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti. Vengono descritte le categorie di intervento e gli obiettivi da raggiungere distinguendoli in obiettivi prestazionali, di funzionalità operativa e sicurezza della circolazione.

Vengono affrontate le caratteristiche e le differenze tra interventi strutturali e non strutturali con i relativi obiettivi valutando gli effetti che si ottengono dall'adeguamento delle strade. Successivamente vengono descritte le campagne di monitoraggio con le relative procedure e tempistiche. Infine si valutano le responsabilità degli interventi.

Nel capitolo 3 viene descritta l'analisi dello stato di fatto. Si è proceduto con la classificazione della infrastruttura descrivendo i tratti di strada interessati dall'intervento ed utilizzando delle foto per individuare alcune problematiche emerse nell'intersezione.

Utilizzando l'elaborato "azzonamento del territorio comunale di Carpi" è stata descritta la zona oggetto di studio. Poi con la macroclassificazione del territorio



con scala 1:10000 viene mostrato graficamente il territorio urbanizzato, in corso di urbanizzazione e a destinazione urbana.

L'ultimo elaborato preso in esame riguarda la classificazione acustica del territorio. Infine si è proceduto con l'analisi del traffico e di incidentalità. Utilizzando i dati rilevati dalla polizia municipale del comune di Carpi sono stati costruiti i grafici e studiati gli andamenti nel periodo di tempo di riferimento dal 2000 al 2008. Utilizzando poi i dati dei flussi di traffico si sono analizzati le tipologie e i volumi di traffico nell'intersezione.

Nell'ultimo capitolo viene studiato il Road safety review dell'intersezione.

Si procede con una descrizione generale dell'intersezione, e si prosegue poi con l'individuazione delle problematiche lungo il tracciato. Inizialmente sono state scattate numerose foto nella zona interessata poi sono state divise per tipologia di problema. Per ogni problema si è cercato una soluzione descrivendo e motivando la scelta. Nelle conclusioni si sono descritti i risultati ottenuti nell'analisi di sicurezza elencando le principali raccomandazioni emerse dall'analisi.

# **CAPITOLO 1**

## **LE INTERSEZIONI**

### **1.1 Introduzione**

Le infrastrutture sono formate da reti stradali diverse e ogni rete è formata da strade con caratteristiche funzionali e geometriche simili.

Si definisce intersezione stradale l'area individuata da tre o più tronchi stradali che convergono in uno stesso punto nonché dai dispositivi atti a consentire ed agevolare le manovre per il passaggio da un tronco all'altro.

Le intersezioni stradali sono le configurazioni infrastrutturali che consentono il passaggio da una strada ad un'altra. Di solito sono posizionate nei punti in cui strade diverse che appartengono a reti simili si intersecano.

Le loro caratteristiche funzionali e geometriche devono essere congruenti con quelle delle reti stradali alle quali appartengono. Le intersezioni si classificano in:

- *intersezioni a raso (o a livello)*, suddivise a loro volta in intersezioni lineari e a rotatoria. Nel primo caso sono possibili manovre di intersezione e la circolazione è regolata dal principio della precedenza a destra e con l'introduzione di una segnaletica appropriata (Stop o dare precedenza), mentre per la rotatoria i punti di intersezione sono eliminati e la precedenza è garantita a chi circola nell'anello;
- *intersezione a livelli sfalsati*: insieme di infrastrutture (sovrappassi, sottopassi e rampe) che consente lo smistamento delle correnti veicolari fra rami di strade poste a diversi livelli.

## 1.2 Criteri per l'ubicazione delle intersezioni stradali

Il corretto posizionamento delle intersezioni dipende da tre fattori:

- compatibilità con le condizioni plano altimetriche degli assi viari;
- compatibilità con le caratteristiche della sede viaria;
- possibili disturbi a carattere funzionale con le intersezioni vicine.

La distanza minima da tenere tra intersezioni vicine in strade extraurbane è di 500 m.

Per le condizioni plano-altimetriche bisogna tenere presente che:

- le intersezioni vanno posizionate nelle vicinanze di tronchi stradali rettilinei; nei tratti stradali curvilinei vanno posizionate tenendo presente le distanze minime di visibilità;
- per le intersezioni a raso l'angolazione tra gli assi delle strade deve essere  $\geq 70^\circ$ ;
- l'attuazione di accessi, passi carrabili, aree di sosta e fermate di veicoli non è prevista sulle rampe e nelle zone per la manovra di entrata e uscita;
- nelle intersezioni a raso le pendenze longitudinali dei rami di interconnessione per la svolta non devono superare il 2%;
- il posizionamento delle intersezioni può essere nelle vicinanze di opere di sostegno e in galleria.

## 1.3 Manovre elementari

I veicoli prima di affrontare l'intersezione procedono con velocità costante e traiettorie a bassa curvatura. In prossimità dell'intersezione i veicoli compiono delle manovre e sono caratterizzati da velocità variabili e traiettorie curve.

Le manovre di un veicolo all'incrocio sono suddivise in:

- *manovra di diversione (uscita)*: il veicolo diminuisce la velocità e lascia la corrente per effettuare una svolta a destra o a sinistra;
- *manovra di immissione (entrata)*: può comportare un fenomeno di attesa perché la manovra verrà effettuata nel momento in cui è presente un intervallo sufficiente tra due veicoli provenienti dalla direzione opposta;

- *manovra di attraversamento (intersezione)*: rappresenta l'attraversamento di una corrente, effettuata quando l'intervallo temporale tra due veicoli successivi del flusso da attraversare lo consente.

Le manovre di *diversione* o *immissione* a sinistra non sono consentite sulla corrente principale di traffico di strade tipo A, B e D. Sono consentite sulle strade di servizio, rampe di svincolo e sulla corrente principale di traffico di strade di tipo C, E e F.

Le principali manovre sono:

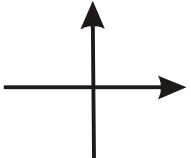
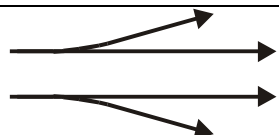
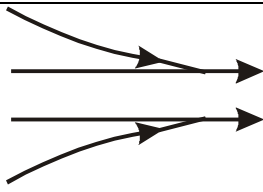
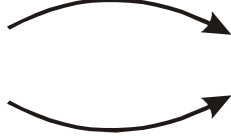

a) attraversamento ad incrocio		
b) diversione o uscita	in sinistra in destra	
c) immissione o entrata	in sinistra in destra	
d) svolta propriamente detta		
e) scambio		

Figura 1- tipologie di manovre

#### 1.4 Punti di conflitto

All'arrivo in una intersezione (in particolare quelle a raso), ogni veicolo compie delle manovre che consistono in variazioni di velocità o traiettoria che a causa di altri veicoli non sono effettuate liberamente. Questo genera i punti di conflitto che rappresentano interferenze tra correnti di traffico che delineano potenziali punti di collisione tra veicoli. Il loro numero è proporzionale a:

- Numero di rami afferenti al nodo;
- Tipologia di incrocio;
- Sistema di regolazione.

L'efficienza e la sicurezza di una intersezione si misurano anche in base al numero, alla tipologia e alla localizzazione di questi punti perché è proprio in corrispondenza di essi che si verifica la maggior frequenza di incidenti; quando particolari condizioni di traffico impegnano le strade afferenti al nodo, i punti di potenziale conflitto tra le correnti veicolari dovrebbero essere eliminati o comunque separati nello spazio o nel tempo. Nel caso particolare in cui si presenta una intersezione a raso a "T" si distinguono tre tipologie di punti di conflitto:

- *Punti di conflitto di diversione o di immissione* che sono causati dalla convergenza o dalla separazione di due flussi di traffico;
- *Punti di conflitto di intersezione* che sono causati dall'intersezione di due flussi di traffico; per questa tipologia si utilizzano le seguenti soluzioni progettuali:
  - a) sfalsamento altimetrico delle traiettorie
  - b) realizzazione di tronchi di scambio
  - c) sfalsamento di tipo imposto (semaforico)
  - d) sfalsamento di tipo attuato dall'utente (precedenza o stop)

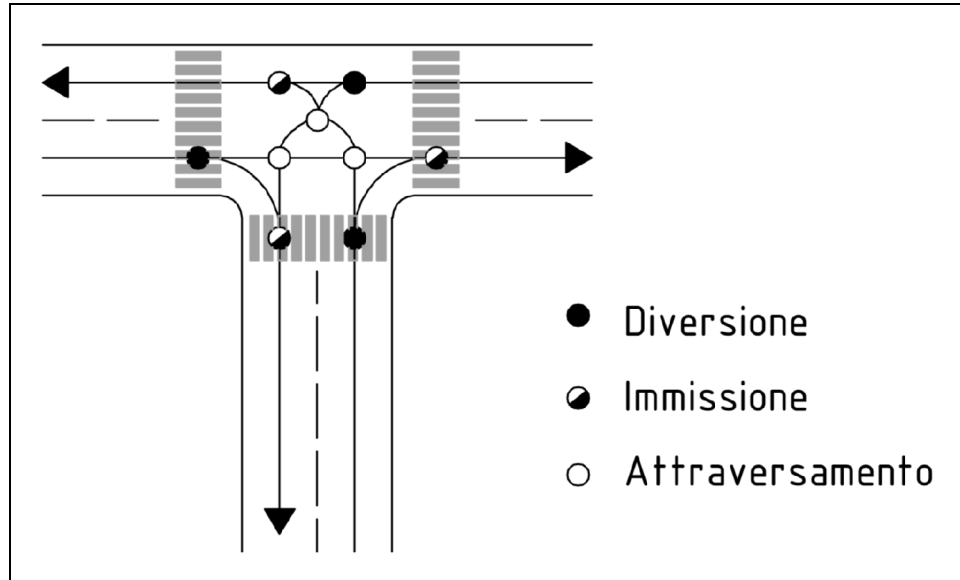


Figura 2- Punti di conflitto in una intersezione a T

### 1.5 Classificazione tipologica delle intersezioni

Sulla base della classificazione delle strade prevista dal codice della strada e dal DM 5.11.2001, che prevedono quattro tipi di strade per l'ambito extraurbano e quattro per quello urbano (Tabella 1.1), secondo il DM 19.04.2006 i nodi di interconnessione possono teoricamente rappresentarsi come gli elementi di una matrice (8x8) come riportato in figura 1.3 dove vengono rappresentati tutti i possibili nodi di intersezione fra due strade.

<b>A</b>	Autostrade extraurbane
<b>Au</b>	Autostrade urbane
<b>B</b>	Strade extraurbane principali
<b>C</b>	Strade extraurbane secondarie
<b>D</b>	Strade urbane di scorrimento
<b>E</b>	Strade urbane di quartiere
<b>F</b>	Strade locali extraurbane
<b>Fu</b>	Strade locali urbane

Tabella 1- Classificazione delle tipologie di strade .

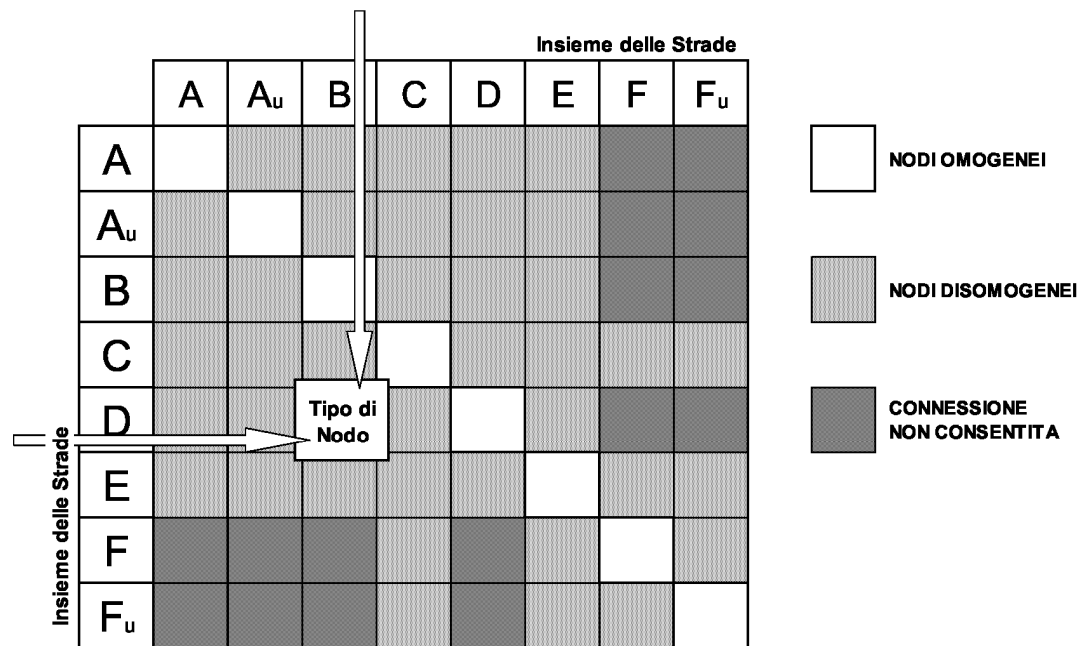


Figura 3- Matrice simbolica di rappresentazione di tutti i possibili nodi d'intersezione

Tra tutte le possibilità di connessione si distinguono:

- *Nodi omogenei* che connettono strade dello stesso tipo;
- *Nodi disomogenei* che connettono strade di tipo diverso;

Nei primi è sempre possibile realizzare connessioni con trasferimenti di flussi da una strada all'altra, nei secondi, per ragioni di sicurezza e funzionalità, tale connessione non è sempre consentita.

Laddove la connessione sia possibile, a seconda delle caratteristiche funzionali delle strade confluenti al nodo, possono esistere diverse soluzioni geometriche compatibili. In Figura 1.4 sono indicate alcune configurazioni tipo, consigliate dal DM 19.04.2006 "Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni", per intersezioni a tre o a quattro braccia.

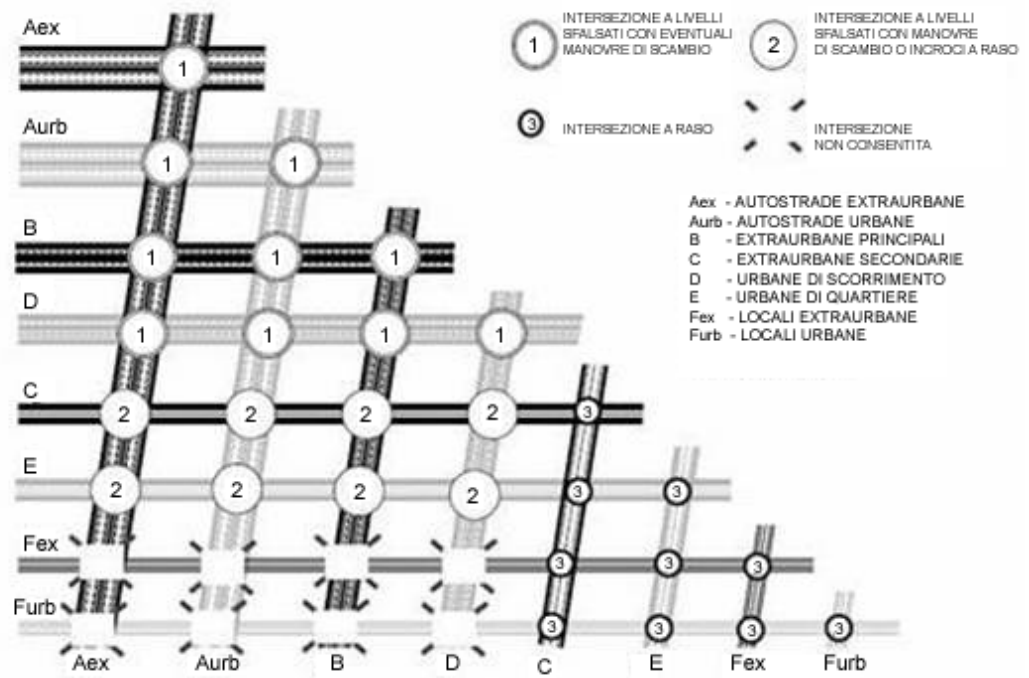


Figura 4- Organizzazione delle reti stradali e definizione delle intersezioni ammesse.

Nel caso di nodo in cui le strade confluenti siano tutte a carreggiate separate, la connessione sarà risolta con una intersezione a livelli sfalsati, ammettendo eventualmente per le sole correnti di svolta, in relazione ai flussi di scambio previsti, manovre di scambio; questi casi nella matrice vengono indicati come nodi di tipo 1.

Laddove una delle strade che convergono nel nodo è di un tipo per il quale la sezione trasversale è prevista ad unica carreggiata, possono essere ammesse su tale strada manovre a raso di svolta a sinistra o di scambio, mentre l'incrocio con le correnti principali va risolto sfalsando i livelli (nodo di tipo 2).

Laddove le due strade che si considerano appartengano a tipi per i quali la sezione trasversale prevista è ad unica carreggiata, l'intersezione potrà essere risolta a raso (nodo di tipo 3).



## 1.6 Intersezioni a raso

### 1.6.1 Caratteristiche geometriche delle intersezioni a raso

Gli elementi dell'intersezione da considerare in fase di progetto sono:

- dimensione e composizione della piattaforma stradale;
- pendenze longitudinali, trasversali e composte delle rampe, delle aree pavimentate e degli spazi marginali;
- raccordi altimetrici;
- caratteristiche geometriche di:
  - raggi di curve circolari;
  - parametri caratteristici di elementi planimetrici a curvatura variabile;
  - entità di possibili allargamenti delle carreggiate;
  - caratteristiche delle curve di ciglio utilizzate per aiutare l'ingresso in curva dei veicoli pesanti e per aumentare le condizioni operative delle correnti di svolta;
  - Forma, grandezza e caratteristiche delle isole di canalizzazione;
  - Struttura, grandezza e caratteristiche di elementi d' arredo.

Gli elementi che compongono una intersezione sono:

- *corsie di uscita o diversione*  
hanno lo scopo di eliminare i punti di conflitto delle manovre di diversione, sono caratterizzate da:
  - tratto di manovra di lunghezza  $L_{m,u}$  ;
  - tratto di decelerazione di lunghezza  $L_{d,u}$  che include metà della lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  ;

$$L_{d,u} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

- $V_1$  è la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita misurata in m/s. Questa velocità è stabilita dai diagrammi di velocità secondo quanto riportato dal D.M. 5/11/2001.
- $V_2$  è la velocità di progetto conforme al raggio della curva di deviazione verso l'altra strada. È misurata in m/s
- $a$  ( $m/s^2$ ): si impiegano i seguenti valori in base alla tipologia di strada;

- a) per strada tipo A e B:  $a = 3 \text{ m/s}^2$ ;
- b) per tutte le altre strade:  $a = 2 \text{ m/s}^2$ ;

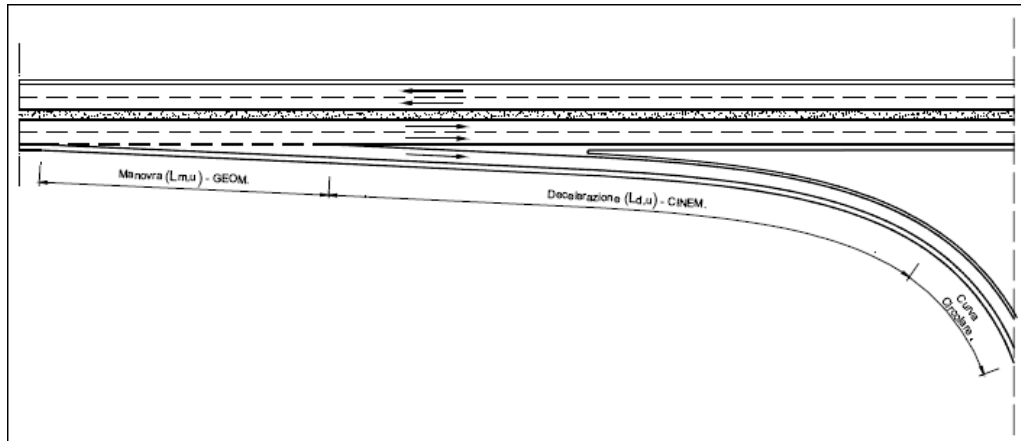


Figura 5- configurazione della corsia di uscita

- *corsie di entrata o immissione*

In queste corsie i veicoli transitano con velocità costante attendendo che nella corrente principale si presenti un intervallo sufficientemente ampio per potersi immettere senza essere tamponati. La manovra è facilitata se la differenza di velocità tra i veicoli delle due corsie è piccola.

Sono caratterizzate da:

- tratto di accelerazione di lunghezza  $L_{a,e}$
- tratto di immissione di lunghezza  $L_{i,e}$
- elementi di raccordo  $L_{v,e}$

$$L_{a,e} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

- $V_1$  velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata, misurata in m/s;
- $V_2$  :valore conforme all'80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, valutabile dai diagrammi di velocità in base al D.M. 5/11/2001;
- $a = 1 \text{ ( m/s}^2\text{)}$ ;

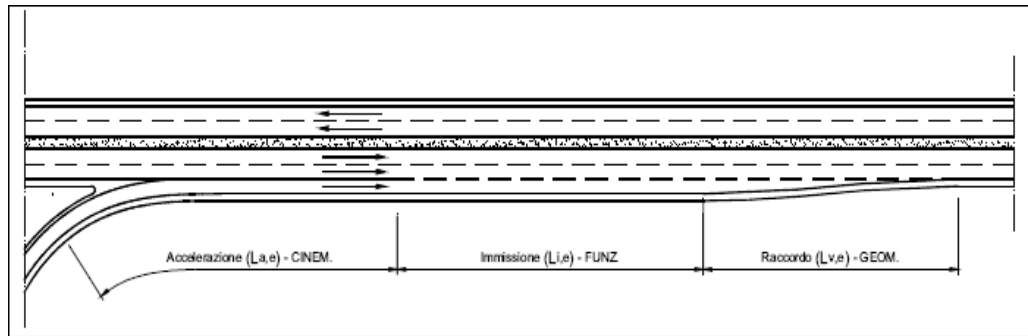


figura 6- configurazione della corsia di entrata

- *corsie di accumulo*

Rappresentano le corsie che accolgono i veicoli che devono svoltare a sinistra e immettersi nella strada secondaria. Devono dare la precedenza ai veicoli che viaggiano in senso opposto.

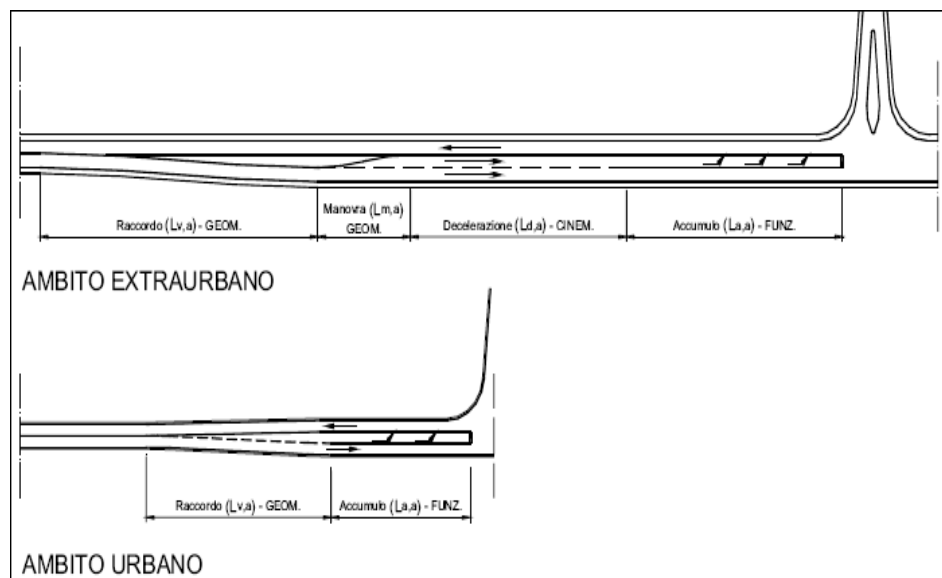


Figura 7- configurazione della corsia di accumulo

In ambito extraurbano sono caratterizzate da:

- tratto di raccordo di lunghezza  $L_{v,a}$  ;

$$L_{v,a} = 0,6 \cdot Vp \cdot \sqrt{d}$$

$L_{v,a}$  dipende da:

- velocità di progetto;
- larghezza corsie di accumulo aumentata di 0,5 m;

- tratto di manovra di lunghezza  $L_{m,a}$

$L_{m,a}$  si determina in funzione della velocità di progetto:

velocità di progetto $V_p$	Lunghezza del tratto di manovra $L_{m,a}$
$V_p \geq 60$	$L_{m,a} = 30$
$V_p < 60$	$L_{m,a} = 20$

Tabella 1.2- lunghezza tratto di manovra in funzione della velocità di progetto

- tratto di decelerazione di lunghezza  $L_{d,a}$

$$L_{d,a} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

- $V_1$  velocità di progetto della strada da cui proviene il flusso di svolta;
- $V_2 = 6,95$  m/s ;
- $a = 2$  m/s ;

- Tratto di accumulo di lunghezza  $L_{a,a}$

$L_{a,a}$  deve essere doppia di quella corrispondente al numero medio di veicoli in attesa considerando una lunghezza media del veicolo di 6 m.

- Isole di canalizzazione

Il loro scopo è canalizzare il traffico, sono pavimentate o ricoperte da vegetazione, si presentano in varie forme:

- rettangolare allungata;
- triangolare;
- a goccia;

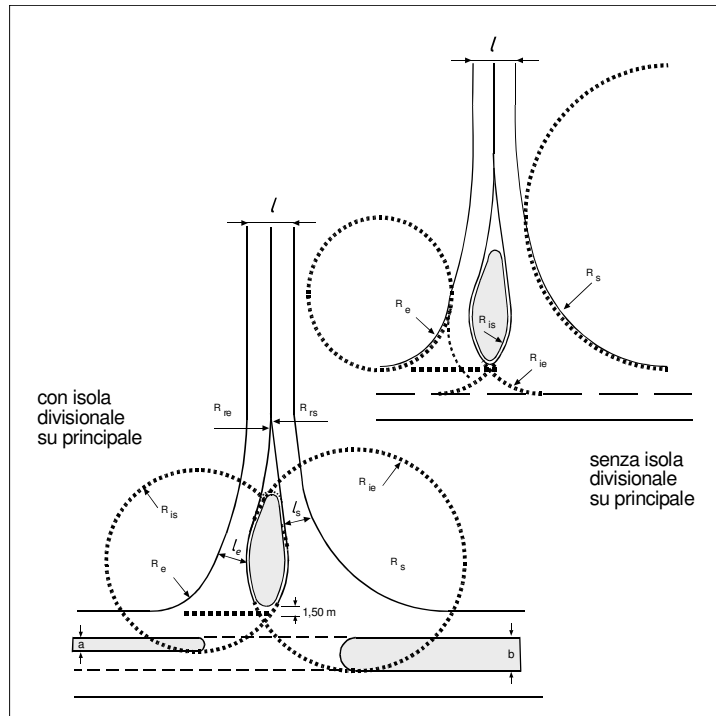


Figura 8- isola divisionale a goccia

I vantaggi delle isole di canalizzazione sono:

- riduzione dell'area pavimentata;
- separazione e distanziamento dei punti di conflitto;
- controllo della velocità;
- in ambito urbano protezione per i pedoni;
- aree per installazione della segnaletica verticale;

Le isole si dividono in:

- *direzionali*
- *di rifugio*
- *divisionali*

Vengono posizionate:

- su arterie principali

Il loro scopo è di proteggere i veicoli che devono effettuare la manovra di svolta a sinistra e rappresentano la separazione fisica tra gli opposti sensi di marcia; inoltre assieme ai tratti zebra di presegnalazione servono a identificare la presenza dell'incrocio. Il tratto zebra si deve estendere

per un tratto minimo di 50-70 m mentre l' isola è costituita in ordine dai seguenti tratti:

- a) tratto di deviazione e raccordo che determina il passaggio dalla zebraatura alla sezione allargata. La lunghezza varia dai 10 ai 30 m;
- b) tratto parallelo utilizzato per evidenziare il nuovo allineamento delle traiettorie. La lunghezza minima è 15 m;
- c) tratto di deviazione e raccordo per rendere immediato lo stacco delle traiettorie di svolta. La lunghezza minima è di 15-20 m;
- d) tratto di decelerazione;
- e) tratto di accumulo;

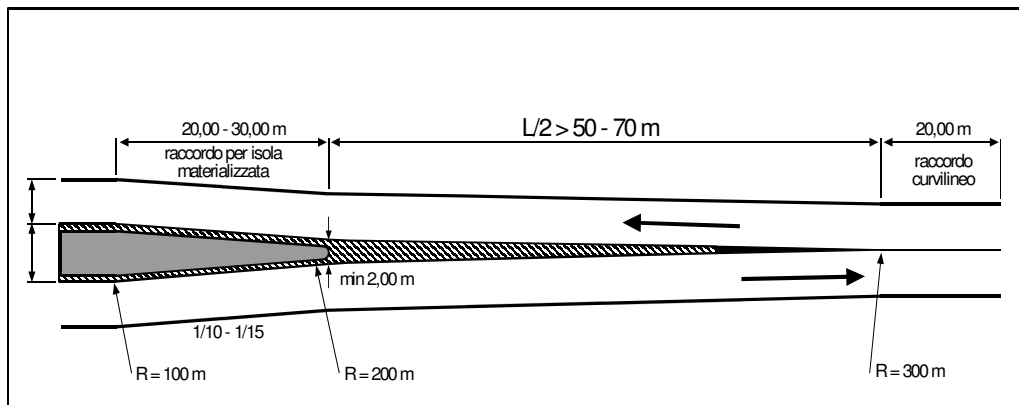


Figura 9- tratto iniziale dell'isola di canalizzazione

○ su arterie secondarie

Il loro scopo è molteplice:

- a) provocare rallentamento o arresto del veicolo;
- b) determinare traiettorie di immissione o attraversamento della principale;
- c) migliorare la percezione dell'incrocio per gli utenti della strada principale;
- d) guida le traiettorie in uscita dalla principale.

## 1.7 Intersezioni semaforizzate

### 1.7.1 Introduzione

La comparsa del primo semaforo risale al 1868 a Londra e consisteva in un segnale con indicazione tramite cartelli e illuminazione, utilizzato nelle ore notturne.

Il primo semaforo moderno fa la sua comparsa in America nel 1914 a Cleveland, era composto da due luci: il rosso e il verde. Per il semaforo a tre luci manuale bisogna attendere il 1920 a New York. Due anni dopo iniziarono a comparire anche in Europa.

Le intersezioni semaforizzate giocano un ruolo importante nella regolazione delle intersezioni a raso infatti attuano la separazione temporale dei flussi in conflitto, consentendo di ottenere molteplici vantaggi:

- a) aumentano la capacità delle intersezioni
- b) riducono la frequenza di alcune tipologie di incidente:
  - collisioni ad angoli retti;
  - frontali su svolte a sinistra;
  - incidenti con pedoni;
- c) il coordinamento può fornire un movimento continuo ad un flusso di traffico su una arteria;
- d) interruzione ciclica di flussi di traffico favorisce il deflusso di pedoni e correnti minori;

### 1.7.2 Ciclo semaforico C

È una successione ordinata e completa di segnali durante il quale le correnti completano le manovre all'intersezione. Il ciclo è composto da due o più fasi. Le fasi sono frazioni del ciclo in cui uno o più correnti di traffico ricevono il via libera.

$$C = G + I + R$$

- tempo di verde G: periodo di tempo in cui il semaforo, per una certa corrente o gruppo di corsie è posto al verde;
- Tempo di rosso R: periodo di tempo in cui il semaforo, per una certa corrente o gruppo di corsie è posto al rosso;

- Intervallo di sgombero I: è la somma del tempo di giallo e del tempo tutto rosso

$$I = Y + AR$$

- Tempo di giallo Y: periodo di tempo in cui il semaforo per una certa corrente o gruppo di corsie è posto al giallo;
- Tempo tutto rosso AR: tempo in cui tutti i segnali sono posti al rosso;

Per ogni ciclo si considera:

- Tempo di verde effettivo o efficace g: verde effettivamente disponibile in ogni fase.

$$g = G + Y + AR - L$$

**L** è il tempo perso, aumenta all'aumentare del numero di accessi e fasi

- Tempo di rosso effettivo r: frazione di ciclo in cui i veicoli non possono muoversi.

$$r = R + L = C - g$$

### 1.7.3 Fasatura

Consiste nell'alternare il via libera alle correnti di traffico in maniera tale da:

- Minimizzare il ritardo medio;
- Minimizzare il ritardo totale per ogni gruppo di corsie;
- Minimizzare l'incidentalità;
- Minimizzare le code;
- Favorire alcune correnti;

Le intersezioni isolate sono caratterizzate da flussi in arrivo distribuiti in modo casuale. La durata del ciclo C rappresenta il più breve ciclo ottimo che soddisfa la domanda utilizzata per l'analisi e che minimizza il ritardo.



#### 1.7.4 LOS: Livello di servizio

Misura le condizioni operative della strada e rappresenta un indice di misura delle condizioni di deflusso. In base alle caratteristiche il livello di servizio è diviso in:

a) LOS A

Ritardo molto basso, al massimo 10 sec/veic;

- Progressione estremamente favorevole;
- La maggior parte dei veicoli arriva durante il verde;
- La maggior parte dei veicoli non subisce arresto;
- I conducenti sono poco influenzati dalla presenza del semaforo;

b) LOS B

- Operazioni con ritardo compreso tra 10 e 20 sec/veic.
- Buona progressione e breve durata del ciclo;
- Più veicoli subiscono interruzione rispetto a LOS A, questo causa un ritardo medio leggermente più elevato.

c) LOS C

- Operazioni con ritardo compreso tra 20 e 35 sec/veic.
- Progressione peggiore, ciclo più lungo;
- Possono cominciare a comparire locali difetti di ciclo e/o fasatura in caso di variazioni del flusso;
- Numero di veicoli arrestati più elevato;

d) LOS D

- Operazioni con ritardo compreso tra 35 e 55 sec/veic.
- L'influenza della congestione comincia a diventare evidente;
- Maggiore ritardo che implica una progressione sfavorevole, ciclo più lungo e alti rapporti q/c;
- Molti veicoli arrestati che comporta una quota di veicoli che riescono ad attraversare senza fermarsi molto più bassa;

e) LOSE

- Operazioni con ritardo compreso tra 55 e 80 sec/veic.
- Limite di accettabilità del ritardo;
- Pessima progressione, durata del ciclo al limite, elevato rapporto q/c;
- Frequenti sovrasaturazioni;

f) LOSF

- Ritardo > 80 sec/veic
- Situazione inaccettabile;
- Sovrasaturazione (il ritardo tende ad aumentare indefinitamente);
- Rapporto q/c >1;
- Cattiva progressione ed errori di fasatura possono contribuire a peggiorare la situazione.

Il LOS viene misurato in termini di ritardo medio per veicolo.

Il ritardo dipende da:

- Progressione veicoli;
- Durata del ciclo;
- Rapporto di verde g/c;
- Rapporto q/c;
- Fasatura;

### 1.7.5 Il ritardo

Secondo l'HCM (Highway Capacity Manual) il ritardo è rappresentato da:

$$d = PF \cdot d_1 + d_2 + d_3$$

- PF (progression factor) tiene conto della progressione e si divide in:
  - Buona progressione :aumenta la % di arrivi dei veicoli durante la fase di verde;
  - Cattiva progressione: aumenta la % arrivi durante la fase di rosso;

- $d_1$ : uniform delay

$$d_1 = \frac{0,5C \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \cdot \frac{g}{C}\right]}$$

- $d_2$ : incremental delay

$$d_2 = 900T \left[ (x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8klx}{cT}} \right]$$

- $d_3$  = ritardo dovuto alla coda iniziale

$$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b (1+u)t}{cT}$$

Dove:

X: grado di saturazione cioè il rapporto tra il flusso e il vincolo di capacità fisica del gruppo di corsie;

C : durata del ciclo (s);

c : capacità del gruppo di corsie (veic/h);

g : durata del tempo di verde effettivo (s);

T : durata del periodo di analisi (s);

k : correzione del ritardo incrementale per controllo in tempo reale;

l : correzione del ritardo incrementale per controllo attuato da intersezioni semaforizzate a monte;

$Q_b$  : coda iniziale presente all'inizio del periodo T (veic);

u: parametro di ritardo;

t : durata della domanda non soddisfatta nel periodo T (h)

Le formule per determinare il ritardo sono:

- **Formula di WEBSTER**

$$d = \frac{C \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2q \cdot (1 - x)} - 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{C}{q^2}} \cdot x^{(2+5x)}$$

- **Formula di DOHERTY**

$$d = \frac{C \cdot (1 - \lambda)^2}{2} + \frac{K \cdot x}{\lambda s \cdot (\lambda - x)}$$

- **Formula di MILLER**

$$d = \frac{(1 - \lambda)}{2 \cdot (1 - \lambda x)} \left[ C \cdot (1 - \lambda) + \frac{(2x - 1) \cdot I}{q \cdot (1 - x)} + \frac{I + \lambda x - 1}{s} \right]$$

I = coefficiente variazione degli arrivi

- **Formula di NEWELL**

$$d = \frac{C \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda x)} + \frac{I \cdot H \cdot (\mu) \cdot x}{2q(1 - x)} + \frac{I(1 - \lambda)}{2s(1 - \lambda x)}$$

$$\mu = \frac{s \cdot \lambda - qC}{\sqrt{Is\lambda}}$$

$H(\mu)$  funzione decrescente

### 1.7.6 Controllo semaforico

Può essere di tre tipi:

- Ciclo fisso:  
ciclo e fasatura predeterminati sulla base di certi valori di domanda. Rappresenta una sequenza di indicazioni segnaletiche ripetute. È caratterizzato da funzionalità rigida e costante, stesso ciclo e fasatura per ogni entità di flusso.
- Ciclo Attuato:  
la successione delle fasi, la durata del ciclo e i tempi di verde sono determinati in funzione dei flussi veicolari e pedonali. In questo tipo di controllo è presente un sistema di acquisizione dati in tempo reale sulle condizioni di traffico. Si realizza per mezzo di sensori e attuatori.
- Ciclo semiattuato  
La successione delle fasi è prefissata ma può variare per effetto di segnali prodotti da dispositivi attivati da veicoli o pedoni (pulsanti pedonali, rivelatori di traffico).

## 1.8 Intersezioni a rotatoria

### 1.8.1 Cenni storici

Negli ultimi decenni le intersezioni a rotatoria hanno avuto una grande diffusione sia in Italia che all'estero grazie alla riscoperta delle enormi potenzialità di questo particolare tipo di intersezione a raso. Prima del 1903 esistevano delle piazze circolari, ma erano concepite come particolarità architettoniche ed in esse era permessa la circolazione a doppio senso attorno all'isola centrale.

Il sistema di circolazione a rotatoria a senso unico fu proposto per la prima volta nel 1903, per il Columbus Circle di New York City, da William Phelps Eno, che si può quindi ritenere il promotore degli schemi di percorrenza a senso unico e delle modalità di circolazione a rotatoria.



Figura 10 - Columbus Circle of New York City

In Europa, negli stessi anni, l'architetto parigino Eugene Henard propose la riqualificazione di alcune importanti intersezioni di Parigi a mezzo di un sistema di circolazione a senso unico intorno ad un'isola centrale.

nel 1906 concepì le “*carrefours à giration*”, con lo scopo di migliorare l'organizzazione della circolazione e aumentare la sicurezza.

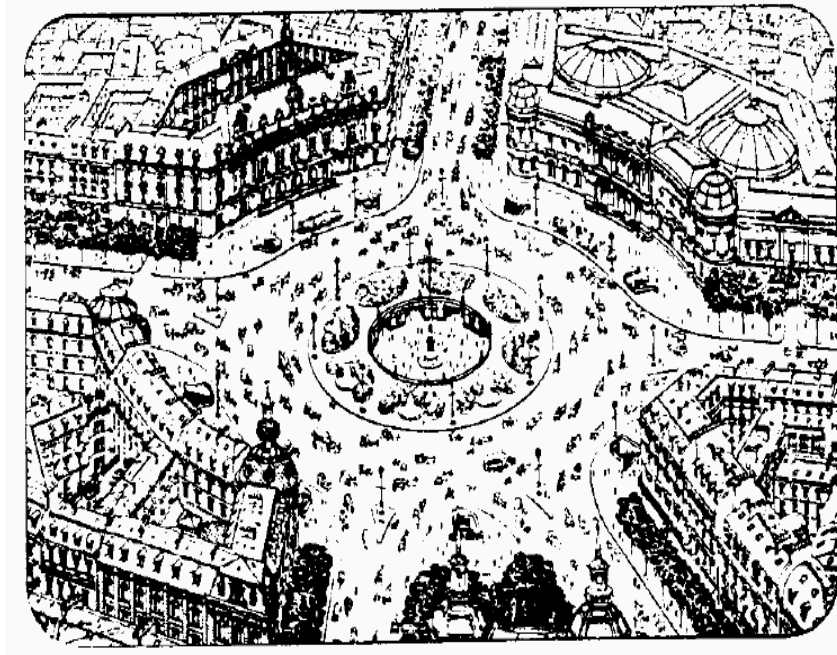


Figura 11 - Carrefours à giration (Henard, 1906).

La prima rotatoria sistemata secondo tali principi fu nel 1907 la piazza dell'Etoile a Parigi .



Figura 12 - Place de l'Étoile de Paris

Con il passare degli anni le rotatorie vennero adottate, sia in ambito urbano che in ambito extraurbano, da altri paesi europei, sulla base degli ottimi risultati ottenuti in Francia. Così Gran Bretagna, agli inizi degli anni '20, e Germania, agli inizi degli anni '30, cominciarono ad utilizzare le intersezioni a rotatoria ottenendo ottimi risultati in termini di regolarità di deflusso e di sicurezza, con riqualificazione della zona interessata dalla rotatoria mediante l'inserimento di arredo urbano all'interno dell'isola, diventando in molti casi elemento caratteristico dell'ambiente in cui è stata impiantata.

Per le prime rotatorie venne adottata la regola della "precedenza a destra": i veicoli in circolo sull'anello centrale dovevano dare la precedenza a quelli entranti dai bracci d'ingresso. Il Wisconsin nel 1913, fu il primo stato ad adottare tale regola di priorità. William Phelps Eno nel 1929 riscontrò che l'inconveniente principale del dare la precedenza a destra ai veicoli in immissione consisteva nel blocco della circolazione in presenza di volumi elevati di traffico e nella conseguente entrata in crisi della rotatoria. Egli propose pertanto di invertire la regola di priorità, concedendo la precedenza ai veicoli in circolo sulla corona giratoria. La sua proposta però fu contrastata da buona parte degli ingegneri del traffico e venne attuata solo in seguito al verificarsi di seri problemi di



intasamento avvenuti in concomitanza con l'aumento di traffico veicolare nel corso degli anni '50 e '60. Inizialmente, per rendere più fluida la circolazione si cercò di aumentare le dimensioni delle rotatorie, fino a raggiungere misure nell'ordine del centinaio di metri (in Gran Bretagna fino a 240 m). Ma tale soluzione si rivelò ben presto inappropriata, poiché la capacità rimase pressoché inalterata, e la sicurezza diminuì ulteriormente a causa dell'elevata velocità con cui veniva percorso l'anello della rotatoria. Altro punto a sfavore era l'enorme ingombro di tale soluzione, che era facilmente attuabile solo nelle aree rurali, mentre difficilmente si potevano realizzare rotatorie con diametro elevato nei centri urbani. Per questi motivi tale tipologia di intersezione venne abbandonata e considerata come un nodo a bassa prestazione molto pericoloso. Tra il 1950 e il 1977, otto Stati approvarono la legge per cambiare la regola della precedenza a destra con quella della priorità a sinistra. Nacque così quella che viene definita "la rotatoria moderna". Tale modifica risultò essere una grande innovazione, in quanto per mezzo di essa si ottennero risultati molto soddisfacenti in termini di capacità, soprattutto attraverso l'utilizzazione di rotatorie compatte aventi diametri dell'isola centrale estremamente ridotti.

Il Road Research Laboratory (oggi denominato Transport Research Laboratory) condusse degli studi a carattere sperimentale su tali rotatorie e giunse ad affermare che la regola della priorità sull'anello incrementava la capacità del 10% e riduceva i ritardi del 40% rispetto a quanto avveniva nelle intersezioni semaforizzate e non, nonché negli incroci regolati dalla polizia stradale. Venne inoltre evidenziata una riduzione di circa il 40% degli incidenti stradali.

Nel 1966 anche in Gran Bretagna fu ufficialmente adottata la regola della precedenza all'anello, definita "off-side", e, da quel momento, il criterio di progettazione delle rotatorie fu quello dell'attesa: i veicoli in ingresso dovevano attendere un varco libero sul flusso circolante sull'anello per potersi immettere.

La prima stesura delle linee-guida basate sulla priorità “off-side” nelle rotatorie fu pubblicata nel 1971 dal Ministero dei Trasporti inglese; ad essa seguirono altre versioni, rivedute e corrette, nel 1975, nel 1984 e nel 1993.

A seguito dell’adozione di tali linee-guida, che prevedevano numerosi accorgimenti progettuali come l’avvicinamento verso l’anello della linea del dare la precedenza, l’allargamento degli ingressi, la riduzione delle dimensioni dell’isola centrale, ecc., le rotatorie di nuova realizzazione presentarono un incremento di capacità compreso tra il 10 e il 50% rispetto alle configurazioni a circolazione giratoria precedentemente realizzate.

La rotatoria moderna sullo stile britannico e americano fu poi “esportata” in Australia e in alcuni paesi della Francia nel 1970 e, a partire dagli anni ’80, ad un più ampio numero di Stati. Nel 1984, anche il governo francese adottò la regola della priorità “off-side” e, già nel 1997, in Francia si contavano circa 15000 rotatorie moderne.

Nel contesto europeo l’Italia ha rivestito una situazione particolare, non subendo tempestivamente le tendenze delle vicine Francia e Svizzera. Infatti la riconosciuta efficacia dell’intersezione a rotatoria e la sua diffusione sono avvenute con un certo ritardo poiché le poche rotatorie realizzate fino al 1990 sono state nella maggior parte proposte da architetti pianificatori piuttosto che da ingegneri. A ciò deve aggiungersi la totale assenza di una normativa specifica sulle rotatorie e la tardiva modifica del Codice della Strada, che solo nel 1992, con l’avvento del Nuovo Codice della Strada, ha stabilito la possibilità di realizzare rotatorie con precedenza all’anello:

- ✓ L’art. 7, comma 1°, dà facoltà all’Ente proprietario della strada di “... *stabilire obblighi, divieti e limitazioni di carattere temporaneo per ciascuna strada o tratto di essa, o per determinate categorie di utenti, in relazione alle esigenze della circolazione*”;
- ✓ L’art. 7, comma 1c, consente al Sindaco, con propria ordinanza, di stabilire la precedenza su determinate strade in determinate

intersezioni, con “... *l’obbligo di arrestarsi e dare precedenza a chi circola su quest’ultima*”.

Con questa nuova opportunità è stato possibile finalmente superare il vecchio concetto di rotatoria con precedenza a destra o ai flussi provenienti dalle strade principali, molto diffuso nel nostro paese, e di uniformarci alla pratica europea, dove, in questi ultimi anni, migliaia di incroci tradizionali, semaforizzati o canalizzati sono stati sostituiti con questa soluzione.

### 1.8.2 elementi caratteristici della rotatoria

- *Corona giratoria*: carreggiata che circonda l’isola centrale, ad una o più corsie, percorsa dai veicoli. Il diametro della corona giratoria è il segmento che passa dal centro dell’isola centrale ed unisce due punti del bordo esterno dell’anello.
- *Isola centrale*: zona centrale di forma circolare, generalmente invalicabile, attorno a cui circola il traffico veicolare, in un unico senso di marcia, proveniente da più entrate. In caso di minirotorie questo elemento potrà essere valicabile, realizzato con profilo leggermente curvo, permettendo lo scavalco ai veicoli pesanti aventi un ampio raggio di sterzata.
- *Braccio*: parte dell’asse centrale che converge verso l’anello; è sempre preferibile una disposizione regolare dei bracci attorno alla corona giratoria, soprattutto al fine di migliorare la leggibilità complessiva dell’area di intersezione;
- *Fascia sormontabile*: è la corona circolare contenente l’isola centrale. È presente nel caso di rotatorie di medie dimensioni o di minirotorie per facilitare il transito di mezzi pesanti sull’anello. Può essere semplicemente disegnata con segnaletica orizzontale o realizzata con materiale di adeguata resistenza con pendenza trasversale maggiore rispetto all’anello.
- *Anello*: è la carreggiata che circonda l’isola centrale, percorribile in senso unico antiorario. Tale elemento ha dimensione variabile in funzione del flusso veicolare e può essere ad una o più corsie. Dove possibile l’anello deve essere sempre delimitato con linee di margine interno ed esterno ed

avere pendenza trasversale pari al 2-2,5% per consentire il rapido deflusso delle acque meteoriche verso l'esterno della piattaforma.

- Entrata: parte della carreggiata di ogni singolo braccio che viene utilizzata per l'ingresso in rotatoria. Tale elemento è separato dall'anello da segnaletica orizzontale e verticale rappresentante "dare la precedenza".
- Uscita: parte della carreggiata di ogni singolo braccio che viene utilizzata per l'uscita dalla rotatoria. Tale elemento non è mai separato dall'anello da alcuna segnaletica.
- Fascia di protezione: parte della strada, non carrabile, destinata alla separazione del traffico veicolare da quello pedonale. La presenza di questo elemento obbliga i pedoni ad attraversare la rotatoria in punti specifici;
- Marciapiede: parte della strada, esterna alla carreggiata, rialzata o altrimenti delimitata e protetta, destinata alla mobilità pedonale;
- Isole divisionali: è una zona di forma triangolare circa generalmente invalicabile che assolve le seguenti funzioni:
  - a) Separazione fisica di entrata e uscita di ogni singolo braccio
  - b) Rallentare le correnti di traffico in ingresso fino alla velocità di percorrenza
  - c) Scoraggiare le manovre pericolose ed errate di svolta
  - d) Separazione dell'attraversamento delle due corsie migliorando la sicurezza per i pedoni qualora sia consentito l'attraversamento pedonale.

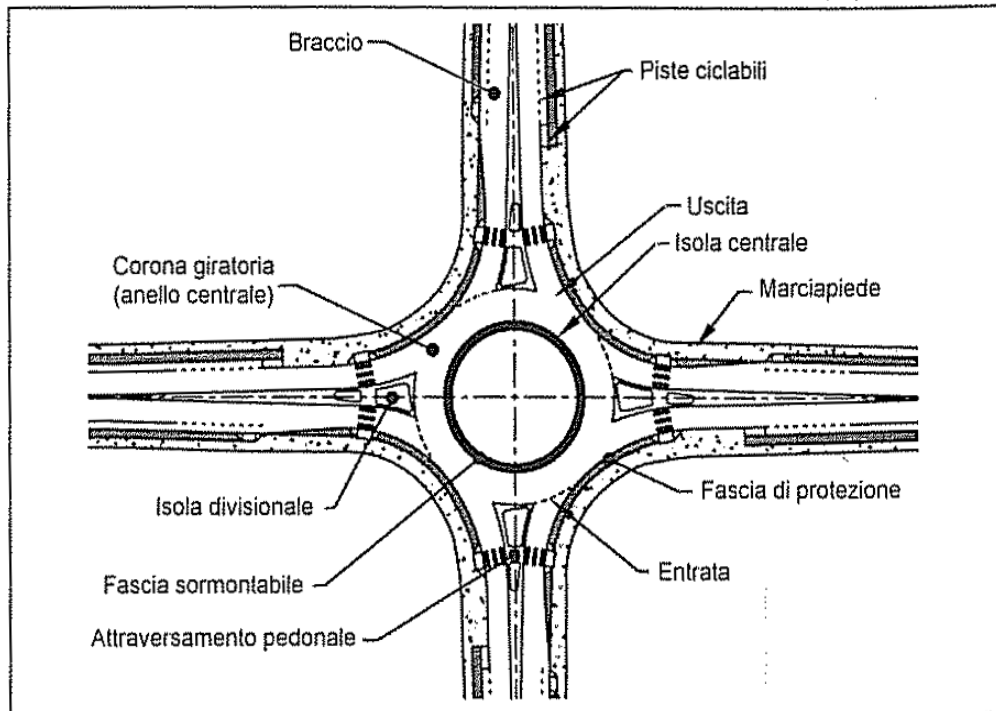


Figura 13 - Elementi caratteristici della rotatoria

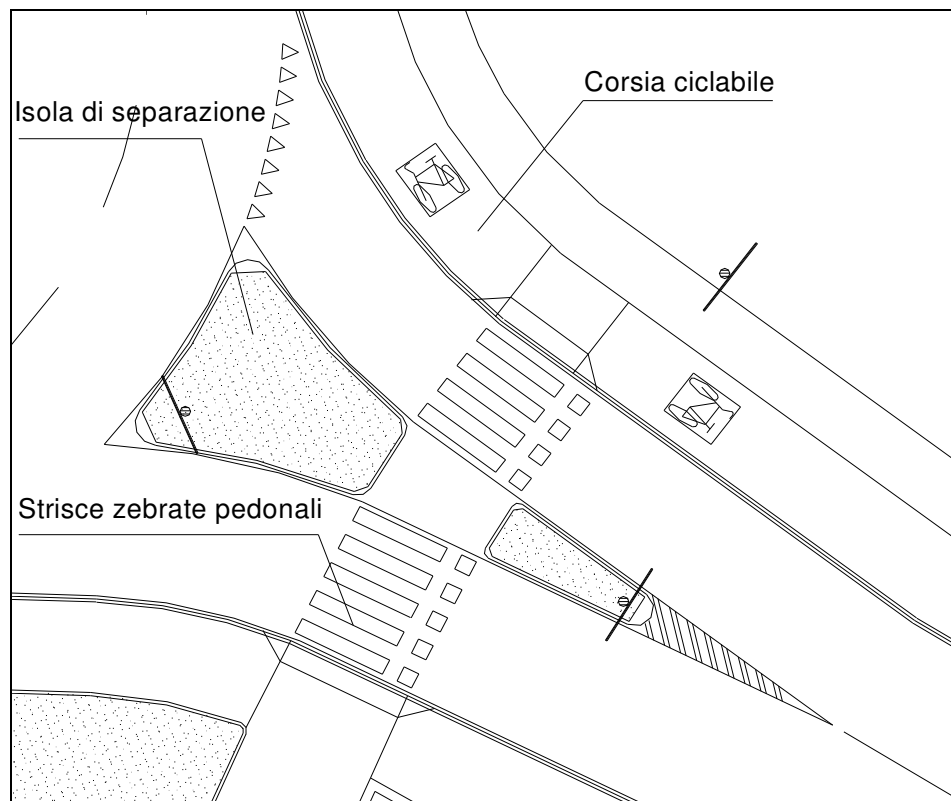


Figura 14 - Isola divisionale con attraversamento pedonale e corsia ciclabile.

Un'isola divisionale ha generalmente una forma pseudo – triangolare; la sua lunghezza complessiva dovrebbe essere almeno di 15 metri, in modo tale da offrire una protezione adeguata ai pedoni e da essere percepibile per gli utenti che si avvicinano alla rotatoria. Essa, inoltre, dovrebbe estendersi oltre la fine della curva d'uscita, al fine di evitare ai veicoli che escono dall'anello conflitti accidentali e pericolosi con quelli in ingresso. La figura 2.12 mostra le dimensioni minime di un'isola per una rotatoria a singola corsia.

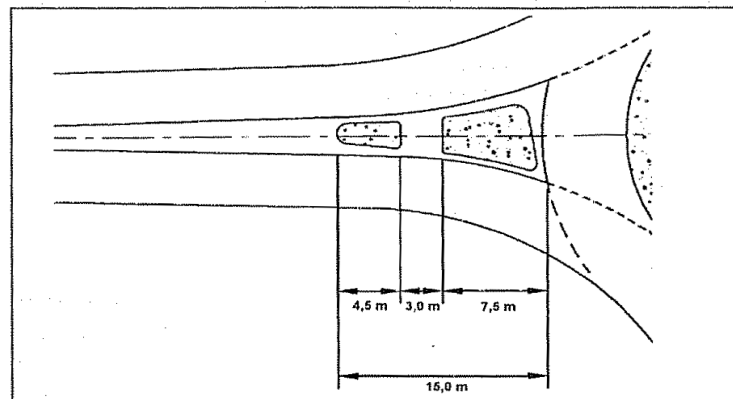


Figura 15 - Dimensioni minime di un'isola divisionale.

Per il tracciamento di un'isola divisionale si parte dal posizionamento del cosiddetto triangolo di costruzione, avente altezza (H) pari al raggio della corona giratoria ( $R_g$ ) e base (B) uguale a un quarto del raggio medesimo.

Il triangolo di costruzione deve essere posizionato in modo differente in funzione delle dimensioni della corona giratoria. In particolare:

- se il raggio dell'anello ( $R_g$ ) è inferiore a 15 m, il triangolo di costruzione sarà isoscele e verrà posto con la base in corrispondenza del bordo della corona giratoria, in modo tale che il proprio asse coincida con quello del braccio in cui si deve realizzare l'isola divisionale;

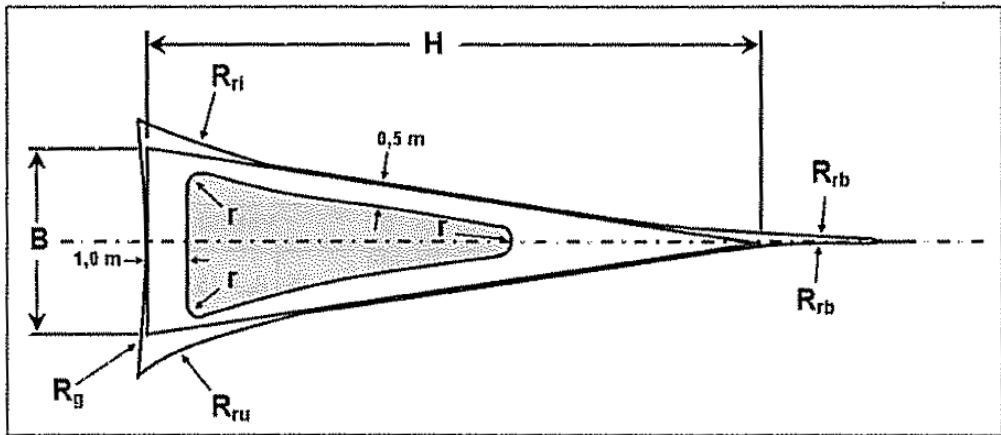


Figura 16 - Isola divisionale per  $R_g < 15\text{ m}$ .

- se il raggio della corona giratoria ( $R_g$ ) è maggiore di  $15\text{ m}$ , il triangolo non sarà più isoscele; l'asse intersecherà la base ai  $\frac{3}{4}$  della stessa. L'asse del ramo, poi, dovrà disporsi parallelamente all'asse del triangolo di costruzione con uno sfalsamento a sinistra ( $d$ ) i cui valori sono indicati nella tabella 2.5.

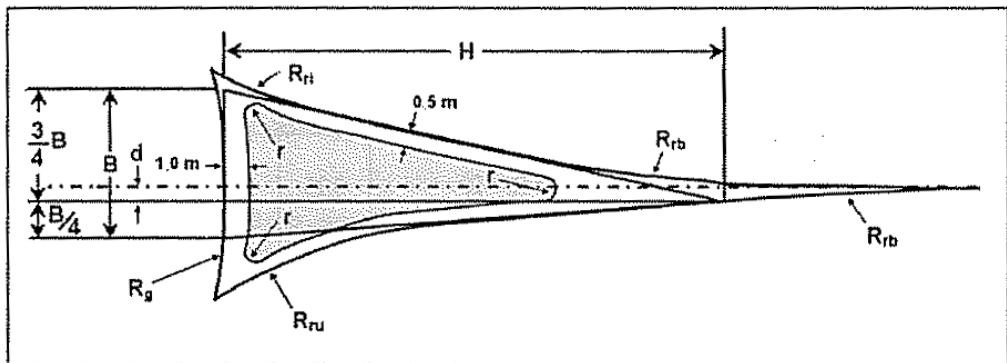


Figura 17- Isola divisionale per  $R_g > 15\text{ m}$ .

	SIMBOLO	ESPRESSIONE DI CALCOLO	VALORI (METRI)			
Raggio della corona giratoria	$R_g$		$R_g < 15$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Altezza del triangolo di costruzione	H	$H = R_g$	12415	15	20	25
Base del triangolo di costruzione	B	$B = R_g / 4$	343,75	3,75	5,00	6,25
Sfalsamento dell'asse del triangolo di costruzione	d	$d = (0,5 + R_g/50)/2$ oppure 0	0	0,40	0,45	0,50
Raggio di raccordo dell'isola materializzata	r	$R = R_g / 50$	0,25	0,30	0,40	0,50
Raggio di raccordo dell'isola con la corona giratoria (in prossimità dell'ingresso)	$R_{ri}$	$R_{ri} = R_i + L_i$ $R_i =$ raggio d'ingresso $L_i =$ larghezza dell'entrata				
Raggio di raccordo dell'isola con la corona giratoria (in prossimità dell'uscita)	$R_{ru}$	$R_{ru} = R_u + L_u$ $R_u =$ raggio d'uscita $L_u =$ larghezza dell'uscita				
Raggio di raccordo dell'isola con l'asse del braccio	$R_{rb}$	$R_{rb} = 4 R_g$				

Tabella 3 - Parametri per la definizione geometrica delle isole divisionali

L'ampiezza complessiva dell'isola divisionale in corrispondenza del bordo dell'anello non dovrebbe mai essere inferiore ai 2 metri; ogni qualvolta fosse possibile, tale ampiezza dovrebbe essere maggiore di 4 metri (fino ad un massimo di 12 m). Generalmente le isole divisionali sono materializzate, prevedono cioè una superficie in rilievo rispetto alla pavimentazione stradale. Come si evince dalle figure la parte materializzata viene realizzata nella zona individuata dallo scostamento verso l'interno del bordo definito dalle linee di costruzione tracciate. Tale scostamento sarà pari a 1,0 m per il posizionamento della base, e pari a 0,5 m per il tracciamento degli altri lati.

Le isole dovrebbero essere sgombre da qualunque oggetto (elementi d'arredo o segnaletica superflua) che possa costituire un ostacolo alla visuale degli utenti. Le superfici delle isole spartitraffico dovrebbero essere, preferibilmente, di



colore chiaro e dovrebbero creare un ottimo contrasto (di giorno come di notte) con la superficie stradale.

- Strisce zebraie pedonali: è il percorso con precedenza ai pedoni in corrispondenza delle carreggiate stradali all'innesto dei rami nella rotonda. In genere la distanza dalla linea di "dare la precedenza" deve attestarsi sui 10-12 m, mai meno di 5m. Non sono ammessi attraversamenti pedonali verso l'isola centrale. È necessaria la loro presenza nei contesti urbani e in presenza dei flussi pedonali significativi; Nella progettazione di una rotonda è necessaria la valutazione preliminare dei flussi pedonali in modo da verificare specificamente se i flussi più importanti dei pedoni si sovrappongono o meno alle punte del traffico veicolare. risulta importante le previsioni di evoluzione a medio e lungo termine attraverso l'identificazione dei punti di origine e destinazione dei flussi pedonali nell'area al contorno del nodo. Va realizzato un arretramento di 4-5m del passaggio pedonale rispetto al bordo esterno dell'anello rotondario in modo che i pedoni possano passare dietro la prima vettura ferma in attesa di inserirsi nella corona giratoria. in tale posizione risulta inoltre più semplice migliorare la visibilità reciproca pedone-automobilista.

Se è presente un elevato traffico pedonale si può prevedere per le rotonde l'adozione di una regolazione semaforica specifica per i soli pedoni, ma a condizione che l'attraversamento venga arretrato di qualche decina di metri rispetto all'anello e che i tempi di attraversamento siano contenuti ad evitare un riflusso sulla corona giratoria che deve rimanere assolutamente libera.

Tra i provvedimenti necessari a regolare i movimenti pedonali è importante che i pedoni siano scoraggiati ad attraversare o impegnare comunque l'anello mediante due diverse linee di intervento:

1. elevata qualità dei percorsi pedonali lungo la corona esterna in modo da indurre i pedoni a preferire i percorsi a loro dedicati e studiati per la loro sicurezza

2. ostacoli appropriati lungo i bordi in modo da scoraggiare da percorsi scomodi e avventurosi
- Pista ciclabile: è il percorso destinato ai ciclisti esternamente alla carreggiata dell'anello. si può prevedere di privilegiare la sicurezza dei pedoni ciclisti concedendo la precedenza alla pista ciclabile pregiudicando però la capacità del ramo.
  - corsia ciclabile: è il percorso destinato ai soli ciclisti internamente alla carreggiata dell'anello, evidenziato con pavimentazione differente dal resto della carreggiata.

### 1.8.3 tipologie di rotatoria

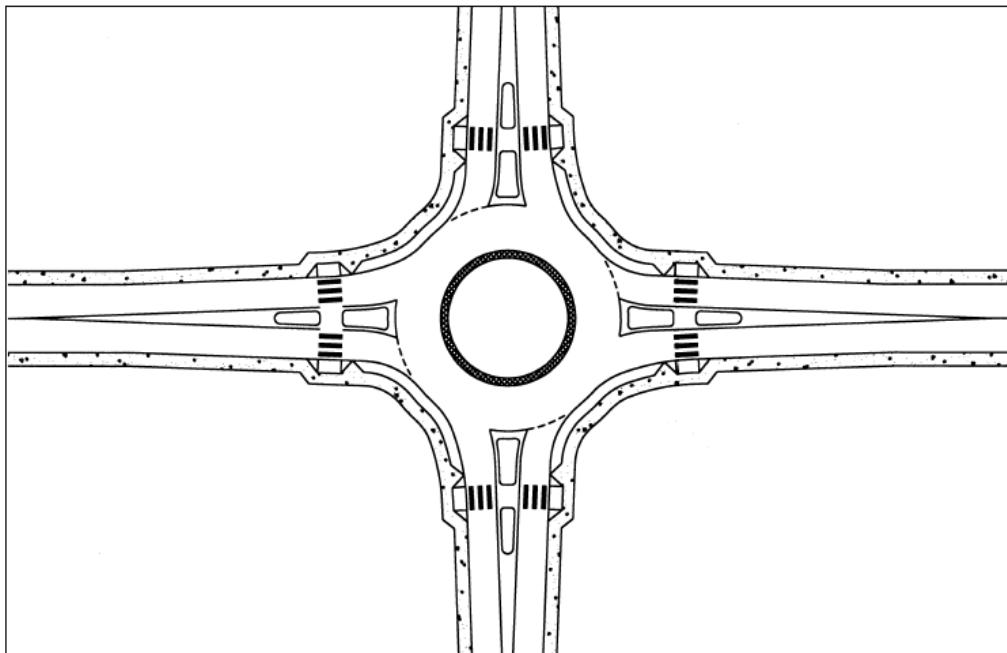


Figura 18 -Esempio di rotatoria urbana compatta

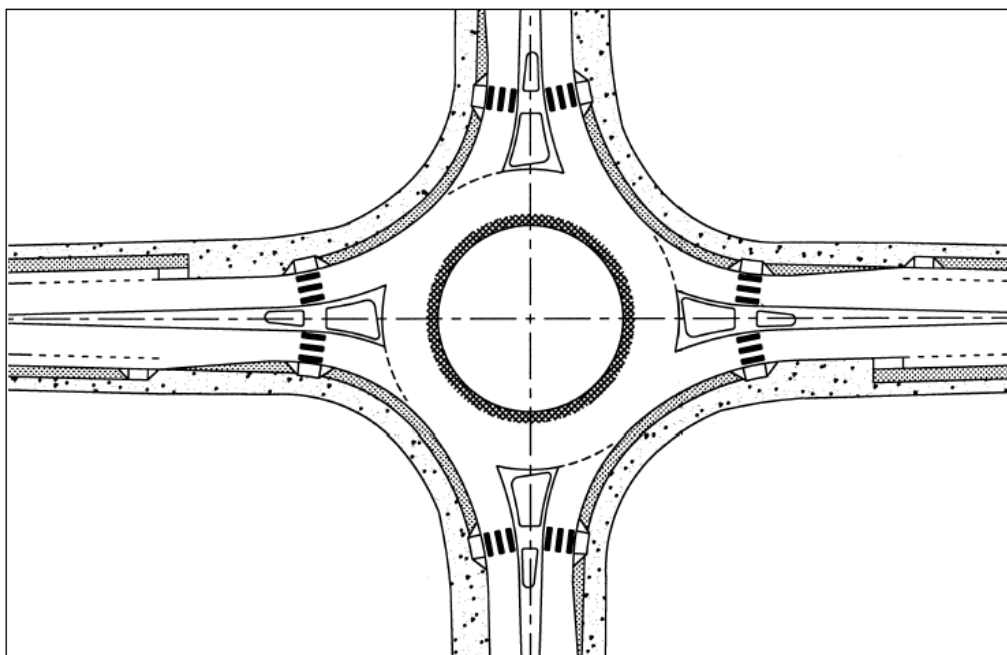


Figura 19 - Esempio di rotatoria urbana a singola corsia

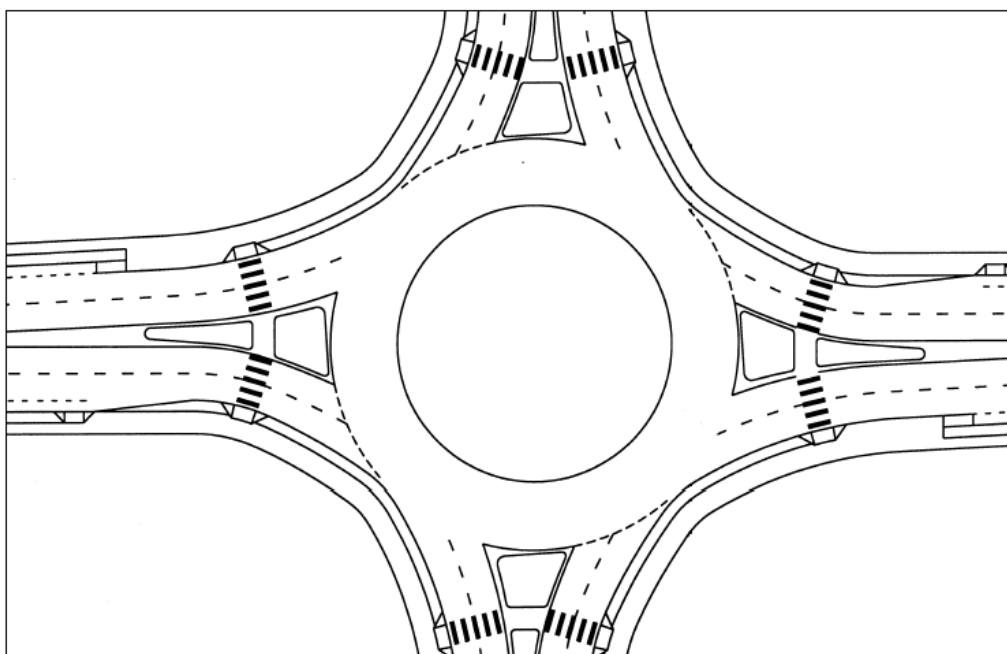


Figura 20 - Esempio di rotatoria urbana a doppia corsia.

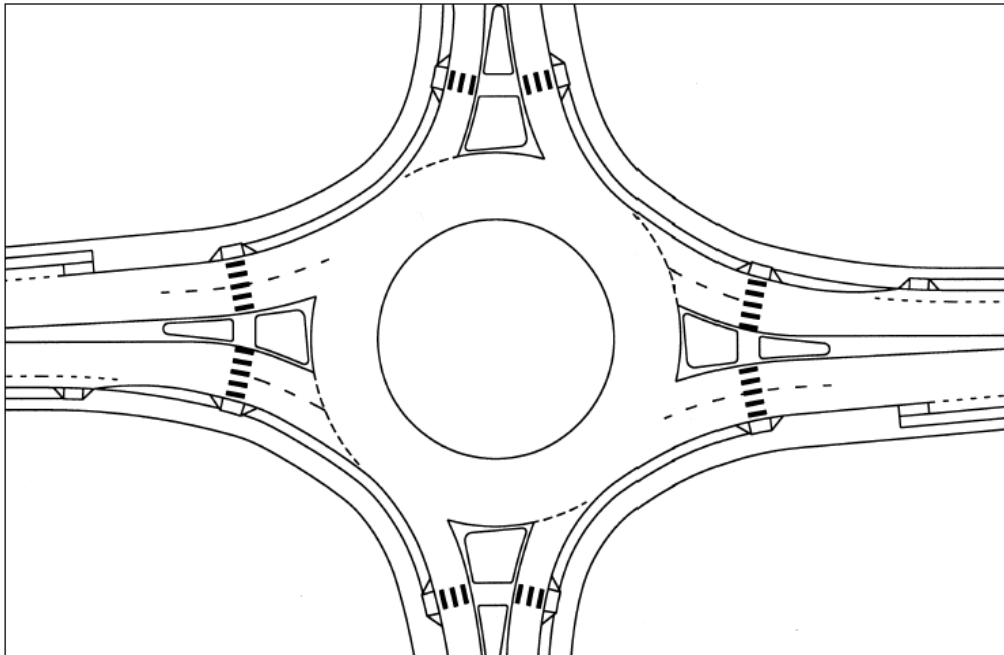


Figura 21- Esempio di rotonda compatta con ingressi allargati.

#### **1.8.4 D.M. 19/04/2006: NORME FUNZIONALI E GEOMETRICHE PER LA COSTRUZIONE DELLE ROTATORIE**

##### **1.8.4.1 premessa**

Il DM 19.04.2006 individua tre tipologie di rotonde sulla base della dimensione “D” del diametro del cerchio in cui si possono inscrivere [1]:

- Mini-rotonde con diametro esterno compreso fra i 14 e i 25 metri;
- Rotonde compatte con diametro compreso tra i 25 e i 40 metri;
- Rotonde convenzionali con diametro esterno maggiore di 40 metri.

Per diametri maggiori di 50 m il dimensionamento e le caratteristiche geometriche vengono definite per mezzo dei tronchi di scambio tra due bracci vicini e non possono essere dimensionate secondo i principi delle rotonde con immissioni regolate da precedenza o stop.

Le tipologie di rotonde possono essere suddivise in base alla sistemazione dell'isola circolare centrale:

- isola centrale in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti nel caso di minirotonde con diametro esterno compreso tra 25 e 18m.

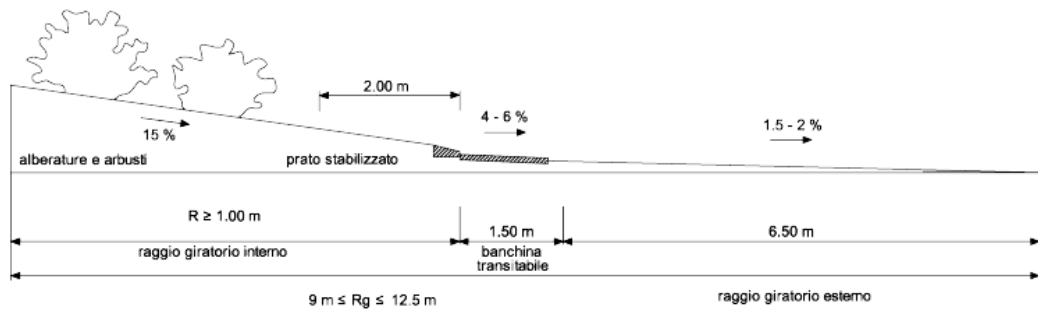


Figura 22- Isola centrale di minirotondella.

- isola centrale completamente transabile con diametro compreso fra 18 e 14 m

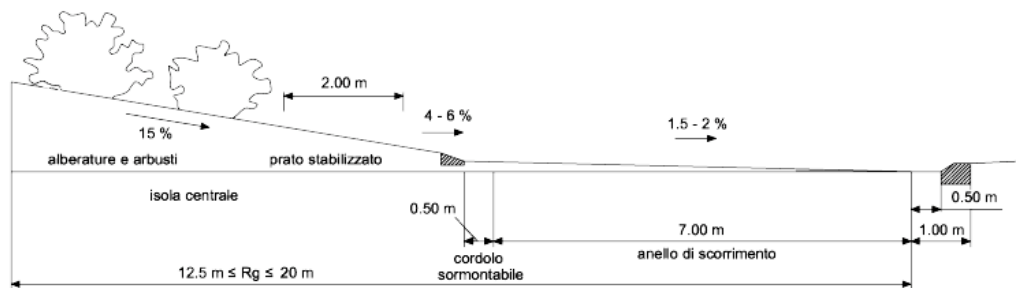


Figura 23- Isola centrale rotatorie.

### 1.8.4.2 Caratteristiche geometriche rotondella

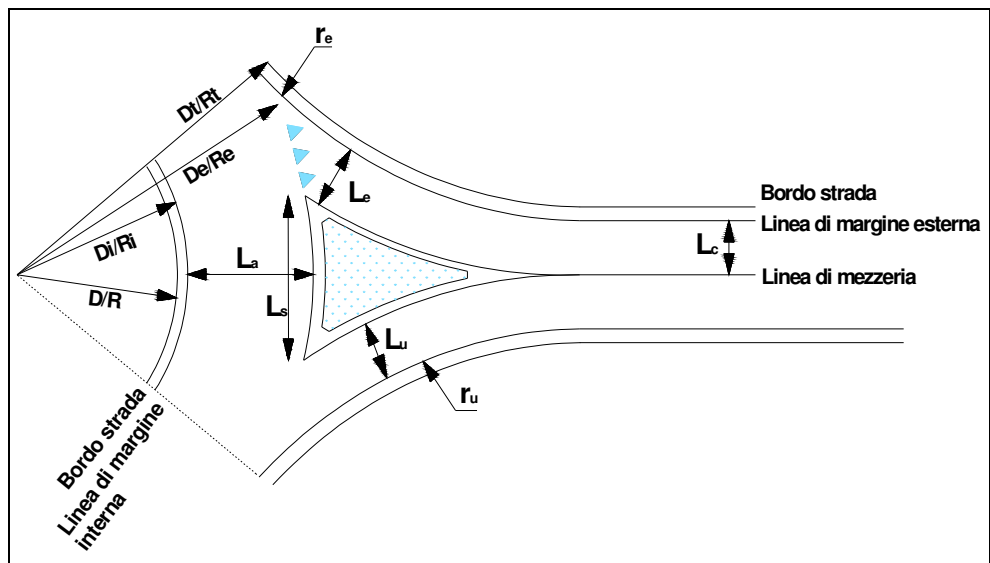


Figura 24- caratteristiche geometriche.

- Diametro esterno o diametro inscritto  $D_e$  : rappresenta il diametro massimo del cerchio inscritto all'interno delle linee di margine esterne della carreggiata dell'anello. Rappresenta il principale parametro utilizzato per definire il tipo di rotatoria. Con  $R_e$  si definisce il raggio esterno. E' il percorso con precedenza ai pedoni in corrispondenza delle carreggiata stradale all'innesto dei rami nella rotatoria. In genere la distanza dalla linea di "dare la precedenza" deve attestarsi sui 10-12 m, mai meno di 5m. Non sono ammessi attraversamenti pedonali verso l'isola centrale. È necessaria la loro presenza nei contesti urbani e in presenza dei flussi pedonali significativi. La tabella che segue fornisce per ogni tipologia di rotatoria gli intervalli di valori previsti dal DM 19.04.2006 per il diametro dell'anello esterno e la larghezza della corsia della corona giratoria. Tra i principali vincoli imposti dalla nuova normativa vi è l'obbligo di organizzare la circolazione nella corona giratoria su una sola corsia impedendo la configurazione su due o più corsie parallele dell'anello, ad esclusione delle intersezioni di tipo « con circolazione a rotatoria», caratterizzate da un diametro esterno superiore a 50 m e dalla presenza dei tronchi di scambio tra due bracci vicini.

ELEMENTI MODULARI	DIAMETRO ESTERNO DELLA ROTATORIA (M)	LARGHEZZA CORSIE
CORSIE NELLA CORONA ROTATORIA (*), PER INGRESSI AD UNA CORSIA	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00-8,00
CORSIE NELLA CORONA ROTATORIA (*), PER INGRESSI A PIU' CORSIE	≥ 40	9,00
	< 40	8,50-9,00
BRACCI DI INGRESSO (**)		3,50 per una corsia
		6,00 per due corsie
BRACCI DI USCITA (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

(\*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia

(\*\*) organizzati al massimo con due corsie

Tabella 4 - Larghezze degli elementi modulari delle rotatorie

- Diametro totale  $D_t$ : rappresenta il diametro del massimo cerchio inscritto all'interno delle linee di bordo stradale.
- Diametro isola centrale  $D_i$ : rappresenta il diametro del cerchio inscritto all'interno delle linee di margine interne della carreggiata dell'anello. Con  $R_i$  si indica il raggio dell'isola centrale.
- Raggio d'entrata  $r_e$ : rappresenta il minimo raggio di curvatura della linea esterna all'entrata.
- Raggio d'entrata  $r_u$ : rappresenta il minimo raggio di curvatura della linea esterna all'uscita.
- Larghezza della corsia di approccio  $L_c$  è la misura della carreggiata di immissione del ramo all'altezza della linea di inizio svasatura dell'entrata. Se la larghezza delle corsie d'entrata non varia, questo valore è pari a questa larghezza.
- Larghezza degli ingressi: la larghezza di un ingresso viene individuata dal segmento che, partendo dal vertice destro dell'isola divisionale viene condotto ortogonalmente al bordo destro della corsia di entrata. Per la larghezza di un'entrata il DM 19.04.2006 dispone che sia:
  - 3,50 m per una corsia;
  - 6,00 m per due corsie.

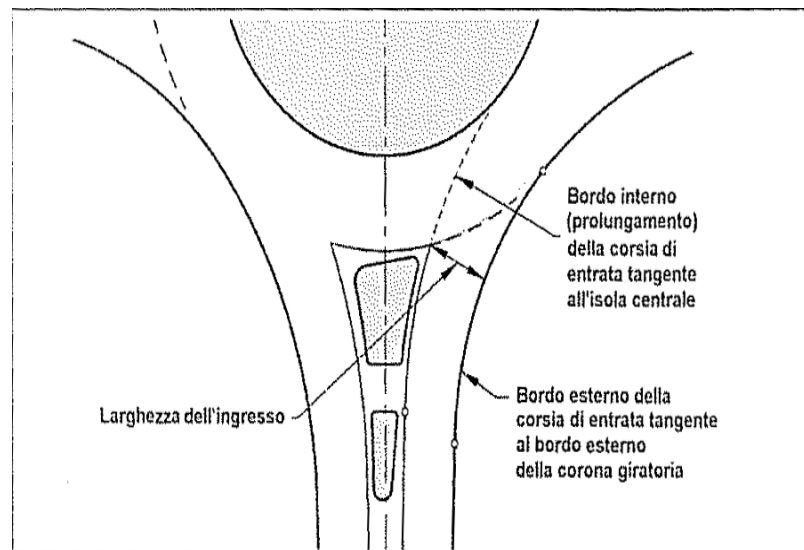


Figura 25 - Costruzione geometrica di un ingresso.

- Larghezza delle uscite: la larghezza dell'uscita deve essere computata a partire dal vertice sinistro dell'isola pseudo - triangolare, conducendo un segmento perpendicolare al bordo destro della corsia d'uscita. L'ampiezza delle uscite, per le rotatorie a singola corsia, si può porre pari a:
  - 4 m per valori del raggio esterno inferiori a 25 m;
  - 4,50 m per valori del raggio esterno maggiore o uguale a 25 m.

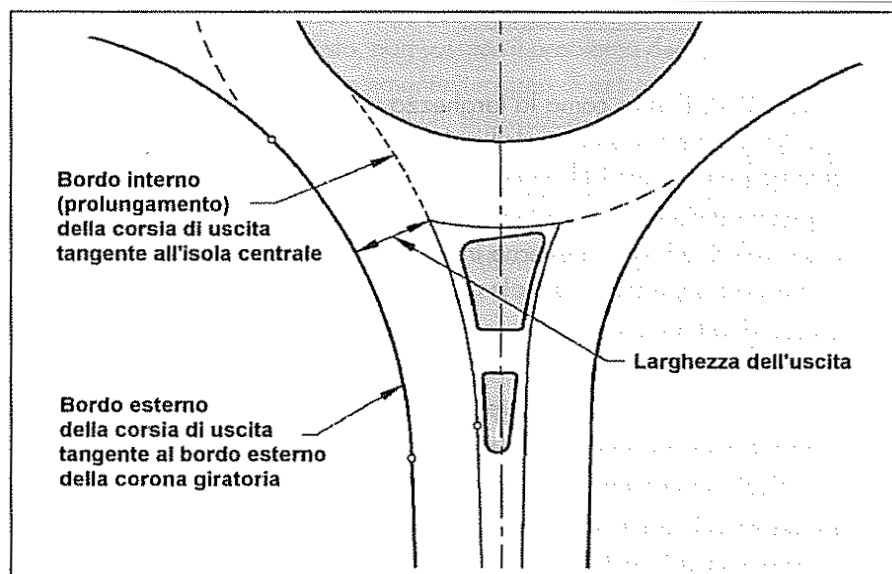


Figura 26- Costruzione geometrica di un'uscita.

- Svasatura s: è l'allargamento della corsia di entrata, pari alla differenza fra la larghezza normale e quella di accesso, rapportata alla lunghezza del tratto in cui avviene la variazione di larghezza, detta lunghezza di svasatura.

#### 1.8.4.3 Deflessione di una rotatoria

La regola principale per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo e, in particolare, le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale. Essendo lo scopo primario delle rotatorie un assoluto controllo delle velocità all'interno dell'incrocio, risulta essenziale che la geometria complessiva sia compatibile con velocità non superiori ai 50 km/h.



La determinazione della velocità caratteristica all'interno della corona giratoria, avviene attraverso l'individuazione della cosiddetta "traiettoria percorribile più velocemente" consentita dagli elementi geometrici. Di solito, la traiettoria percorribile più velocemente è quella relativa alla manovra di attraversamento e, per il suo corretto tracciamento, occorre riferirsi alle seguenti distanze dagli elementi geometrici:

- 1,50 m dal bordo dell'isola centrale;
- 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita (cfr. fig. 2.7).

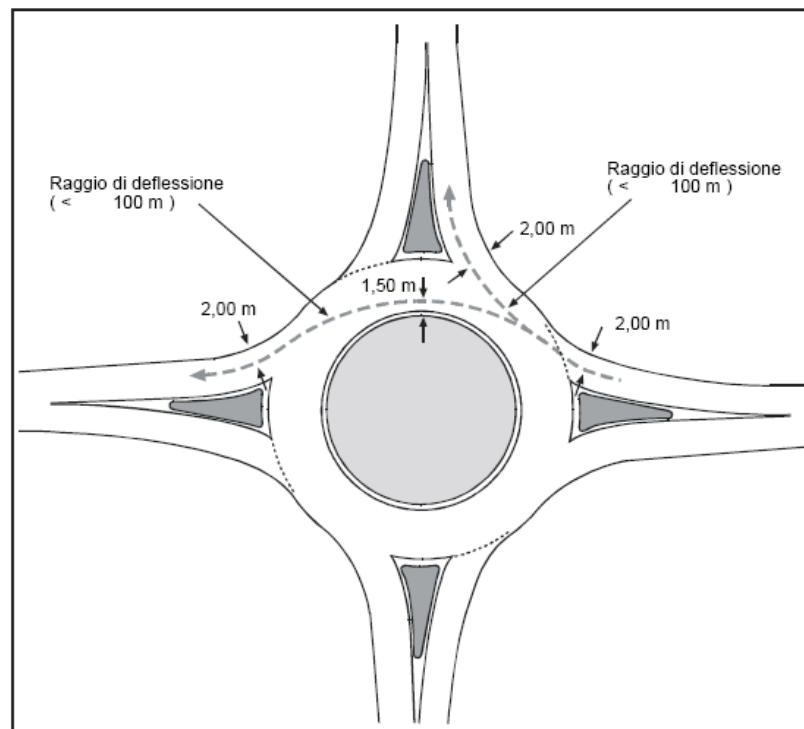


Figura 27- Deflessione di una rotatoria

Una volta individuata tale traiettoria, la velocità di progetto della rotatoria deve essere valutata con riferimento al raggio più piccolo presente lungo la medesima.

Per l'individuazione di tale raggio, è necessario determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione  $\beta$  (fig. 1.28). Secondo il DM 19.04.2006, per determinare  $\beta$ , bisogna aggiungere al raggio di

entrata  $R_{e,2}$  un incremento  $b$  pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  di almeno  $45^\circ$ .

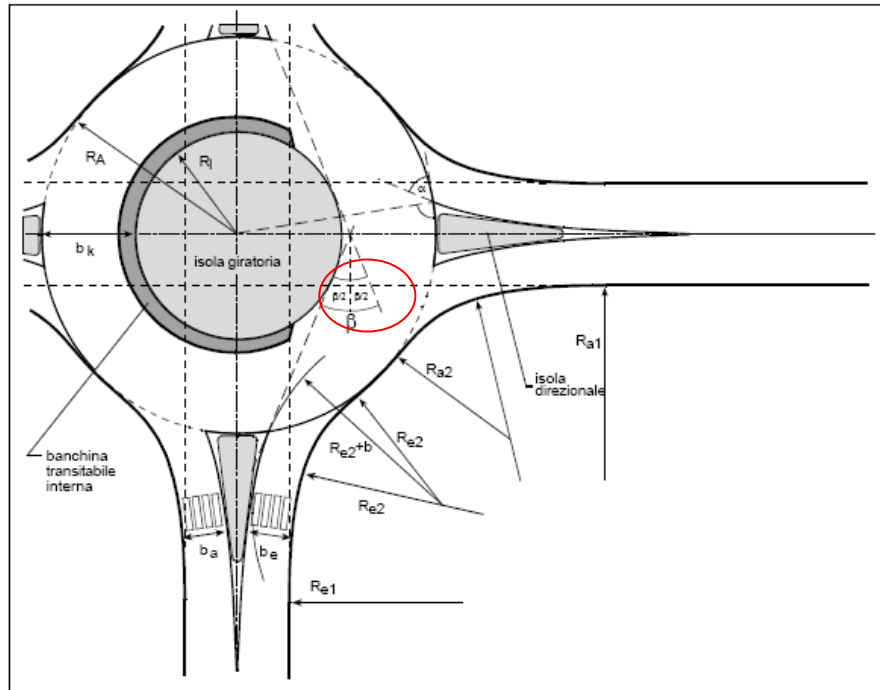


Figura 28 - Elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie

$b_e$	larghezza della corsia in entrata	$R_A$	raggio esterno
$b_a$	larghezza della corsia in uscita	$R_i$	raggio interno
$b_k$	larghezza dell'anello di circolazione	$\alpha$	angolo d'entrata
$R_{e,1}$ e $R_{e,2}$	raggi di entrata	$\beta$	angolo di deviazione
$R_{a,1}$ e $R_{a,2}$	raggi di uscita	$b$	arretramento di $R_{e,2}$

Tabella 5 -Riferimenti geometrici alla figura.

In particolare:

- **Re 1,2:** Il ciglio destro della carreggiata di ingresso è raccordato con il ciglio esterno dell'anello di circolazione centrale per mezzo di un raccordo costituito da due archi di cerchio. Per i raggi di entrata  $R_{e,1}$  ed  $R_{e,2}$  si adottano generalmente i valori riportati in tabella 1.6:

Ambito urbano		Ambito extraurbano	
$R_{e,2}$ [m]	10,00	$R_{e,2}$ [m]	12,00
$R_{e,1}$ [m]	$5 \cdot R_{e,2}$	$R_{e,1}$ [m]	$5 \cdot R_{e,2}$

Tabella 6- Valori caratteristici per i raggi d'ingresso .

- $\alpha$ : l'angolo di entrata  $\alpha$  rappresenta l'angolo tra la direzione di ingresso (individuata dalla tangente al ciglio sinistro della carreggiata di ingresso) e la tangente all'anello di circolazione. Tale angolo deve assumere valori pari a  $80^\circ \div 90^\circ$  per evitare velocità elevate e il mancato rispetto della precedenza; se non si possono evitare angoli di entrata minori di  $70^\circ$  è opportuno, per ragioni di sicurezza, realizzare una deviazione ben marcata per mezzo di un angolo  $\beta > 45^\circ$ .
- **Ra 1,2** – Il ciglio destro dell'anello di circolazione è raccordato con il ciglio della carreggiata del braccio per mezzo di un raccordo di uscita. In analogia con quanto detto per il raccordo di entrata, la geometria del bordo di connessione è costituita da due archi di cerchio. Per i raggi di uscita  $R_{a,1}$  ed  $R_{a,2}$  si adottano generalmente i valori riportati in tabella 1.7:

Ambito urbano		Ambito extraurbano	
$R_{a,2}$ [m]	12,00	$R_{a,2}$ [m]	14,00
$R_{a,1}$ [m]	$4 \cdot R_{a,2}$	$R_{a,1}$ [m]	$4 \cdot R_{a,2}$

Tabella 7 - Valori caratteristici per i raggi di uscita .

#### **1.8.4.4 La distanza di visibilità**

È importante che i conducenti prossimi all'immissione in rotatoria abbiano una visibilità sufficiente dei veicoli all'interno della stessa per poter modificare la propria velocità e quindi cedere il passaggio o eventualmente immettersi nell'anello.

Il DM 19.04.2006 illustra le modalità di verifica di questo criterio di visibilità che si possono riassumere nei seguenti passaggi fondamentali :

- Si pone il punto di osservazione dell'utente in ingresso ad una distanza di 15 m dalla linea di "dare la precedenza" coincidente con il bordo esterno dell'anello giratorio;
- Si fissa la posizione planimetrica del veicolo in immissione sulla mezzzeria della corsia di entrata in rotatoria (a una distanza minima di 1,5 m dal bordo laterale della carreggiata) e l'altezza di osservazione si colloca a 1,00 m sul piano viabile.

Con queste ipotesi, la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posto alla sinistra del ramo di accesso, con l'aggiunta dell'area posta al di sotto dello stesso, delimitata dalla retta avente le seguenti proprietà: passa per il punto di osservazione, è tangente al cerchio esterno ed interseca il prolungamento del raggio della rotatoria delimitante superiormente il quarto di corona giratoria.

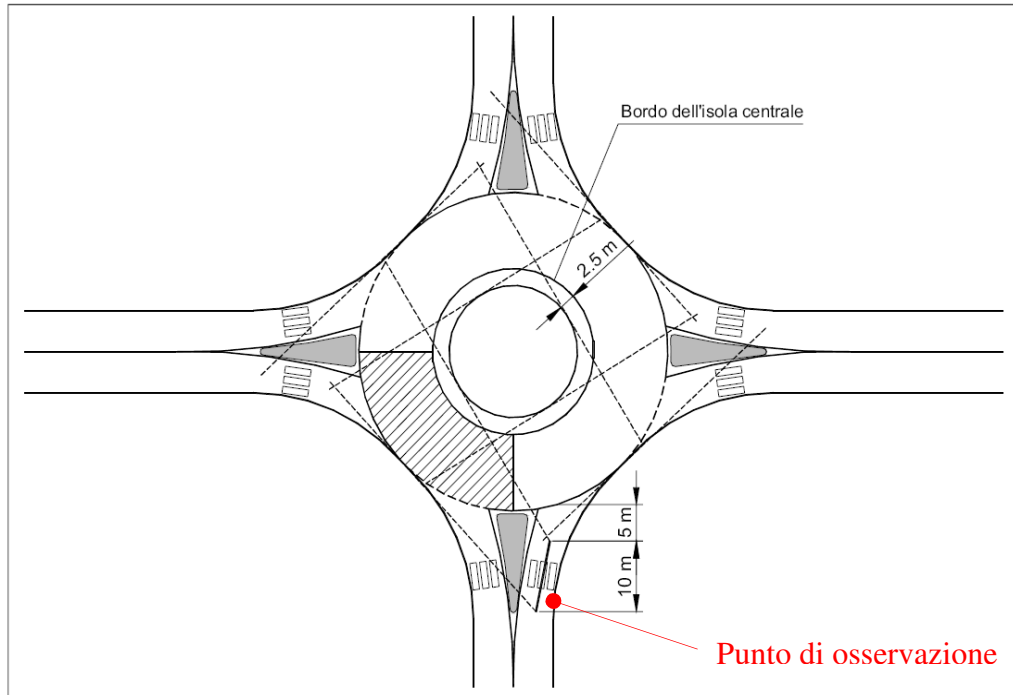


Figura 29- Campi di visibilità in un incrocio a rotatoria.

#### 1.8.4.4 Metodi principali per il calcolo della capacità di una rotatoria

Il corretto dimensionamento di una rotatoria deve tener conto della domanda di traffico, quindi è dovere del progettista calcolare la capacità dei bracci.

Con il termine capacità si indica il più piccolo valore di flusso sul ramo di ingresso che determina la presenza permanente di veicoli in attesa di immettersi. Tale valore è necessariamente dipendente dalla portata veicolare che percorre l'anello e dall'insieme dei flussi di entrata e uscita di ogni braccio. Per ottenere i valori della capacità di ogni braccio sono stati studiati vari metodi che necessitano della conoscenza della matrice OD e della geometria della rotatoria. I metodi più utilizzati nei vari paesi europei sono di tipo empirico; questi sono:

- il metodo di Kimber, studiato in Inghilterra. La formulazione dell'espressione per il calcolo della capacità per mezzo del metodo in esame è stata studiata tramite l'applicazione di tecniche di regressione lineare, attraverso la considerazione delle caratteristiche geometriche della rotatoria, con specifico riguardo alla larghezza delle entrate nell'anello .

$$C = k \cdot (F - f_c \cdot Q_c)$$

dove:

- C è la capacità del ramo (veic/h);
- $Q_c$  è il flusso circolante in opposizione al flusso in ingresso (veic/h);
- k, F,  $f_c$  sono parametri definiti dalla geometria della rotatoria.

Nella figura sotto sono rappresentate le caratteristiche geometriche che influenzano i valori di F e  $f_c$ :

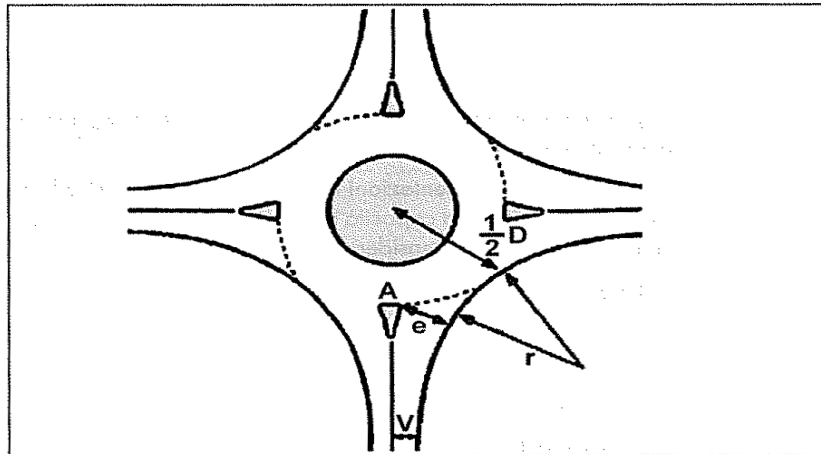


Figura 30- Parametri geometrici usati nel metodo di Kimber.

- Raggio di ingresso  $r$  ;
- Semi larghezza del ramo di ingresso  $V$ , misurata dal ciglio esterno della corsia di immissione, perpendicolarmente all'asse del ramo, prima dell'inizio della svasatura;
- Lunghezza media della svasatura  $L'$ . In Figura 1.31 è illustrato il procedimento geometrico per la corretta determinazione di questo parametro. A partire dal punto G, che consente di individuare la larghezza  $V$  definita in precedenza, si traccia la curva GD avente ampiezza costante (pari a  $V$ ) e punto finale sul segmento BA che definisce a sua volta la larghezza ( $e$ ) dell'entrata (Figura 1.30). Sul segmento BD di lunghezza pari a  $(e-V)$ , si individua un tratto (BC) pari alla metà dello stesso. Successivamente si traccia una curva parallela al ciglio esterno del ramo, passante per il punto C. Tale curva intersecherà la curva GD in un punto

indicato con la lettera F. La lunghezza media della svasatura ( $L'$ ) è proprio quella del tratto di curva avente per estremi i punti F e C;

- Acutezza svasatura S;

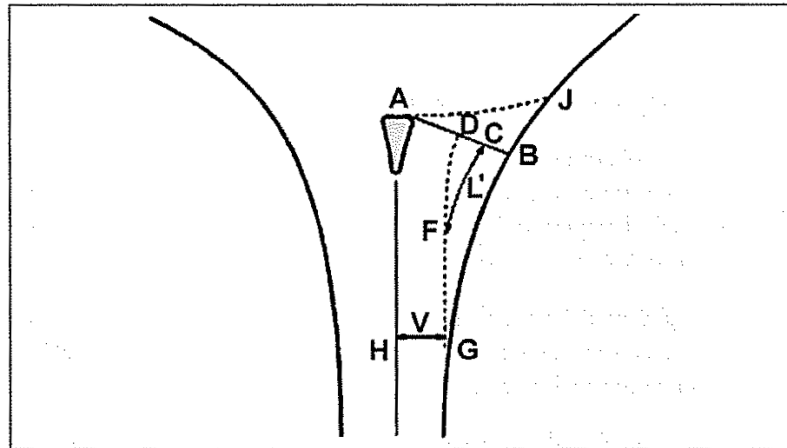


Figura 31- Lunghezza media della svasatura ( $L'$ ).

- Angolo di deflessione  $\Phi$ , che rappresenta l'angolo di conflitto tra i flussi di traffico entranti e circolanti. Nella figura 2.19 è mostrato il criterio per la determinazione di questo parametro:

1. AD è una linea parallela al percorso seguito dal flusso circolante, lungo il centro dell'anello centrale;
2. EF è una linea mediana (lungo l'intera lunghezza) tra il bordo esterno e la linea di mezzieria o lato esterno dell'eventuale isola centrale;
3. BC è la tangente a EF nel punto dove EF interseca la linea di precedenza:

“ $\Phi$ ” è pertanto misurato come l'angolo tra BC e la tangente a AD nel punto di intersezione delle due linee.

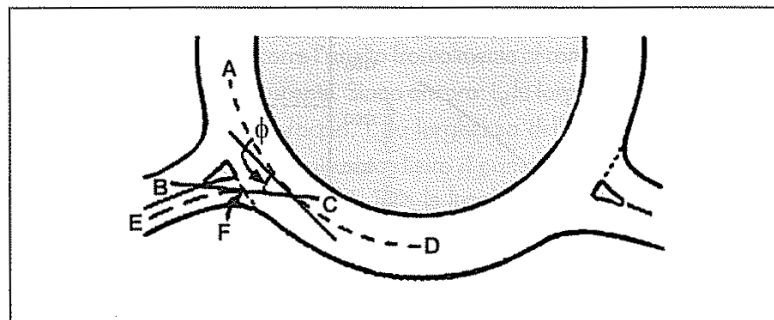


Figura 32- angolo di ingresso  $\Phi$ .

In questo modo possiamo calcolare tutti i parametri dell'equazione precedente tramite le seguenti formule:

$$F = 303 \cdot x_2$$

$$f_c = 0.21 \cdot t_D \cdot (1 + 0.2 \cdot x_2)$$

$$k = 1 - 0.00347 \cdot (\Phi - 30) - 0.978 \cdot \left( \frac{1}{r - 0.05} \right)$$

$$t_D = 1 + \frac{1}{2 \cdot \left[ 1 + \exp\left(\frac{D - 60}{10}\right) \right]}$$

$$x_2 = v + \frac{(e - V)}{(1 + 2 \cdot s)}$$

$$S = 1.6 \frac{(e - V)}{L'} = \frac{(e - V)}{L}$$

Una volta inseriti questi parametri e i flussi in circolo nell'intersezione, il software permettere non solo la valutazione della capacità, espressa in termini di RFC (ovvero rapporto flusso-capacità), ma anche la stima code e dei ritardi subiti dai veicoli. In figura 1.33 sono mostrati gli effetti sulla capacità di un ramo, indotti dalla variazione dei differenti parametri geometrici. In particolare si osserva che:

- la capacità di un ramo aumenta significativamente al crescere dei parametri  $V$ ,  $e$ ,  $r$  ed  $L'$ ;
- la capacità cresce lentamente con l'incrementarsi del diametro della corona giratoria ( $D$ );
- la capacità del braccio si riduce all'aumentare dell'angolo di ingresso;



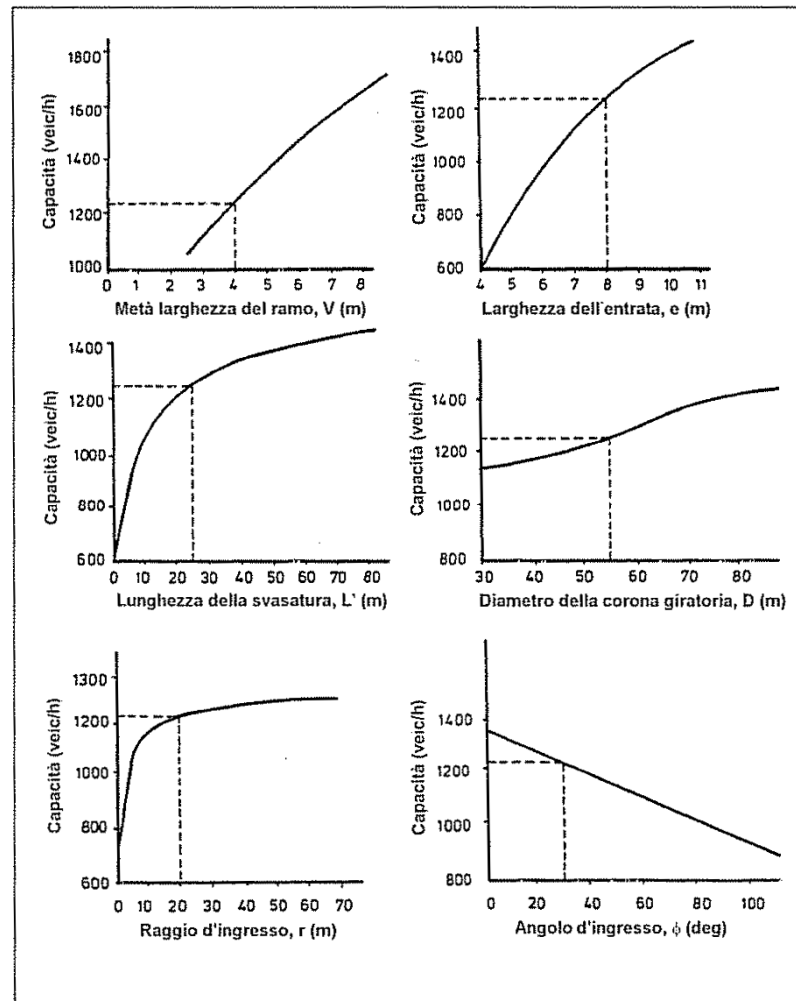


Tabella 8- Relazione tra capacità e elementi geometrici delle rotatorie secondo la procedura di Kimber.

- il metodo Setra-Cetur, elaborato in Francia; più precisamente in tale Paese vengono utilizzati il metodo SETRA per le rotatorie extraurbane e il metodo CETUR per le rotatorie urbane. In entrambi i metodi la capacità di entrata di un ramo non dipende solamente dal traffico presente nell'anello, ma anche da quello uscente, il quale interviene come parte del traffico di disturbo. Il traffico di disturbo dipende dalla larghezza dell'anello e dalla larghezza dell'isola di separazione. Si è constatato che la variabile geometrica più rilevante è la larghezza dell'entrata, infatti per ogni incremento di 1 m a partire dal valore minimo di 3.5 m la capacità aumenta del 10%. La larghezza dell'anello, invece, non ha molta

influenza. Il metodo Setra-Cetur può essere applicato più facilmente rispetto al metodo Kimber, in quanto richiede la conoscenza di un minor numero di variabili geometriche.

Sia  $C$  la capacità del braccio, il metodo del SETRA definisce  $C$  funzione delle caratteristiche geometriche e di traffico (v. figura 1.33):

$$C = f(Q_c, Q_u, SEP, ANN, ENT)$$

La procedura di calcolo della capacità si compone di tre fasi:

1. si calcola il traffico uscente equivalente  $Q'_u$  come funzione di  $Q_u$  e di  $SEP$ :

$$Q'_u = Q_u \frac{15 - SEP}{15}$$

assumendo  $Q'_u = 0$  se  $SEP \geq 15m$

2. si determina il traffico di disturbo  $Q_d$  come funzione di  $Q_c$ , di  $Q'_u$  e di  $ANN$ :

$$Q_d = \left( Q_c + \frac{2}{3} Q'_u \right) [1 - 0.085 \cdot (ANN - 8)]$$

si calcola la capacità  $C$  del braccio mediante la relazione :

$$C = (1330 - 0.7Q_d) [1 + 0.1 \cdot (ENT - 3.5)].$$

- il metodo di Bovy, di origine svizzere, è simile al metodo SETRA, poiché tiene conto delle esperienze condotte in Francia. L'analisi del traffico, in questo caso, viene condotta valutando la capacità delle singole entrate e ricavando la portata massima per ognuna di esse. Oltre alla capacità di entrata si calcola anche la capacità al punto di conflitto col traffico circolante nell'anello, come nel caso di una intersezione a T, in cui si deve tener conto del flusso uscente dal ramo precedente a quello considerato, in quanto esso influenza il flusso entrante. E' stato inoltre sottolineato che oltre certi limiti il diametro della rotonda non ne influenza la capacità. Il diametro è in pratica determinato soprattutto dalle traiettorie dei veicoli pesanti in relazione alla velocità ammessa nell'anello.

Il metodo in esame si basa sulla seguente equazione:

$$C = \frac{1}{\gamma} \left( 1500 - \frac{8}{9} \cdot Q_d \right)$$

dove:

il valore  $\gamma$  dipende dal numero di corsie in entrata:

$\gamma = 1$  per 1 corsia;

$\gamma = 0.667$  per 2 corsie;

$\gamma = 0.5$  per 3 corsie.

Il valore del traffico di disturbo  $Q_d$  è dato sia dal traffico circolante  $Q_c$  sia da quello uscente nello stesso ramo  $Q_u$ :

$$Q_d = \alpha \cdot Q_u + \beta \cdot Q_c$$

il valore di  $\alpha$  è ottenibili dal grafico in figura 1.9 ed è funzione di  $l$  (distanza tra il punto di conflitto in uscita e quello in entrata): la spezzata “a” è relativa a una velocità del flusso sull’anello pari a 20÷25 Km/h; la “b” per  $V > 20 \div 25$  e “c” per  $V < 20 \div 25$ .

$\beta = 0.9 \div 1.0$  per una corsia,  $\beta = 0.6 \div 0.8$  per due corsie e  $\beta = 0.5 \div 0.6$  per tre corsie.

- il metodo di Brilon, di derivazione tedesca. In questo caso sono stati esaminati i periodi di saturazione di diverse entrate di numerose rotatorie; sono poi state stabilite le condizioni di saturazione in funzione della capacità del flusso entrante e del flusso circolante e infine è stata fatta una regressione che ha condotto ad una formula di tipo esponenziale negativo, in cui sono presenti coefficienti che dipendono dal numero di corsie nell’anello ed in entrata. Le stime derivanti da tale equazione devono venire opportunamente ridotte perchè fanno riferimento a condizioni di saturazione, che risultano inopportune per il normale esercizio della rotatoria.

Il metodo in esame si basa sulla seguente equazione:

$$C = 3600 \left( 1 - \frac{\Delta \cdot \frac{Q_c}{3600}}{n_c} \right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{T_f} \cdot \exp \left[ \frac{-Q_c}{3600} \cdot \left( T_c - \frac{T_f}{2} - \Delta \right) \right]$$

dove:

$Q_c$  = flusso circolante;

$n_c$  = numero corsie anello;

$n_e$  = numero corsie ingresso;

$T_c$  = intervallo critico (4.1 sec);

$T_f$  = tempo di sequenza (2.9 sec);

$\Delta$  = minimo distanziamento tra i veicoli circolanti all'anello (2.1 sec).

## **1.8.5 Vantaggi e svantaggi delle rotatorie**

### **1.8.5.1 Vantaggi**

- la moderazione della velocità di approccio, favorita dall'obbligo di dare la precedenza ai veicoli sulla corona giratoria e dalla percorrenza di traiettorie che inducono a significative riduzioni di velocità. La figura mostra le velocità tipiche dei veicoli che si immettono in una rotatoria urbana, che la attraversano e che escono da essa. Per velocità iniziali di 40 km/h, 55 km/h e 70 km/h, la decelerazione ha inizio a partire da circa 80 metri dal centro dell'isola centrale. Poi, all'interno della corona giratoria, i valori di velocità sono pressoché uniformi per tutti gli utenti; ciò è sintomatico del fatto che gli utenti sono invogliati dalla geometria dell'incrocio a percorrere le traiettorie a bassa velocità e, quindi, in modo sicuro;

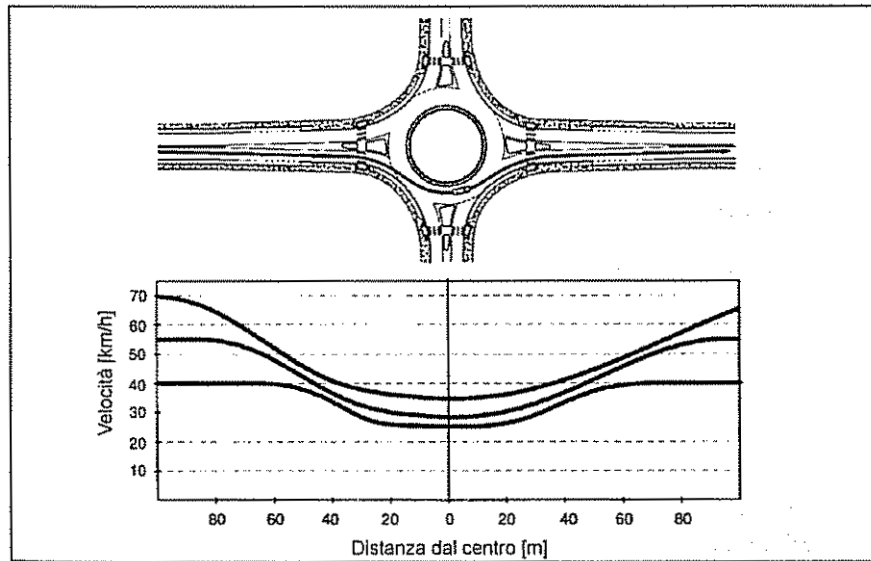


Figura 33 - Esempi di profili di velocità per una rotatoria urbana.

- il miglioramento della sicurezza, grazie all'eliminazione dei punti di conflitto di attraversamento che si instaurano tra correnti veicolari (che tradizionalmente sono la causa degli incidenti più gravi). In figura 1.34 appare che una rotatoria a 4 rami, con una corsia nell'anello e all'entrate, ha 8 punti di conflitto contro i 32 di un incrocio analogo;

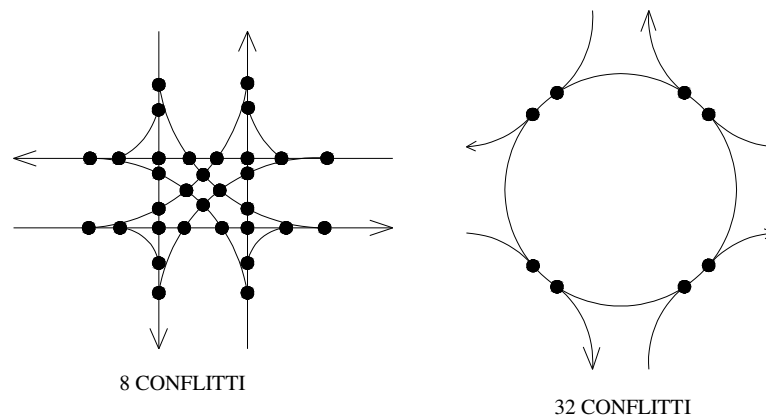


Figura 34 - Punti di conflitto nelle intersezioni a raso .

- la riduzione dei tempi di fermata rispetto a quelli riscontrabili sulle intersezioni regolate da lanterne semaforiche, in quanto la rotatoria viene utilizzata in modo continuo;
- la diminuzione delle emissioni sonore, dovuta ad un insieme di fattori: velocità inferiori, guida meno aggressiva che non richiede né brusche frenate né improvvise accelerazioni;
- la diminuzione del consumo di carburante rispetto agli incroci a controllo semaforico; ciò si traduce in una riduzione delle emissioni inquinanti;
- la duttilità d’inserimento nel tessuto urbano specialmente nel caso in cui si debbano raccordare alla rotatoria più rami di differente importanza.
- la capacità è superiore a quella di un incrocio ordinario;
- la flessibilità degli itinerari data dalla possibilità di inversione di marcia.
- Riduzione della superficie occupata in particolare per quel che riguarda le miniroatorie con isola centrale sormontabile permettono spesso di recuperare spazio rispetto alle soluzioni semaforizzate che richiedono la creazione di corsie multiple di preselezione, di migliorare la fluidità del traffico ampliando lo spazio destinato alla circolazione pedonale.
- Limitazione dei costi in quanto la rotatoria è, rispetto a un impianto semaforico, una soluzione più economica; anche in termini di manutenzione la rotatoria risulta essere più economica dell’impianto semaforico.
- Semplificazione della segnaletica verticale che risulta poco ingombrante e facilmente comprensibile sia della segnaletica orizzontale che, non prevedendo corsie di canalizzazione del traffico, è estremamente limitata.
- Miglioramento della qualità dello spazio pubblico in quanto essendo evidenziate architettonicamente permettono di evidenziare l’entrata di una località contribuendo a una migliore percezione del territorio

La realizzazione di una rotatoria è, quindi, particolarmente raccomandata nelle seguenti condizioni:

- intersezioni in cui i volumi di traffico sono tali per cui la regolamentazione tramite il segnale di “Stop” o di “Dare la precedenza” genera ritardi inaccettabili per la strada secondaria;

- nel caso di incroci in cui è elevato il perditempo causato dalla regolazione semaforica;
- nelle intersezioni caratterizzate da un'elevata percentuale di svolta a sinistra;
- nelle aree dove si vuole ridurre l'inquinamento, sia acustico che atmosferico, di origine veicolare attraverso la fluidificazione del traffico e la riduzione delle manovre di "stop and go";

#### **1.8.5.2 Svantaggi**

- forti condizionamenti imposti dai siti per il corretto posizionamento, l'adeguato dimensionamento e la regolare funzionalità delle rotatorie, quali la mancanza di spazio o, comunque, un contesto eccessivamente costruito che non consente sufficiente visibilità e raggi di curvatura congruenti o le irregolarità plano-altimetriche;
- frequente presenza di traffico di veicoli pesanti e carichi eccezionali e la mancanza di spazio per garantire un corretto dimensionamento della struttura;
- presenza, a valle di alcuni rami della rotatoria, di sistemi di controllo del traffico che potrebbero causare una colonna che risale fino ad intasare l'anello;
- presenza di strade con caratteristiche di volumi di traffico molto differenti; in generale è sconsigliato l'utilizzo della rotatoria quando il rapporto tra flusso su arteria secondaria e quello sull'asse principale è inferiore al 20%;
- incremento, oltre il limite della tollerabilità, della lunghezza dei percorsi pedonali in ambito urbano;
- presenza di condizioni topografiche che non permettono di ottenere delle distanze di visibilità sufficienti per la sicurezza dell'utente.
- contemporanea presenza di mezzi pesanti e di veicoli a due ruote lo schema a rotatoria si è rivelato notevolmente pericoloso;

## CAPITOLO 2

### LE ANALISI DI SICUREZZA DELLE INTERSEZIONI

#### 2.1 Introduzione

Nell'Unione Europea nel solo anno 2001 le vittime sulla strada sono state 50000.

Si è posto l'obiettivo di dimezzare questi decessi entro il 2010.

Nel 2005 c'è stata una riduzione del 17,5% degli incidenti pari a 41600 vittime.

Ciò significa che per il 2010 il numero di morti sarà di 32500 in disaccordo con l'obiettivo prefissato di 25000.

Tra il 1994 e il 2000 il numero di decessi della strada è diminuito del 2% mentre il numero di incidenti è aumentato.

Tra il 2001 e 2005 la diminuzione è stata del 5% anno; il numero di incidenti ha avuto una diminuzione del 4% .

Le utenze deboli sono le categorie più colpite secondo le statistiche incidentali: tra il 2000 e il 2003 i motociclisti morti è aumentato del 5,6%.

La fascia più colpita sono i giovani tra 18 e 25 anni che nel 2003 rappresentava il 21% delle vittime. I pedoni e i ciclisti hanno evidenziato un trend negativo rispettivamente con 5400 e 2000 vittime. Per i pedoni il 27% hanno una età di oltre 65 anni.

I luoghi con il più alto tasso di vittime sono situati fuori dai centri abitati con il 60% del totale mentre nei centri abitati si attestano al 31%. In autostrada la percentuale delle vittime è circa il 9%.



## **2.2 Circolare 3699. Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade**

### **2.2.1 Il significato delle analisi di sicurezza**

Le normative definiscono l'analisi di sicurezza delle strade come “*un esame formale di un progetto di una nuova strada, di un piano del traffico, di una strada esistente, o di qualsiasi progetto che interagisca con gli utenti della strada, in cui un indipendente e qualificato gruppo di esaminatori riferisce sui potenziali pericoli di incidente e sulle prestazioni in termini di sicurezza*”.

Le analisi di sicurezza si dividono in :

- Road safety audit se riferito ai progetti
- Road safety review se riferito alle strade in esercizio.

Rappresentano un valido supporto per trovare in un tratto di strada le problematiche legate alla circolazione del traffico e più in specifico cercano di prevenire situazioni che possono creare incidenti.

Sono caratterizzate da:

- Tempi di esecuzione ridotti (circa una settimana)
- Facilità di esecuzione che implica un basso costo
- Metodi utilizzabili in vari tipi di strada e in uno o più punti di un tratto esaminato.

L'analisi di sicurezza è sostenuta dall'analisi dei punti neri che consiste nell'evidenziare i punti più critici e a più alto rischio di incidenti nell'infrastruttura. Lo studio degli incidenti ha lo scopo di classificare i tratti di strada a debole, media e forte incidentalità.

Per l'ultima categoria vengono comparati due tipi di difetti:

- *Difetti esistenti*: sono quelli effettivamente presenti Nell'infrastruttura, e la loro determinazione è la base per attuare le procedure del Road Safety Review.
- *Difetti possibili*: sono quelli ipotizzabili valutando i dati incidentali, che vengono studiati attentamente per poter determinare l'incidente critico cioè la tipologia di incidente più frequente in un punto della strada.

### **2.2.2 Obbiettivi delle analisi di sicurezza**

I principali obbiettivi delle analisi di sicurezza sono:

- Trovare le problematiche nei nuovi progetti e procedere alla loro eliminazione o riduzione con il minimo costo;
- Nelle strade esistenti trovare gli elementi potenzialmente pericolosi procedendo ad eliminarli o ridurli;
- Verificare che le disposizioni prese diminuiscano il numero e l'entità degli incidenti;
- Valutare che le norme in materia di sicurezza siano tenute in considerazione nella pianificazione, progettazione, costruzione, gestione e manutenzione di infrastrutture stradali;
- Il nuovo progetto non deve generare incidenti in altri luoghi;
- Abbassare il costo totale di gestione delle infrastrutture stradali
- Informare sugli aspetti della sicurezza tutte le figure professionali legate alla pianificazione, progettazione, costruzione, gestione e manutenzione di infrastrutture stradali.

### **2.2.3 I potenziali vantaggi delle analisi di sicurezza**

I principali vantaggi delle analisi di sicurezza sono:

- Aumento della consapevolezza delle linee guida sulla sicurezza stradale;
- Diminuzione degli interventi nelle strade esistenti;
- Maggior consapevolezza delle problematiche legate alle utenze deboli;
- Abbattimento del costo del ciclo di vita delle infrastrutture con relativo abbattimento del costo di incidentalità;

### **2.2.4 Approccio concettuale alle analisi di sicurezza**

Gli aspetti da prendere in considerazione nello studio della sicurezza dell'infrastruttura sono:

- *Visibilità*: cioè la quantità di dati visivi che la persona deve percepire in tempo per poter variare i propri comportamenti e adattarsi alle diverse situazioni.

- *Leggibilità*: è la caratteristica che ha un tracciato di dare informazioni esatte e chiare del tratto che si sta percorrendo, valutando la velocità da tenere e la traiettoria da seguire .
- *Equilibrio dinamico del veicolo*
- *Possibilità di recupero*: cioè quei tratti che danno l'opportunità di effettuare quelle manovre utili ad evitare incidenti
- *Sicurezza passiva*: rappresentati dalla sistemazione dei margini, posizionamento e protezione di elementi come alberi, impianti, segnali e cartelli pubblicitari.
- *Coerenza*: degli elementi stradali e del contesto (urbano,suburbano ed extraurbano) di inserimento.

### **2.3 Analisi preventiva della sicurezza per le strade in esercizio**

#### **2.3.1 Peculiarità dell'analisi preventiva della sicurezza stradale per le strade in esercizio**

È una procedura utilizzata per le strade esistenti in esercizio e ha lo scopo di individuare le problematiche legate all'infrastruttura generatrici di incidenti stradali. Lo studio approfondito delle caratteristiche dell'infrastruttura come la geometria della strada, la segnaletica orizzontale e verticale, le condizioni e tipologia della pavimentazione, dispositivi di sicurezza attiva e passiva, dati incidentali e tipologia di traffico renderà l'analisi più precisa.

#### **2.3.2 Attività dell'ente gestore a valle dell'analisi di sicurezza ed il monitoraggio degli interventi**

L'ente gestore occupa un ruolo fondamentale nella riuscita dell'analisi di sicurezza. Le azioni che deve eseguire una volta effettuata l'analisi sono:

- 1) Compilazione, di un *rapporto di azioni correttive* che verrà spedito al ministro dei lavori pubblici-ispettorato generale per la circolazione e sicurezza stradale il tutto in un periodo di tempo non superiore ai trenta giorni.

Le azioni correttive si dividono in:

- Raccomandazioni approvate che vengono sottoposte ad eventuali correzioni ed eseguite in tempi brevi
  - Raccomandazioni approvate ma eseguite in futuro
  - Raccomandazioni non accettate
- 2) Compilazione, da parte del committente, del *rapporto di implementazione delle raccomandazioni* da inviare al ministero dei lavori pubblici e al gruppo di analisi, il tutto entro un anno dalla consegna del rapporto di analisi.

Il rapporto si articola in:

- Descrizione delle raccomandazioni implementate: lavori eseguiti, data di realizzazione, costi e progetti.
  - Descrizione dei lavori eseguiti e operazioni di manutenzione effettuate.
  - Programma di attuazione delle raccomandazioni
  - Dati di traffico e di incidentalità relativi all'ultimo anno e se possibile quelli relativi all'ultimo quinquennio prima dell'analisi.
- 3) Compilazione da parte del committente del rapporto di monitoraggio che è redatto ogni due anni e deve comprendere le stesse argomentazioni del rapporto di implementazione.

Gli obiettivi del *rapporto di azioni correttive* del *rapporto di implementazione delle raccomandazioni* sono:

- Osservazione e spiegazione delle azioni dovute all'analisi di sicurezza;
- Esaminare le potenzialità dell'analisi di sicurezza e delle raccomandazioni;
- Ottenere informazioni da utilizzare per le successive analisi di sicurezza;

### **2.3.3 Gli studi di sicurezza per la classificazione della viabilità in esercizio**

Il criterio per affrontare gli studi della sicurezza si attua in due momenti:

- 1) Evidenziare l'incidentalità del tratto studiato procedendo per fasi con lo scopo di classificarla in debole, media e forte incidentalità.

Le fasi comprendono:

- a) la raccolta di informazioni inerenti l'infrastruttura:
- geometria della strada;

- segnaletica ed eventuali limitazioni;
  - tipologia e stato pavimentazione;
  - dispositivi di sicurezza e impianti;
  - condizioni ambientali;
  - traffico (entità, composizione, fenomeni di stagionalità);
  - incidenti relativi a un periodo di tempo;
- b) studio quantitativo degli incidenti:
- calcolo del tasso di incidentati e del tasso di incidentalità;
  - creazione di diagrammi-itinerario;
  - individuazione tronchi omogenei;
- 2) studio approfondito della sicurezza nel tratto di strada esaminato

#### **2.3.4 Articolazione delle procedure di analisi della sicurezza**

La procedura di analisi per le strade in esercizio si divide in tre fasi:

- 1) *analisi preliminare*
- 2) *ispezioni in sito*
- 3) *analisi delle problematiche e redazione rapporto di analisi*

- *analisi preliminare*

Consiste in elaborati da consegnare al gruppo che dovrà effettuare l'analisi di sicurezza. Se è stata effettuata una procedura di analisi di sicurezza del progetto (road safety audit) allora il contenuto degli elaborati comprenderà:

- planimetria generale;
- fascicoli di controlli precedenti;
- documentazione specialistica;
- rapporto di analisi;
- rapporto azioni correttive;
- dati di traffico: composizione del flusso, volume del flusso, velocità operativa;
- dati incidentali suddivisi per tipologia di strada e periodi temporali:
  - strada urbana (periodo 3-5 anni)
  - strada extraurbana (periodo 5-7 anni)

Per ogni incidente verrà estrapolato:

- progressiva;
- numero di feriti/morti;
- numero e tipo di veicoli e utenti coinvolti;
- tipo di collisione;
- condizione di illuminazione;
- condizione fondo stradale;

Elaborando questi dati si individueranno:

- punti neri (zone con più alto tasso di incidentalità);
- tipologie di incidenti più rilevanti.

Per rendere l'analisi più completa e specifica si potranno utilizzare:

- diagrammi con:
  - numero di incidenti per progressiva;
  - numero di feriti/morti per progressiva;
- comparazione tra tipologia di incidente e fattore di rischio della strada in esame;
- incidenti in condizione di strada bagnata e illuminazione notturna.

Prima di procedere alla seconda fase il gruppo di analisi dovrà elaborare:

- planimetria con i punti più critici di incidentalità;
- planimetria con le progressive chilometriche;
- modello dove annotare commenti in corrispondenza di progressive chilometriche;

- ispezioni in sito

Viene fatto da un membro dell'amministrazione che gestisce la strada più il gruppo di analisi composto da 3 persone che si alternano alla guida; il tratto esaminato verrà percorso più volte in entrambi i sensi di marcia sia di giorno che di notte. Il capogruppo dovrà garantire alcune regole per l'ispezione:

- guida in sicurezza;

- vigilare che il conducente non abbia comportamenti che lo distraggano dalla guida;
- utilizzare luci lampeggianti quando si procede a velocità moderata o ci si accosta in carreggiata;
- utilizzare abbigliamento opportuno per condizioni di visibilità scarsa quando si scende dal veicolo;

⇒ tipologia di ispezione

Il gruppo di analisi si suddivide in:

- persona A (capogruppo);
- persona B;
- persona C;

a) Percorrenza della strada di giorno a velocità normale:

- il capogruppo guida;
- la persona B filma il percorso con una videocamera;
- la persona C prende nota sui problemi che emergono;

b) Percorrenza strada di giorno a bassa velocità:

- la persona B guida;
- il capogruppo prende nota sui problemi che emergono;
- la persona C filma o fotografa zone di interesse per l'analisi;

c) Si valuta se sia necessario un esame più dettagliato di alcune zone e in casi opportuni si eseguono ispezioni a piedi;

- Il capogruppo esegue le fotografie;
- Le persone B e C prendono nota;

d) Percorrenza strada di notte a velocità normale

- la persona C guida;
- il capogruppo e la persona B prendono nota;

- Analisi delle problematiche e redazione rapporto di analisi

In sede appropriata il gruppo di analisi valuta i problemi riscontrati durante l'ispezione del sito e ipotizza le possibili soluzioni caratterizzati da interventi di basso costo e bassi tempi di realizzazione.

Per lo studio della sicurezza è necessario introdurre il concetto dell'*analisi del rischio*. Grazie a questa analisi il gruppo di studio evidenzia il fatto che la presenza di determinati problemi possono essere causa di incidente e che per mezzo di raccomandazioni possono essere diminuiti o eliminati. Questo procedimento può essere integrato con una analisi benefici costi.

Per ogni problema si valuta:

- *frequenza di incidenti* calcolata per mezzo di due parametri:
  - esposizione al rischio;
  - probabilità di incidente;
- *gravità di incidenti* calcolata per mezzo dei seguenti parametri:
  - tipologia di incidenti;
  - tipo di utente coinvolto;
  - caratteristiche infrastrutturali;
  - ambiente circostante;

Alla frequenza e gravità di incidenti è attribuito un punteggio, il prodotto dei due punteggi da la misura del rischio.

Lo studio dei problemi è attuato secondo metodologie sistematiche:

- valutazione della tipologia di incidente che può verificarsi in futuro;
- creazione di una lista con le problematiche generali più diffuse lungo il tracciato;
- spiegazione delle raccomandazioni per la soluzione delle problematiche generali;
- dichiarazione di una lista dei problemi specifici riscontrati lungo il tracciato;
- dichiarazione delle raccomandazioni per la soluzione dei problemi specifici lungo il tracciato;
- dichiarazione di una lista di problematiche specifiche nelle intersezioni;
- dichiarazione delle raccomandazioni per la soluzione dei problemi specifici nelle intersezioni;
- analisi del rischio nello scenario presente e futuro;



- valutazione delle foto e dei video per studiare più approfonditamente i problemi riscontrati;
- valutazione delle liste di controllo per accertare se qualche problema è stato trascurato;
- stesura di un rapporto di analisi temporaneo effettuata dal capogruppo;
- valutare la possibilità di una ispezione aggiuntiva;
- correzione, da parte del gruppo di analisi, del rapporto provvisorio;
- stesura del rapporto finale di analisi;

### **2.3.5 Durata delle analisi di sicurezza**

La durata delle analisi è abbastanza breve, di solito non supera la settimana. Il primo giorno viene effettuata l'analisi preliminare e l'incontro col committente. Il secondo giorno avviene l'ispezione del sito sia di giorno che di notte. Il terzo giorno si valutano le analisi delle problematiche e redazione del rapporto di analisi provvisorio. Il quarto giorno avviene la redazione del rapporto finale di analisi e incontro di completamento dell'analisi con il committente.

## **2.4 Direttiva del parlamento europeo e del consiglio sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali**

### **2.4.1 introduzione**

L'infrastruttura gioca un ruolo fondamentale nell'ambito della sicurezza stradale. Agendo su di essa con metodologie mirate è possibile diminuire sensibilmente l'incidentalità. Il punto di partenza per migliorare la sicurezza è investire nella ricerca e diffondere i dati ottenuti. Il passo successivo è l'individuazione dei punti critici nell'infrastruttura e adottare misure correttive per diminuire l'incidentalità.

Infine si attuano le analisi di sicurezza che rappresentano un utile supporto di prevenzione dei pericoli presenti sulla strada.

Gli stati membri per garantire un livello di sicurezza stradale ottimale devono agire su metodologie di gestione della sicurezza della infrastruttura.

La comunicazione di tali procedure alla commissione e la compilazione di relazioni dove si evidenziano le soluzioni più efficaci servono per progredire nel campo della sicurezza. Per garantire l'introduzione di standard di sicurezza dell'infrastruttura è stata adottata una direttiva che si pone l'obiettivo di :

- Migliorare la sicurezza delle nuove strade con continui aggiornamenti nel settore della sicurezza;
- Aumentare il livello di sicurezza negli stati membri dell'unione;
- Azione di sensibilizzazione nel settore della sicurezza affinché si prendano provvedimenti in termini di pianificazione e progettazione;
- Rendere più chiari gli effetti dei provvedimenti che riguardano la sicurezza;
- Possibilità di raccogliere e diffondere le esperienze disponibili per poter utilizzare nel miglior modo possibile i risultati della ricerca;
- Utilizzo di fondi per la realizzazione e manutenzione delle strade;
- Potenziare la raccolta, il trattamento e la diffusione delle informazioni inerenti la sicurezza.

La direttiva si compone dei seguenti articoli:

#### *Articolo 1*

#### **Oggetto e campo d'applicazione**

1. La presente direttiva stabilisce procedure relative alle valutazioni d'impatto sulla sicurezza stradale, agli audit sulla sicurezza stradale ed alle ispezioni di sicurezza.
2. La presente direttiva si applica alle strade che fanno parte della rete pubblica transeuropea, siano esse in fase di progettazione, in costruzione o già funzionanti.

Essa non si applica alle gallerie disciplinate dalla direttiva 2004/54/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

*Articolo 2*

**Definizioni**

Ai fini della presente direttiva si applicano le seguenti definizioni:

1. rete stradale transeuropea”: la rete stradale descritta nell’allegato I, sezione 2, della decisione n. 1692/96/CE;
2. “organo competente”: qualsiasi organismo pubblico o privato, istituito a livello nazionale, regionale o locale, che partecipa, in funzione delle proprie competenze, all’attuazione della presente direttiva;
3. “valutazione d’impatto sulla sicurezza stradale”: un’analisi comparativa strategica dell’impatto di una nuova strada o di una modifica sostanziale della rete esistente sul livello di sicurezza della rete stradale;
4. “audit della sicurezza stradale”: controllo accurato, sistematico e tecnico delle caratteristiche di un progetto di costruzione di un’infrastruttura stradale dal punto di vista della sicurezza, nelle diverse fasi dalla pianificazione all’inizio del funzionamento;
5. “tratto stradale ad alto rischio”: una sezione della rete stradale aperta al traffico da oltre un anno ed in cui è stato registrato un numero considerevole di incidenti mortali o gravi;
6. “miglioramento della sicurezza nella rete stradale in funzionamento”: la riduzione del numero di incidenti futuri incentrando le misure correttive sulle sezioni della rete in cui, nel corso degli anni precedenti, si sono verificati incidenti con maggiore frequenza ed in cui il potenziale di riduzione dei costi connessi agli incidenti è il più elevato;

7. “ispezione di sicurezza”: l’esame periodico, dal punto di vista della sicurezza, di una strada aperta al traffico;
8. “orientamenti”: le misure, adottate dagli Stati membri o dagli organi competenti, che definiscono le tappe da seguire e gli elementi da prendere in considerazione al momento dell’applicazione delle procedure di sicurezza fissate nella presente direttiva;
9. “progetto d’infrastruttura”: un progetto relativo alla costruzione di infrastrutture nuove ovvero al riassetto di infrastrutture esistenti che potrebbe avere un’incidenza significativa sulla sicurezza stradale.

*Articolo 3*

**Valutazione d’impatto sulla sicurezza stradale**

1. Gli Stati membri assicurano che una valutazione d’impatto sulla sicurezza stradale sia effettuata per tutte le diverse varianti dei progetti d’infrastruttura.
2. La valutazione d’impatto sulla sicurezza stradale va effettuata durante la fase di pianificazione iniziale, anteriormente all’approvazione del progetto d’infrastruttura conformemente ai criteri di cui all’allegato 1.
3. La valutazione d’impatto sulla sicurezza espone le considerazioni in materia di sicurezza stradale che hanno portato a scegliere la soluzione proposta. Essa fornisce inoltre le informazioni necessarie all’analisi costi/benefici delle diverse opzioni valutate.

*Articolo 4*

**Audit della sicurezza stradale**

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché siano effettuati audit della sicurezza stradale per tutti i progetti d'infrastruttura.
2. Gli audit della sicurezza stradale sono effettuati conformemente ai criteri stabiliti all'allegato II della presente direttiva.
3. Gli Stati membri garantiscono che venga designato un revisore per effettuare l'audit alle caratteristiche di ideazione di un progetto d'infrastruttura.
4. L'audit costituisce parte integrante del processo di ideazione del progetto d'infrastruttura nelle fasi dello studio di fattibilità, degli studi preliminari, della progettazione particolareggiata, nella fase di ultimazione e nella prima fase di funzionamento.
5. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché il controllore definisca, in una relazione d'audit per ciascuna fase del progetto, gli aspetti della progettazione che possono rivelarsi critici per la sicurezza e formuli raccomandazioni atte a correggere gli aspetti pericolosi eventualmente messi in luce. Se i suddetti aspetti pericolosi sono messi in evidenza nel corso dell'audit ma la progettazione non viene rettificata prima della conclusione della fase di cui trattasi, in base alle indicazioni dell'allegato II, l'organo competente è tenuto a giustificare tale scelta in un allegato alla relazione.

*Articolo 5*

**Miglioramento della sicurezza sulla rete stradale esistente**

1. Gli Stati membri assicurano il miglioramento della sicurezza sulla rete stradale esistente. Essi adottano le misure necessarie affinché la gestione dei tratti stradali ad alto rischio e la gestione della sicurezza della rete siano fondate su un esame annuo del funzionamento della rete stradale conformemente all'allegato III.
2. Gli Stati membri classificano ciascun tratto della rete stradale transeuropea
3. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché i tratti stradali ad alto rischio e i tratti che offrono il miglior potenziale di riduzione dei costi connessi agli incidenti siano valutati da un'équipe incaricata dell'ispezione. Almeno un membro di tale équipe deve soddisfare i requisiti applicabili ai controllori, requisiti definiti all'articolo 9. Per ciascun tratto di cui al paragrafo 3, gli Stati membri valutano il potenziale di riduzione delle ferite gravi e dei decessi nel corso dei tre anni successivi, offerto dalle misure correttive previste al punto 3, lettere e) ed f) dell'allegato III, nonché i costi associati ad ognuna di tali misure.
4. Gli Stati membri classificano le misure di cui al punto 3, lettera f), dell'allegato III in ordine di priorità, sulla base del loro rapporto costi/benefici.
5. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché gli utenti della strada siano avvertiti, con ogni mezzo adeguata, della presenza di un tratto stradale ad alto rischio.

*Articolo 6*

**Ispezioni di sicurezza**

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché le strade di cui all'articolo 1, paragrafo 2, costituiscano l'oggetto di ispezioni di sicurezza destinate ad individuare i rischi connessi alla sicurezza stradale e di prevenire gli incidenti.
2. Le ispezioni di sicurezza comprendono ispezioni di routine e ispezioni dei lavori in corso. Esse sono effettuate secondo i criteri fissati all'allegato III.
3. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché le ispezioni di routine siano realizzate ad intervalli regolari dall'organo competente. La frequenza di tali ispezioni deve essere sufficiente a garantire livelli adeguati di sicurezza per l'infrastruttura stradale in questione.
4. Fatti salvi gli orientamenti adottati ai sensi dell'articolo 8, gli Stati membri adottano orientamenti relativi alle misure di sicurezza temporanee applicabili ai lavori stradali. Essi provvedono altresì all'applicazione di un programma d'ispezione appropriato per assicurare la corretta applicazione di tali orientamenti.

*Articolo 7*

**Gestione dei dati e strumenti**

1. Stati membri adottano le misure necessarie affinché l'organo competente rediga una relazione d'incidente completa per ciascun incidente, che causi uno o più decessi o feriti gravi, che si verifichi su

una strada di cui all'articolo 1, paragrafo 2. La suddetta relazione deve contenere tutti gli elementi d'informazione elencati nell'allegato IV.

2. Gli Stati membri calcolano il costo sociale medio di un incidente mortale ed il costo sociale medio di un incidente grave che si verifica sul loro territorio. Gli Stati membri possono optare per una differenziazione più marcata dei tassi di costo che devono essere aggiornati perlomeno ogni cinque anni.

#### *Articolo 8*

##### **Adozione e comunicazione di orientamenti**

1. Per coadiuvare gli organi competenti nell'applicazione della presente direttiva, gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché siano adottati orientamenti entro tre anni a decorrere dall'entrata in vigore della direttiva. Tali orientamenti vengono messi a disposizione di tutte le parti interessate.
2. Gli Stati membri notificano alla Commissione gli orientamenti adottati a livello nazionale entro tre mesi dalla loro adozione o dalla loro modifica.

La Commissione li renderà disponibili su Internet.

#### *Articolo 9*

##### **Designazione e formazione dei controllori e degli ispettori**

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché i programmi di formazione per i controllori della sicurezza stradale vengano adottati entro i tre anni successivi all'entrata in vigore della presente direttiva.



2. Gli Stati membri adottano le misure necessarie affinché i controllori e gli ispettori della sicurezza che svolgono le mansioni stabilite dalla presente direttiva seguano una formazione iniziale entro i cinque anni successivi all'entrata in vigore della presente direttiva; detta formazione dovrà essere sancita da un certificato di idoneità professionale. Successivamente essi dovranno seguire corsi di perfezionamento almeno ogni sette anni.
3. Gli Stati membri devono garantire che i controllori della sicurezza stradale siano titolari di un certificato di idoneità professionale. Si deve tener conto dei certificati rilasciati prima dell'entrata in vigore della presente direttiva.
4. Gli Stati membri devono garantire che i controllori siano designati in base ai seguenti criteri:
  - a) i controllori devono possedere un'esperienza nei settori della progettazione;
  - b) entro i due anni successivi all'adozione degli orientamenti da parte degli Stati membri in applicazione dell'articolo 8, gli audit della sicurezza stradale sono realizzati esclusivamente da controllori che soddisfano i requisiti di cui ai paragrafi 2 e 3;
  - c) ai fini dell'audit del progetto d'infrastruttura, il controllore non deve partecipare né alla progettazione né al funzionamento del progetto d'infrastruttura interessato. Allorché l'esecuzione degli audit è affidata ad un'équipe, perlomeno un membro della medesima deve soddisfare i criteri di cui ai paragrafi 2 e 3.

*Articolo 10*

**Relazioni sull'applicazione della direttiva**

1. Gli Stati membri riferiscono alla Commissione circa l'applicazione della presente direttiva cinque anni dopo la sua entrata in vigore, poi ogni quattro anni.
  
2. Le relazioni devono contenere:
  - a) l'individuazione delle organizzazioni incaricate dell'attuazione degli
  - b) orientamenti;
  
  - c) una valutazione della necessità di modificare gli orientamenti relativi alla progettazione delle strade e alla segnaletica stradale, in particolare un elenco ed una descrizione delle progettazioni rivelatesi molto pericolose ovvero il cui potenziale di riduzione dei rischi è elevato;
  
  - d) le informazioni relative ai tassi, alle procedure ed agli elementi di costo utilizzati per il calcolo, conformemente all'articolo 7, paragrafo 2;
  
  - e) i recapiti degli organi competenti.
  
3. Un formato comune per l'elaborazione della relazione può essere adottato conformemente alla procedura di cui all'articolo 11, paragrafo 2.
  
4. La Commissione esamina le relazioni e le informazioni ottenute e presenta, eventualmente, una relazione al Parlamento europeo ed al Consiglio sull'attuazione della presente direttiva.

5. In caso di necessità, onde garantire un livello di sicurezza stradale uniformemente elevato sull'insieme della rete stradale transeuropea, devono essere adottati requisiti minimi relativi al contenuto degli orientamenti di cui all'articolo 8, paragrafo 1, in base alla procedura prevista all'articolo 11, paragrafo 2.

#### *Articolo 11*

#### **Comitologia**

1. La Commissione è assistita da un comitato.
2. Qualora si faccia riferimento al presente paragrafo, si applicano gli articoli 5 e 7 della decisione 1999/468/CE nel rispetto del disposto dell'articolo 8.

Il periodo previsto all'articolo 5, paragrafo 6, della decisione 1999/468/CE è di tre mesi.

3. Il comitato adotta il proprio regolamento interno.

#### *Articolo 12*

#### **Recepimento**

1. Gli Stati membri provvedono all'applicazione delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il [...]. Essi comunicano immediatamente alla Commissione il testo di tali disposizioni nonché una tavola di concordanza tra queste ultime e la presente direttiva. Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate di un siffatto

riferimento all'atto della loro pubblicazione ufficiale. Le modalità del riferimento sono definite dagli Stati membri.

2. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il testo delle principali disposizioni della legislazione nazionale che adottano nel settore oggetto della presente direttiva.

### *Articolo 13*

#### **Entrata in vigore**

1. La presente direttiva entra in vigore il ventesimo giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*.

## ALLEGATO I

### Valutazione di impatto sulla sicurezza stradale

1. Componenti di una valutazione d'impatto sulla sicurezza stradale:
  - a) definizione del problema;
  - b) situazione attuale ed opzione dello status quo;
  - c) obiettivi di sicurezza stradale;
  - d) analisi dell'impatto delle opzioni proposte;
  - e) confronto delle opzioni, fra cui l'analisi del rapporto costi/benefici;
  - f) presentazione della soluzione ottimale.
  
2. Elementi da prendere in considerazione:
  - a) numero degli incidenti, dei feriti e dei decessi; obiettivi di riduzione paragonati all'opzione dello status quo;
  - b) scelta di itinerari e strutture di traffico;
  - c) presenza di punti d'incrocio con le vie di comunicazione esistenti (uscite, incroci, svincoli, passaggi a livello);
  - d) utenti vulnerabili (pedoni, ciclisti e motociclisti);
  - e) flussi di traffico (numero di veicoli per categoria di veicolo).

## ALLEGATO II

### Audit della sicurezza stradale

#### 1. Criteri applicabili nella fase dello studio di fattibilità

- a) situazione geografica (pericolo di smottamenti, inondazioni, valanghe, ecc.);
- b) tipi di incroci/svincoli e distanze fra loro;
- c) numero e tipo di corsie;
- d) tipi di traffico autorizzati sulla nuova strada.

#### 2. Criteri applicabili nella fase della progettazione preliminare:

- a) velocità massima;
- b) sezioni trasversali (larghezza della carreggiata, piste ciclabili, sentieri pedonali, ecc.);
- c) visibilità;
- d) disposizione di incroci e svincoli;
- e) fermate di linee di autobus e tram;
- f) passaggi a livello.

#### 3. Criteri applicabili nella fase della progettazione particolareggiata:

- a) tracciato;
- b) allineamenti orizzontali e verticali;
- c) segnaletica verticale e segnaletica orizzontale;
- d) illuminazione;
- e) apparecchiature lungo le strade;
- f) ambiente ai margini della strada inclusa la vegetazione;
- g) ostacoli fissi ai margini della strada.

#### 4. Criteri applicabili nella fase di ultimazione:

- a) comodità degli utenti in varie circostanze (ad esempio l'oscurità e il cattivo tempo);
- b) leggibilità della segnaletica verticale e della segnaletica orizzontale;
- c) aderenza del fondo stradale.

5. Criteri applicabili nella prima fase di funzionamento:

- a) valutazione dei modelli di utilizzo alla luce dell'effettivo comportamento degli utenti.
- b) La realizzazione di un audit in qualsiasi fase può comportare la necessità di riesaminare i criteri applicabili a fasi precedenti.

### ALLEGATO III

#### **Gestione dei tratti stradali ad alto rischio, gestione della sicurezza della rete e ispezione di sicurezza**

##### 1. Criteri per l'individuazione dei tratti stradali ad alto rischio

L'individuazione dei tratti stradali ad alto rischio tiene conto perlomeno del numero di incidenti mortali o che causano feriti gravi nel corso degli anni precedenti per unità di distanza e, nel caso di incroci e svincoli, per punto di intersezione.

##### 2. Criteri per l'individuazione dei tratti stradali da esaminare più approfonditamente nell'ambito della gestione della sicurezza della rete

a) i tassi di costo unitari degli incidenti su un tratto stradale di una determinata categoria caratterizzata da buone pratiche vanno calcolati in termini di costi di incidenti/km.

b) Per ogni tratto di una determinata categoria stradale, il potenziale di riduzione dei costi degli incidenti/km corrisponde alla differenza fra il costo reale degli incidenti/km per la sezione considerata e il tasso di riferimento.

##### 3. Criteri ed elementi che devono figurare nelle relazioni dell'équipe di ispezione e misure:

a) la delimitazione del tratto stradale;

b) il riferimento ad un'eventuale relazione anteriore sullo stesso tratto stradale;

c) l'esame delle relazioni di incidente;

d) il numero di decessi e di feriti gravi nel corso dei tre anni precedenti;

e) un pacchetto di misure correttive da mettere in atto entro un anno che preveda ad esempio:

- eliminazione degli ostacoli fissi al margine della strada o applicazione di dispositivi di protezione dei medesimi;



- limitazione della velocità e controllo della velocità a livello locale;
- miglioramento della visibilità in diverse condizioni meteorologiche e di luminosità;
- miglioramento delle condizioni di sicurezza delle attrezzature al margine della strada quali i sistemi di ritenuta stradale;
- miglioramento della visibilità, della leggibilità e della collocazione della segnaletica orizzontale (inclusa l'applicazione di rallentatori sonori) e della segnaletica verticale;
- protezione contro la caduta di sassi;
- miglioramento dell'aderenza/ruvidità del fondo stradale;

f) una serie di misure correttive da mettere in atto in un periodo superiore a un anno, fra le quali, ad esempio:

- nuova concezione dei sistemi di ritenuta stradale;
- inserimento di barriere protettive al centro strada;
- riorganizzazione degli schemi di sorpasso;
- miglioramento di incroci/svincoli/passaggi a livello;
- modifica dell'allineamento;
- modifica della larghezza stradale, aggiunta di una corsia d'emergenza;
- installazione di un dispositivo di gestione e di controllo del traffico;
- eliminazione dei potenziali conflitti con gli utenti della strada più vulnerabili;
- adeguamento della strada agli standard odierni;
- miglioramento o sostituzione del manto stradale.

## ALLEGATO IV

### **Dati che devono figurare nelle relazioni di incidenti**

Le relazioni di incidenti devono contenere i seguenti dati:

- 1) localizzazione esatta dell'incidente;
- 2) immagini e diagrammi del luogo dell'incidente;
- 3) data e ora dell'incidente;
- 4) informazioni relative alla strada, quali la natura della zona, il tipo di strada, il tipo di incrocio o di svincolo ma anche la segnaletica verticale, il numero di corsie, la segnaletica orizzontale, il rivestimento stradale, l'illuminazione e le condizioni meteorologiche, i limiti di velocità, gli ostacoli al margine della strada;
- 5) gravità dell'incidente, incluso il numero delle persone decedute, ricoverate in ospedale e leggermente ferite. In questo contesto, le persone rimaste uccise sono quelle decedute in seguito all'incidente entro i trenta giorni successivi al medesimo e le persone ricoverate sono quelle rimaste in ospedale almeno 24 ore in seguito all'incidente;
- 6) caratteristiche delle persone interessate: età, sesso, nazionalità, tasso di alcolemia, utilizzo o meno dei dispositivi di sicurezza;
- 7) dati relativi ai veicoli coinvolti (tipo, età, paese, eventuali dispositivi di sicurezza);
- 8) dati relativi all'incidente (tipo di incidente, tipo di collisione, manovre del veicolo e del conducente).

## **2.5 Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti**

### **2.5.1 Introduzione**

Negli ultimi decenni la rete stradale italiana è aumentata considerevolmente e ciò ha portato a una dotazione infrastrutturale insufficiente abbassando la qualità del servizio offerto e la sicurezza della circolazione.

Per risolvere il problema è necessario la costruzione di nuove infrastrutture oppure agire su quelle esistenti operando interventi di adeguamento generalizzati o localizzati.

### **2.5.2 Campo di applicazione**

Gli interventi di adeguamento si dividono in due categorie:

- potenziamento funzionale

rappresentano quella serie di interventi atti a conformare l'infrastruttura alle nuove caratteristiche della domanda di traffico.

Gli interventi più significativi riguardano:

- miglioramento della strada in modo da uniformarla a una classe funzionale superiore
- aumento dell'offerta di capacità della strada

- miglioramento del livello di sicurezza intrinseca dell'infrastruttura

rappresentano gli interventi mirati alla riduzione delle caratteristiche incidentali della strada

### **2.5.3 Obiettivi prestazionali**

Lo scopo degli interventi è quello di aumentare le prestazioni di funzionalità operativa e sicurezza delle strade esistenti tenendo in considerazione i vincoli ambientali, archeologici, paesaggistici, di economia e sostenibilità ambientale delle strade esistenti.

### **2.5.4 Obiettivi di funzionalità operativa**

Gli obiettivi della funzionalità operativa vengono pianificati dall'ente proprietario della strada e riguarderanno:

- durata dell'intervento;

- miglioramenti prestazionali della strada, espressi in livello di servizio e densità veicolare, a seguito dei lavori di adeguamento;
- valore della velocità di progetto di massima;

### **2.5.5 Obbiettivi di sicurezza della circolazione**

Gli obiettivi che si prefigge la sicurezza della circolazione è funzione delle caratteristiche incidentali della strada oggetto di studio valutabile con indicatori come tasso di incidentalità e densità incidentale, considerando gli incidenti con morti e feriti e separandoli nei rispettivi sensi di marcia.

I valori trovati saranno confrontati con i valori degli obiettivi prestazionali relativi alla sicurezza della circolazione definiti in base ai valori medi nazionali con riduzione del 15%, questa diminuzione tiene conto degli obiettivi nazionali di riduzione della incidentalità stradale. I valori presi come riferimento sono aggiornati ogni due anni dal ministero delle infrastrutture e trasporti.

### **2.5.6 Definizione e progettazione degli interventi**

Gli interventi di adeguamento delle strade esistenti si dividono in:

- *interventi struttura*

Il loro obiettivo è dare alla rete stradale esistente gli standard geometrici e funzionali previsti dalle norme funzionali e geometriche delle strade.

Gli interventi riguarderanno:

- variazione della sezione tipo che comprenderà: inserimento corsie aggiuntive, strade di servizio, piste ciclabili, percorsi pedonali;
- Dimensione trasversale dei suoi componenti cioè larghezza corsie, margini interni laterali;
- Introduzione di elementi di arredo, sicurezza passiva (dispositivi di ritenuta) e riduzione ambientale (barriere acustiche);
- Modifica andamento plano-altimetrico dell'asse;
- Adeguamento intersezioni alle caratteristiche proprie della classe di appartenenza tramite la modifica delle manovre;

- Valutare in fase di pianificazione la velocità massima di progetto che varia in base alla tipologia di strada;

Il valore di velocità massima di progetto deve essere maggiore di 10 km/h rispetto la velocità limite prevista dal d.l. vo 285/92.

- interventi non strutturali

Hanno lo scopo di modificare l'utilizzo dell'infrastruttura esistente.

Si dividono in generalizzati o localizzati e agiranno sui seguenti elementi:

- utenze da privilegiare oppure no
- funzione trasportistica che si vuole assegnare al ramo e alle intersezioni in esame;
- attività concesse a bordo della piattaforma stradale;
- gestione degli accessi, sosta e parcheggio;
- elementi di arredo urbano;
- opere di inserimento paesaggistico infrastrutturale;
- illuminazione, sistemi di controllo del traffico, semafori, sistemi di monitoraggio della velocità, sistemi di informazione sulle condizioni di circolazione generale;
- componenti stradali (piani di segnalamento, segnaletica stradale, sistemi di ritenuta, ostacoli laterali, vie di fuga....);
- dispositivi di gestione velocità e limiti di velocità;

Per le limitazioni si dovrà tener conto di due fattori:

- la soglia generalizzata di velocità che caratterizza il tracciato in adeguamento deve essere diminuita di 10 km/h rispetto alla velocità massima di progetto;
- le soglie localizzate di velocità saranno valutate in funzione della velocità ammissibile dei singoli elementi che costituiscono il tracciato diminuita di 10 km/h; il valore di questi limiti non è inferiore a 20 km/h.
- sviluppo piani di gestione velocità e sicurezza per la gestione delle emergenze;

### 2.5.7 Validazione del progetto

Il progetto verrà approvato se è verificata la presenza dei dati di base per la progettazione e l'attitudine dei programmi di monitoraggio.

Durante l'approvazione del progetto verrà valutata la possibilità di utilizzare il Road Safety Audit cioè l'analisi di sicurezza riferita ai progetti.

### 2.5.8 Analisi di sicurezza

Gli interventi strutturali e non strutturali vengono inseriti in un documento compilato dal progettista che prende il nome di *analisi di sicurezza*.

Nello specifico verranno scritte:

- le analisi delle condizioni incidentali e di sicurezza del tratto di strada in esame evidenziando le condizioni di traffico.

Per l'incidentalità si valuterà:

- incidenti con morti e feriti secondo l'istat;
- un periodo di tempo minimo di incidentalità di 5 anni;
- un tratto esteso della rete o strada;

Per la sicurezza si farà riferimento alle procedure di analisi preventiva di sicurezza.

- Valutazione dei benefici apportati a seguito dei miglioramenti effettuati.

Gli interventi attuati hanno lo scopo di diminuire il livello medio di incidentalità al di sotto di valori di riferimento e diminuire il tasso incidentale specifico.

Ogni intervento effettuato verrà esaminato in base al valore del ritorno sociale che lo contraddistingue individuato con l'analisi benefici costi.

In questa analisi verranno comparate due alternative:

- *Alternativa nulla* che rappresenta la situazione futura senza interventi;
- *Alternativa di progetto* che rappresenta le diverse soluzioni di adeguamento;

Per la stima dei costi si valuteranno:

- *Costo di investimento* cioè costi per la conformità dell'infrastruttura, degli impianti e delle attrezzature stradali

- *Costi operativi* cioè costi di manutenzione, esercizio e sostituzione di parti degradate o rotte

### **2.5.9 Ottimizzazione degli interventi**

Il passo successivo è valutare gli effetti che si ottengono dall'adeguamento del progetto che verranno stimati su un periodo di 20 anni.

Gli effetti più rilevanti sono:

- effetti inerenti la sicurezza, valutando numericamente i cambiamenti relativi al numero di incidenti, morti e feriti che le disposizioni attuate hanno prodotto. Il costo sociale per la mancata sicurezza stradale verrà valutata con un valore pari a sei milioni di euro per ogni incidente mortale.
- effetti riguardanti i cambiamenti attribuiti agli interventi sulla mobilità, rappresentabili per mezzo di:
  - tempi di percorrenza;
  - riduzione perditempo in coda dovuto a diminuzione di incidenti;
- effetti legati all'ambiente causati da variazioni dei livelli di inquinamento atmosferico conseguente alla diminuzione della frequenza di situazioni con la presenza di code dovute alla riduzione di incidenti.

Ultimo passo è valutare il ritorno sociale dei vari interventi che è valutato considerando:

- Il VAN (valore attualizzato netto) al primo anno di investimento;
- Rapporto benefici costi;
- Tasso di interesse interno;
- Tempo di recupero del capitale;

### **2.5.10 Monitoraggio degli interventi**

La valutazione degli interventi di adeguamento avviene per mezzo di campagne di monitoraggio che hanno cadenza minima biennale.

Le procedure di monitoraggio vengono stilate dall'ente committente in un elaborato scritto in fase di progetto e se necessario cambiato in fase di esercizio.

Durante questa fase verranno valutati i seguenti parametri:

- Traffico giornaliero medio (TGM)
- Composizione del traffico
- Traffico ora di punta
- Distribuzione di velocità tra i vari utenti

I dati raccolti saranno inseriti in banche dati informatizzate collegate al catasto delle strade e conservate negli uffici di monitoraggio della rete stradale anas e centri di monitoraggio regionali di sicurezza stradale.

### **2.5.11 Profili di responsabilità**

La responsabilità degli interventi effettuati è affidata al progettista che firmando il progetto attesta la sua conformità alle normative e agli standard vigenti inoltre deve stilare una relazione con le sue opinioni e dove si evidenziano gli aspetti inerenti la sicurezza della circolazione.

Tutti gli atti saranno archiviati dal committente che è responsabile delle attività di monitoraggio dopo la realizzazione degli interventi.



**CAPITOLO 3**  
**ANALISI DELLO STATO DI FATTO**

**3.1 Inquadramento territoriale**

**3.1.1 Introduzione**

La zona interessata dall'intervento è caratterizzata dall'intersezione a raso semaforizzata tra le seguenti strade: Tangenziale Bruno Losi, via Guastalla, via Manzoni (figura 3.1).



Figura 35: foto dell'incrocio oggetto di studio

L'intersezione si inserisce tra un'area prevalentemente agricola ed il confine nord della zona residenziale di Carpi. Nelle vicinanze di via Guastalla è situata la zona industriale ovest, il più importante polo produttivo della città.

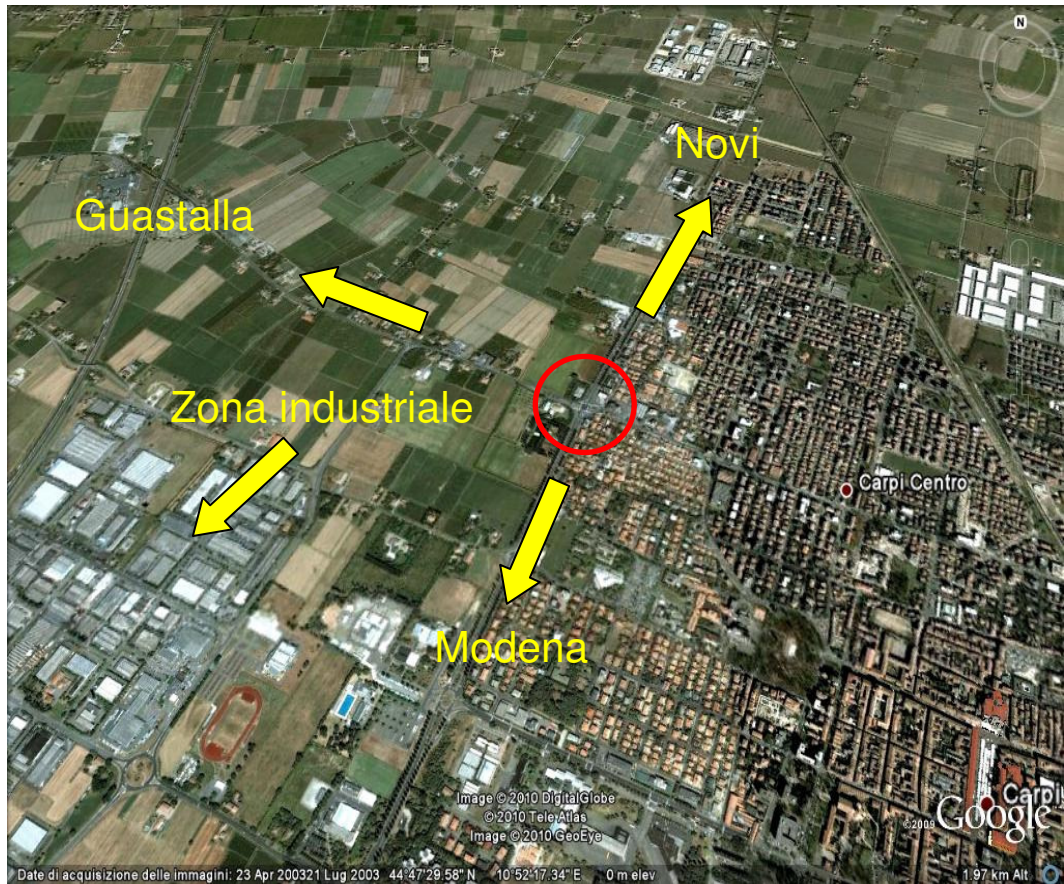


Figura 36: foto della zona oggetto di studio

Il successivo elaborato grafico evidenzia le tipologie di strada che concorrono nell'intersezione esaminata secondo il DM 05.11.2001 Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.



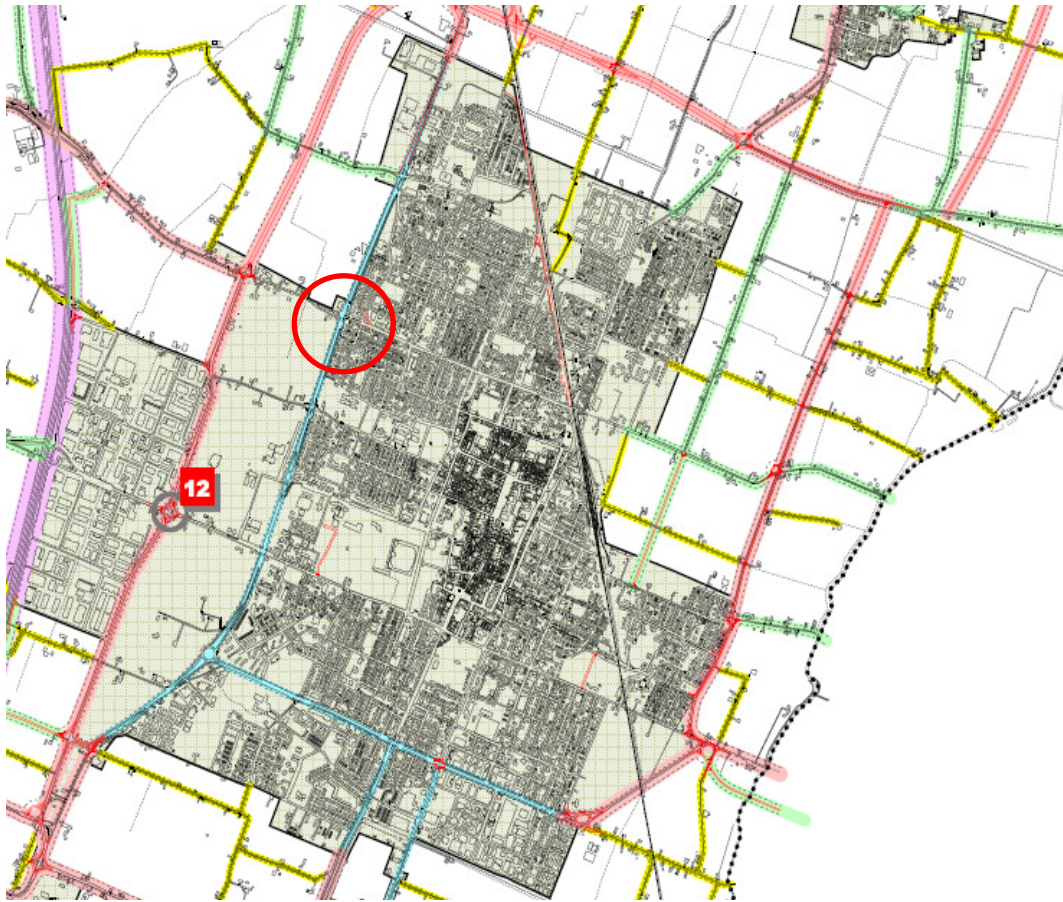







Figura 37: studio relativo alle infrastrutture per la mobilità

TIPOLOGIA STRADE	DESCRIZIONE	DISTANZE DAL CONFINE STRADALE FUORI DAI CENTRI ABITATI Art. 14-16 della L. 190/91 e Art. 26-28 del DPR 495/92 e s.m.i.	
		All'esterno del centro abitato	All'interno delle zone previste come edificabili o trasformabili dallo strumento urbanistico generale, nel caso che detto strumento sia suscettibile di attuazione diretta
	Tipo A Autostrada	60 mt.	30 mt.
	Tipo C Extraurbane principali	30 mt.	10 mt.
	Tipo F1 Extraurbane comunali	20 mt.	10 mt.
	Tipo F2 Extraurbane vicinali	10 mt.	5 mt.
	Tipo E1 Urbane	vedi tavole PS2	vedi tavole PS2

- 1) Tangenziale Bruno Losi: secondo le norme è classificata come *strada extraurbana comunale di tipologia F1*. Sono caratterizzate da limiti di velocità di 90 km/h con due corsie per senso di marcia. Non sono previste

isole divisionali per la separazione delle carreggiate. La velocità di progetto è compresa tra 40 e 100 km/h; vengono utilizzate per condizioni di traffico sostenuto. La larghezza della carreggiata deve essere di 3,50 m mentre la larghezza minima della banchina di 1 m.

La sosta è regolata con piazzole.

Le foto che si riportano evidenziano alcune delle problematiche presenti nell'intersezione come la pavimentazione degradata, ostacoli fissi a bordo carreggiata, segnaletica orizzontale e verticale assente o posizionata non correttamente.



Foto 38: foto di vegetazione pericolosa



Foto 39: foto di pavimentazione degradata





Foto 40: foto di elementi a margine pericolosi e segnaletica degradata

- 2) *Via Guastalla*: secondo le norme è classificata come *strada extraurbana principale di tipologia C*. Il limite di velocità è di 90 km/h con una corsia per senso di marcia. La velocità di progetto è compresa tra 60 e 100 km/h; anche questa strada è caratterizzata da volumi di traffico sostenuti. Ha una larghezza della carreggiata di 3,75 m e una larghezza della banchina di 1,50 m. La costruzione del marciapiede non è prevista. La sosta è regolata con piazzole. Sono ammessi accessi e fermate di servizio per mezzi di trasporto pubblico a fianco carreggiata. La strada ha isole divisionali di forma triangolare allungata utilizzata inizialmente come guida per le traiettorie in entrata e uscita dalla tangenziale e successivamente come elemento divisionale tra i due sensi di marcia. Le foto che seguono evidenziano degli elementi a margine pericolosi e pavimentazione degradata.



Foto 41: foto di elementi a margine pericolosi



Foto 42: foto di pavimentazione degradata

- 3) Via Manzoni: secondo le norme è classificata come *strada urbana di tipologia E1*. Il limite di velocità è di 50 km/h. Sono previste più di una corsia per senso di marcia. La velocità di progetto è compresa tra 40 e 60 km/h; la larghezza delle corsie è di 3 m con una banchina di 0,50 m. Nel caso di strada a senso unico con una sola corsia per senso di marcia, la larghezza complessiva compresa la banchina è di 5,50 m. La larghezza minima del margine interno è di 0,50 m, mentre la larghezza del marciapiede è di 1,50 m.

È ammessa la sosta negli appositi spazi. La circolazione dei pedoni avviene esclusivamente sui marciapiedi. Il transito dei mezzi pubblici si verifica in corsie riservate. Le figure 3.9 e 3.10 sottolineano le problematiche legate rispettivamente ad elementi a margine pericolosi e pavimentazione irregolare.



Foto 43: foto di elementi a margine pericolosi



Foto 44: foto di pavimentazione degradata



### 3.1.2 Il Piano Regolatore di Carpi

Il principale strumento utilizzato per lo studio della zona di intervento è il PRG del comune di Carpi. Il nuovo piano regolatore di Carpi è stato presentato il 21 luglio 2000 in consiglio comunale ed è stato adottato nella stessa seduta con deliberazione n.247, ai sensi del combinato disposto dagli art 15 (1° e 2° comma) e 14 della LR 47/48. Il PRG è costituito da elaborati di analisi ed elaborati di progetto. Gli elaborati di analisi rappresentano il materiale di supporto alle scelte del PRG. Gli elaborati di progetto sono distinti in elaborati programmatici ed elaborati prescrittivi. Gli elaborati prescrittivi hanno valore normativo vincolante; quelli programmatici evidenziano le politiche e gli indirizzi che guideranno le politiche dell'amministrazione comunale nella progettazione degli interventi o dei piani di settore.

Il territorio del comune di Carpi è diviso in varie zone:

- zona A : parti del territorio interessate da agglomerati urbanistici-edilizi che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale;
- zona B : parti del territorio totalmente o parzialmente edificate;
- zona C : parti del territorio destinate a nuovi insediamenti residenziali;
- zona D : parti del territorio destinate ad insediamenti a prevalente funzione produttiva e commerciale;
- zona E : parti del territorio destinate ad usi agricoli;
- zona F : parti del territorio destinate ad attrezzature pubbliche di interesse generale;
- zona G: parti del territorio destinate ad attrezzature pubbliche di quartiere;
- zona speciali : parti di territorio di tipo integrato (nuovi insediamenti residenziali e terziario) soggette a perequazione ed a mix funzionale.

Per il caso studiato sono stati utilizzati i seguenti elaborati grafici:

- Azzonamento del territorio comunale di Carpi;
- Macroclassificazione del territorio;
- Classificazione acustica del territorio.



**Elaborato 1: azzonamento del territorio comunale di Carpi**

Questo elaborato grafico in scala 1:5000 è utilizzato per evidenziare l'area interessata dall'intervento.



Figura 45: azzonamento del territorio comunale di Carpi

**LEGENDA:**

- *Citta consolidata:*



edifici residenziali con giardino all'interno del territorio urbanizzato



tessuti a maglia reticolare regolare e a pettine

-) *edifici residenziali con giardino all'interno del territorio urbanizzato*: si tratta di edifici prevalentemente residenziali caratterizzati dalla presenza di spazi pertinenziali a verde, localizzati sia all'interno dei tessuti urbani che nel territorio extraurbano.

-) *tessuti a maglia reticolare regolare e a pettine*: sono tessuti di saturazione e completamento, prevalentemente residenziali, organizzati secondo il principio dell'addizione per lottizzazioni, caratterizzati da tipologia differenti e da densità medio alte, funzioni integrate e da scarsa dotazione di servizi e attrezzature pubbliche.



VP-verde pubblico

-) *VP- verde pubblico*: la dicitura verde pubblico comprende al proprio interno tutte le tipologie di servizi di quartiere (edificati e non) previsti dall'art.46 della L.R 47/78 e ss.mm. e dal piano dei servizi. Il verde pubblico si identifica con gli standard di legge e non può in ogni caso risultare inferiore alle quote minime inderogabili. Può riguardare un'area interna agli ambiti di trasformazione (verde pubblico da cedere interamente al comune). In questo caso può comprendere anche attrezzature relative agli standard urbanistici e parcheggi pubblici in particolare i servizi di quartiere.

- *Città dei servizi*:



attrezzature generali di interesse pubblico: esistente e progetto

-) *attrezzature generali di interesse pubblico: esistente e progetto*: comprendono tutte le aree destinate a spazi, attrezzature e servizi di interesse pubblico a livello comunale o sovracomunale. Per tutte le aree individuate come zone F, qualora comportino interventi di nuova edificazione per i quali non risultano già prodotte le verifiche geologiche, l'attuazione dell'intervento è

subordinato alla redazione della relazione geologica tecnica. Sono considerate zone culturali ambientali-zone territoriali omogenee A, quelle parti corrispondenti alle porzioni di territorio interessate da agglomerati urbanistico-edilizi che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale oppure da porzioni di essi comprese le aree circostanti che possono considerarsi per tali caratteristiche parte integrante degli agglomerati stessi. Tali ambiti si identificano con le porzioni assoggettate ad interventi di tutela conservativa, interventi comunque prevalenti rispetto alle eventuali zonizzazioni indicate.

- *Servizi di quartiere*



verde pubblico esistente e di progetto

-) *verde pubblico esistente e di progetto* : le aree così classificate sono destinate a parchi naturali, giardini e aree attrezzate per il gioco dei ragazzi e dei bambini e al tempo libero degli adulti.

In queste aree possono essere realizzate costruzioni funzionali alla fruizione del verde pubblico come chioschi, punti di ristoro, servizi igienici, attrezzature tecnologiche di servizio (cabine telefoniche, bancomat, servizi informatici).



parcheggio pubblico esistente e di progetto

-) *parcheggio pubblico*: le aree così classificate sono destinate a parcheggi pubblici. In queste aree possono essere realizzate costruzioni funzionali alla fruizione dei parcheggi, quali chioschi, punti di ristoro, servizi igienici, attrezzature tecnologiche di servizio. I parcheggi pubblici dovranno essere alberati con una vegetazione tipica della zona, con un parametro di densità arborea  $A = 2$  alberi ogni  $100 \text{ m}^2$

In tali aree è inoltre consentita la realizzazione di parcheggi pertinenziali privati, previa convenzione con l'amministrazione comunale che garantisca la successiva realizzazione dei parcheggi pubblici senza aggravio dei costi di acquisizione delle aree.

- *Vincoli territoriali di salvaguardia*



elementi della centuriazione

-) *zone ed elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione*: tali ambiti sono finalizzati a tutelare gli elementi della centuriazione ed alla salvaguardia e valorizzazione del paesaggio agricolo connotato da una particolare concentrazione di tali elementi: strade, strade poderali ed interpoderali, canali di scolo e di irrigazione disposti lungo gli assi principali della centuriazione, ed ogni altro elemento riconducibile alla divisione agraria romana.

Nella tavola di azionamento sono state individuate le seguenti categorie:

- ) zona di tutela degli elementi della centuriazione;
- ) elementi della centuriazione intendendosi per tali strade, strade poderali e interpoderali, i canali di scolo e irrigazione;

In queste zone di norma è vietato:

- sopprimere i tracciati di strade, strade poderali e interpoderali;
- eliminare i canali di scolo e irrigazione; su di esso sono consentiti esclusivamente tombamenti puntuali al solo fine di soddisfare esigenze di attraversamento;

In particolare sono ammessi i seguenti interventi:

- o nelle zone di tutela della centuriazione è vietato alterare le caratteristiche essenziali degli elementi della centuriazione e qualsiasi intervento deve possibilmente riprendere l'orientamento degli elementi lineari della centuriazione;
- o ogni intervento di nuova edificazione deve essere:

- coerente con l'organizzazione territoriale e con la direzione degli assi centuriati presenti in loco;
- accorpato urbanisticamente e paesaggisticamente con l'edificazione preesistente



elementi di interesse storico testimoniale: viabilità storica

-) *elementi di interesse storico e testimoniale*: nella tavola di azionamento sono state individuate le strutture ed infrastrutture storicamente correlate alla viabilità storica extraurbana. Per esse il PRG demanda al regolamento edilizio la formulazione delle specifiche discipline di intervento con riferimento agli elementi di arredo ed ai manufatti edilizi connessi alla viabilità (pavimentazione e fondi stradali, ponti e ponti diga, oratori, fontane, parapetti, muri di contenimento, case cantoniere ed edifici storici di servizio, edifici religiosi e militari)

Gli interventi di manutenzione ed ampliamento della sede stradale di norma dovranno essere realizzati a condizione che non siano soppressi gli elementi di arredo e pertinenze di pregio presenti, quali filari alberati, ponti realizzati in muratura ed elementi simili.

Gli eventuali interventi stradali modificativi del tracciato storico dovranno comunque garantire la riconoscibilità storica complessiva del percorso; dovrà comunque essere garantita la manutenzione dei tratti stradali non modificati nel nuovo percorso.

Lungo la viabilità storica dei tratti che conservano le pavimentazioni naturali quali le strade poderali ed interpoderali, è vietato il transito dei mezzi motorizzati nei percorsi fuori strada, salvo i mezzi necessari alle attività agricole, zootecniche e forestali e salvo i mezzi per l'esecuzione l'esercizio, l'approvvigionamento, la manutenzione delle opere pubbliche o di pubblica utilità e per l'espletamento delle funzioni di vigilanza, di spegnimento incendi e più in generale per funzioni di protezione civile, di soccorso e assistenza sanitaria e veterinaria.

- *Indicazioni ambientali per reti ed impianti tecnologici*



elettrodotti esistenti, di progetto - Fascia di rispetto  
elettrodotto

-) *impianti fissi per l'emittenza radio televisiva, impianti fissi per telefonia mobile impianti per la trasmissione e distribuzione energia elettrica:* installazione degli impianti sopra indicati è assoggettata alla normativa nazionale e regionale vigente in materia in termini di aree idonee per l'installazione e limiti di campo elettrico magnetico ed elettromagnetico da rispettare.

Vanno rispettati gli atti di indirizzo e programmazione generale adottati da amministrazione comunale in coerenza con tali norme.

Per gli impianti per trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica valgono le disposizioni di cui alla L.R. 30/2000 e relativa direttiva applicativa (D.G.R. 197/2001)



**Elaborato 2: macroclassificazione del territorio**

In questo elaborato in scala 1:10000 si sottolinea come l'intersezione sia inserita in un territorio urbanizzato prevalentemente residenziale.

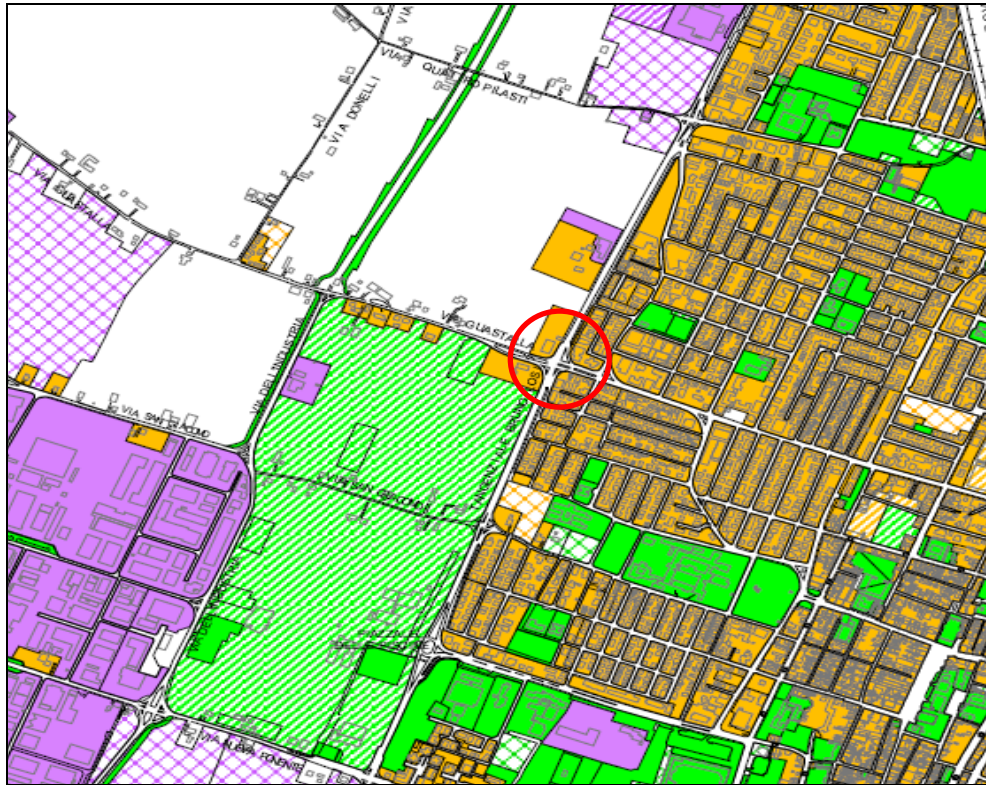


Figura 46: macroclassificazione del territorio

**LEGENDA:**

○ **territorio urbanizzato**

- Residenza
- Produttivo
- Servizi

○ **territorio in corso di urbanizzazione**

- Residenza
- Produttivo
- Servizi

○ **territorio a destinazione urbana**

- Residenza
- Produttivo
- Servizi

**Elaborato 3: classificazione acustica del territorio**

L'analisi dei volumi di traffico nelle ore di punta sull'intersezione hanno evidenziato valori elevati, caratterizzati dal movimento merci con autocarri e autoarticolati e da fenomeni di pendolarismo tra la zona industriale e residenziale.

L'elaborato riporta l'impatto acustico del traffico sul territorio circostante.

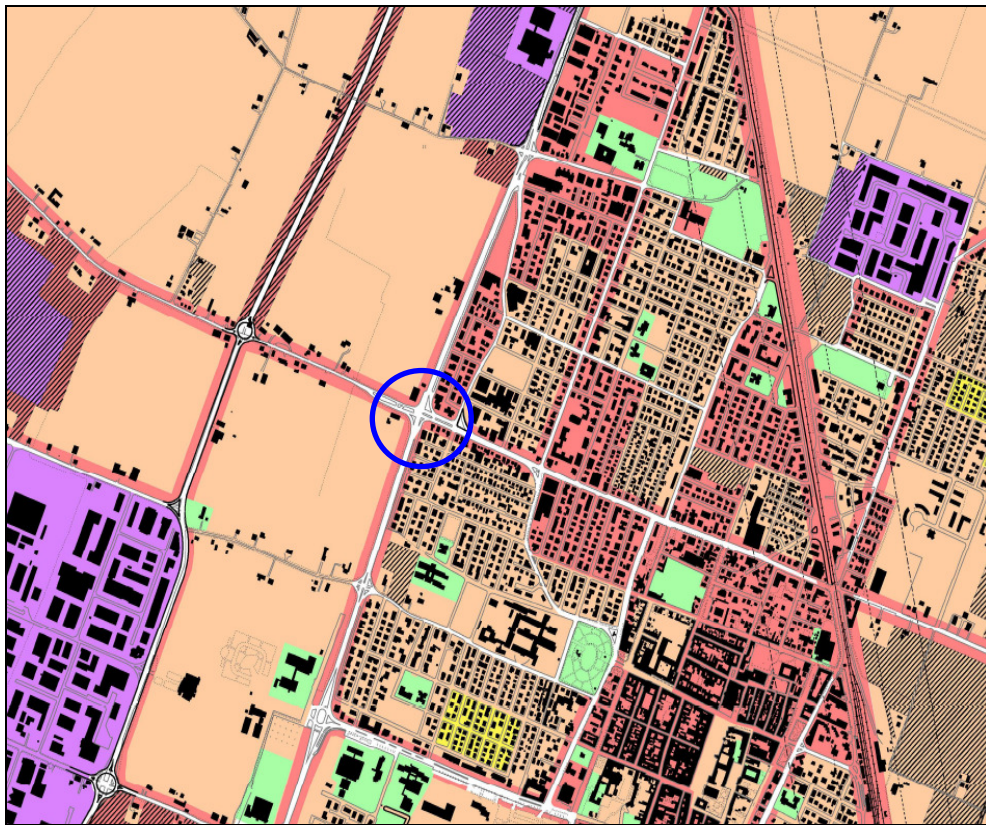
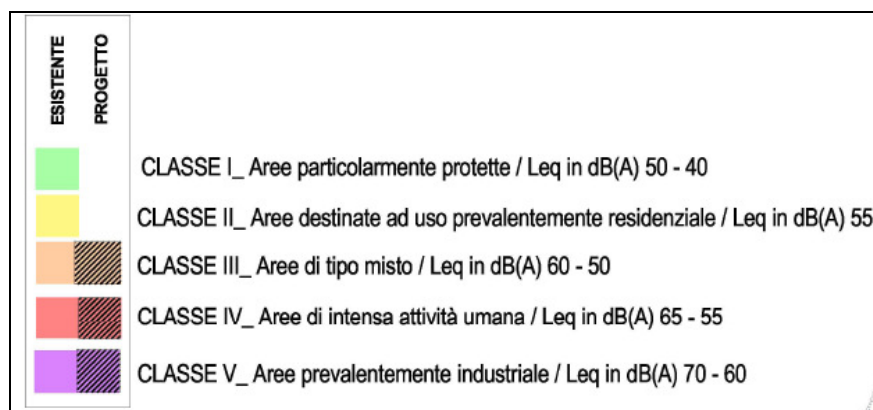


Figura 47: classificazione acustica del territorio





### 3.2 Analisi di incidentalità

In questo paragrafo si analizzeranno i dati di incidentalità stradale relativi all'intersezione studiata con lo scopo di evidenziare le tipologie di incidente più diffuse e la categoria di veicoli e di utenza maggiormente coinvolte.

Questi dati sono stati rilevati dalla polizia municipale del comune di Carpi che ha fornito dal 2000 al 2008 tutti gli incidenti avvenuti nell'intersezione Losi-Guastalla-Manzoni specificando:

- data e ora dell'incidente;
- tipologia di incidente (frontale, laterale, tamponamento, frontale-laterale);
- tipologia di veicolo coinvolto;
- nazionalità, età e sesso delle persone coinvolte.

Nel diagramma sotto è riportato l'andamento per tipologia di incidenti nell'arco di tempo dal 2000 al 2008.

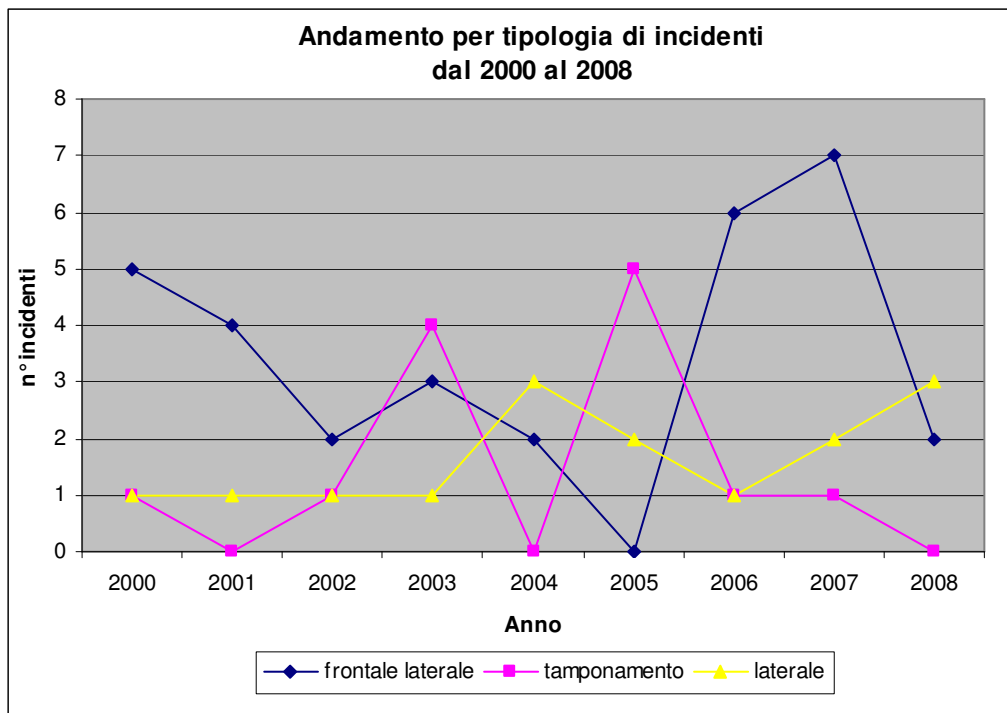


Figura 48: classificazione acustica del territorio

L'urto frontale-laterale è il più diffuso con 31 incidenti, segue quello laterale (15) e infine il tamponamento (13). L'urto laterale presenta maggiore uniformità; infatti la variazione di incidentalità è tra 1 e 3.

Quello con maggiori variazioni è il frontale-laterale. Il picco max si ha nel 2007 con 7 incidenti, seguito dal 2006 (6 incidenti). Il minimo si ha nel 2005 con 0 incidenti.

In percentuale l'urto frontale-laterale si attesta al 49%, mentre il laterale, tamponamento e frontale si attestano rispettivamente al 24%, 20% e 7%.

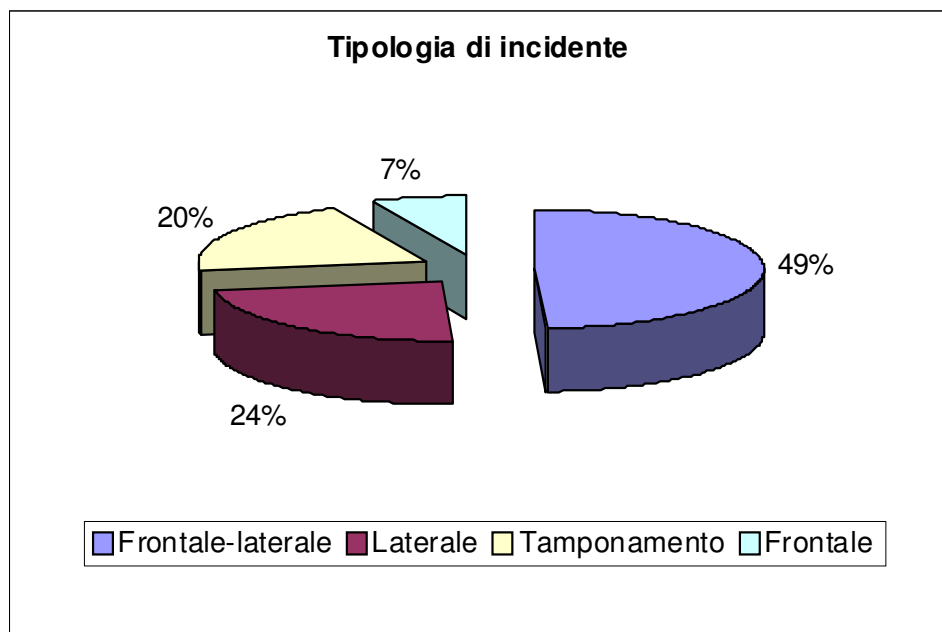


Figura 49: percentuale di incidenti per tipologia

Nel prossimo diagramma è riportato l'andamento dell'incidentalità per categoria di veicolo.

Il sinistro tra due auto è il più diffuso. Il 2000-2003 e 2005 sono gli anni più critici con rispettivamente 6 incidenti per il 2000 e 2005 e 7 incidenti per il 2003. La categoria auto-motociclo è quella meno colpita con un valore massimo di 3 incidenti nel 2006. Lo scontro tra auto-autocarro presenta un andamento uniforme con valori che non superano i due incidenti l'anno.

Il 2008 è l'anno con il tasso di incidentalità più basso con un totale di 2 sinistri: tra auto-autocarro e auto-motociclo.

L'anno più critico è stato il 2003 con un totale di 9 incidenti di cui 7 tra auto e auto che rappresenta il valore più alto nel periodo di tempo considerato.

Con il 57 % l'urto auto-auto è quello maggiormente diffuso, segue col 23% quello tra auto e autocarro e col 18% quello tra auto e ciclomotore.

Il sinistro tra auto e pedone rappresenta il 2% del totale.

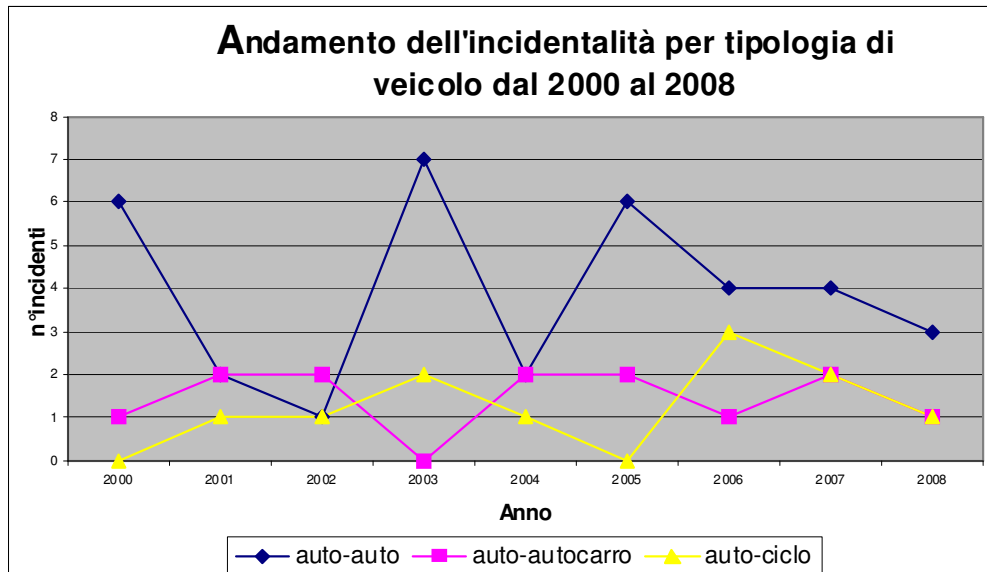


Figura 50: Andamento dell'incidentalità per tipologia di veicolo

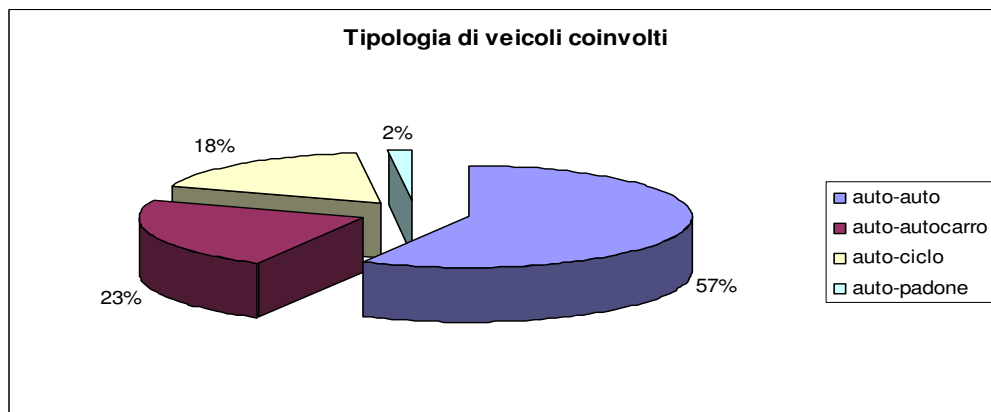


Figura 51: percentuale di incidenti per tipologia di veicolo

Nel prossimo diagramma è stato analizzato l'andamento dell'incidentalità in funzione del sesso del conducente. L'intervallo di riferimento va dal 2000 al 2008.

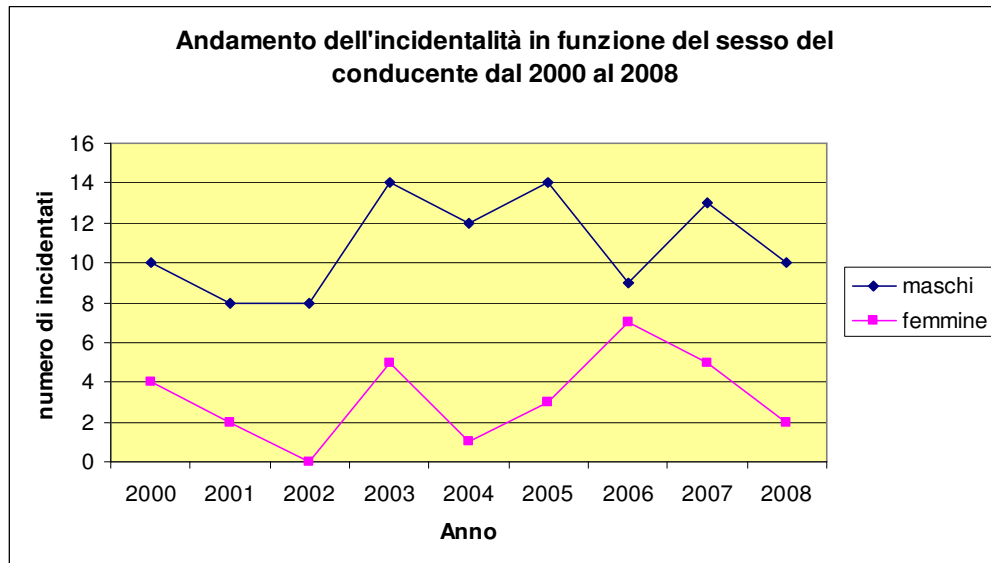


Figura 52: andamento dell'incidentalità in base al sesso del conducente

La categoria con il più alto numero di incidenti è quella maschile con un picco di 14 sinistri nel 2003 e 2005.

I maschi rappresentano il 77 % di utenti contro il 23% di utenti femminile.

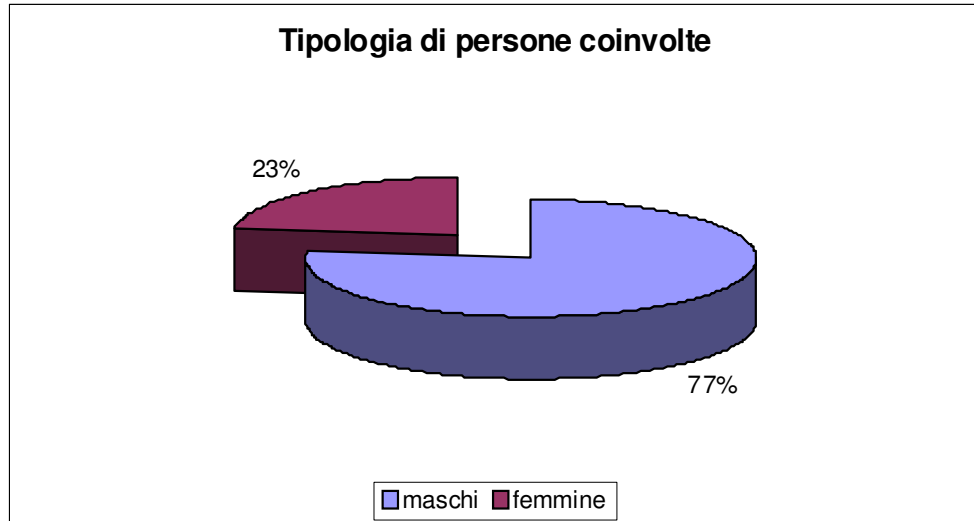


Figura 53: percentuale di persone coinvolte

La categoria maggiormente coinvolta negli incidenti è di nazionalità italiana con l'88%. Fra gli stranieri la percentuale più rilevante è data da cinesi e pachistani.

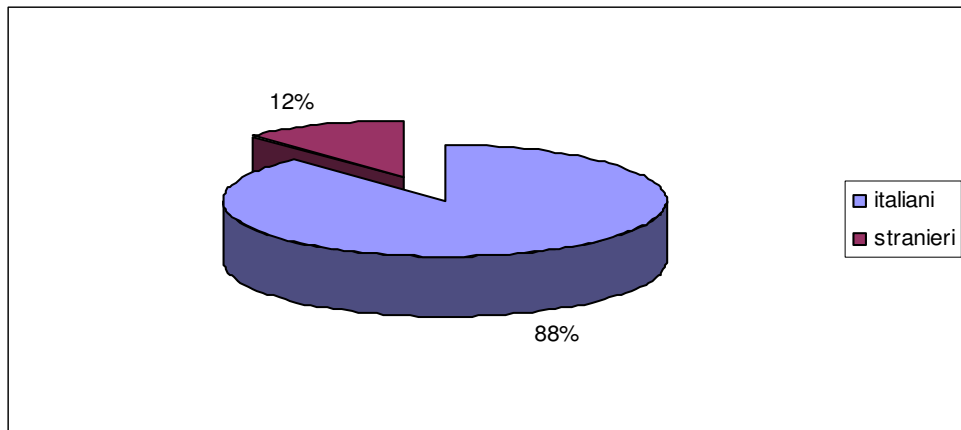


Figura 54: nazionalità delle persone coinvolte

La fascia di età maggiormente colpita è quella dai 30 ai 65 anni. La categoria a rischio cioè quella dei giovani fino a 30 anni rappresenta il 30% mentre quella dai 30 ai 65 anni è la più vulnerabile.

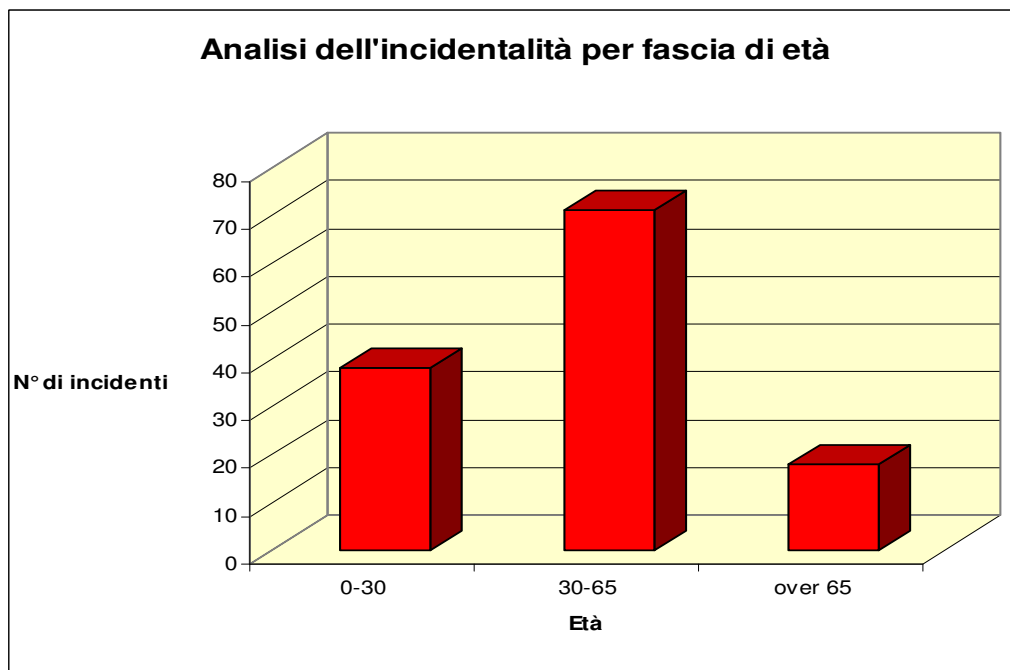


Figura 55: incidenti per fascia di età

Nelle due tabelle che seguono sono riportati i dati di incidentalità inerenti all'intersezione oggetto di studio:

Tabella 9: dati di incidentalità in base a data e ora dell'incidente, tipologia di sinistro, tipologia di veicoli coinvolti.

<i>Data e ora del sinistro</i>	<i>Tipologia di sinistro</i>	<i>Tipologia di veicoli coinvolti</i>
2000-12:45	Urto laterale	Autovettura -autovettura
2000-15:30	Frontale -laterale	Autovettura -autovettura
2000-1:00	Frontale -laterale	Autovettura -autovettura
2000-16:00	Frontale -laterale	Autocarro - autovettura
2000-13:00	Frontale -laterale	Autovettura -autocarro
2000-9:35	tamponamento	Autovettura -autovettura
2000-21:55	Frontale -laterale	Autovettura -autovettura
2001-20:15	laterale	Autocarro - autovettura
2001-7:45	Frontale -laterale	ciclomotore-autovettura
2001-12:15	Frontale -laterale	Autovettura -autovettura
2001-20:50	Frontale -laterale	Autovettura -autovettura
2001-18:10	Frontale -laterale	autovettura- autocarro
2002-17:50	Frontale -laterale	autovettura- autocarro
2002-11:15	laterale	Autocarro-autovettura
2002-22:30	Frontale-laterale	autovettura-ciclomotore
2002-10:25	frontale	Autovettura -autovettura
2003-20:50	tamponamento	Autovettura -autovettura
2003-7:45	Frontale -laterale	autovettura-ciclomotore
2003-18:35	tamponamento	Tre autovetture
2003-17:00	tamponamento	Autovettura -autovettura
2003-13:00	laterale	autocarro - ciclomotore
2003-17:00	frontale	Autovettura-autovettura
2003-19:45	Frontale - laterale	Autovettura -autovettura
2003-22:50	Frontale - laterale	Autovettura -autovettura
2003-12:30	tamponamento	Autovettura -autovettura
2004-8:30	frontale	Autocarro-autovettura
2004-21:05	Frontale - laterale	Autovettura -autovettura
2004-18:45	laterale	Autovettura -autovettura
2004-21:00	Frontale - laterale	autovettura-ciclomotore
2004-16:00	laterale	Autocarro-autoarticolato
2004-17:00	laterale	Vettura - autoarticolato
2004-19:45	Impatto con ostacolo	autovettura
2005-23:50	tamponamento	3 autovetture
2005-16:00	tamponamento	Autovettura-autovettura
2005-14:50	laterale	Autovettura-autovettura
2005-12:15	tamponamento	Autocarro-autovettura
2005-12:30	tamponamento	Autovettura-autovettura
2005-1:30	tamponamento	Autovettura-autovettura
2005-8:20	frontale	Autovettura-autovettura
2005-14:20	laterale	Autocarro - autovettura
2006-8:25	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura
2006-16:50	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura
2006-15:40	Scontro laterale	Autovettura- autotreno
2006-14:40	Frontale - laterale	Autovettura-ciclomotore
2006-14:20	tamponamento	Autovettura-autovettura
2006-10:50	Frontale - laterale	Autovettura-ciclomotore
2006-18:50	Frontale - laterale	Autovettura-velocipede
2006-17:45	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura
2007-19:30	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura
2007-7:15	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura
2007-22:00	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura

2007-7:10	Frontale - laterale	Autocarro-autovettura
2007-7:25	tamponamento	Autovettura-ciclomotore
2007-23:45	Scontro veicolo-pedone	Autovettura-pedone
2007-16:30	laterale	Autovettura-autocarro
2007-16:15	laterale	Autovettura-ciclomotore
2007-8:15	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura
2008-19:30	laterale	Autovettura-autovettura
2008-16:15	laterale	Autovettura-autovettura
2008-16:15	laterale	Autovettura-autocarro
2008-7:15	Frontale - laterale	Velocipede-autovettura
2008-18:50	Frontale - laterale	Autovettura-autovettura

Tabella 10: dati di incidentalità in base a età, sesso e nazionalità dei conducenti.

<i>Data e ora del sinistro</i>	<i>Età / sesso</i>	<i>Nazionalità</i>
2000-12:45	38 maschio 28 femmina	Pakistan Italia
2000-15:30	70 maschio 70 maschio	Italia Italia
2000-1:00	29 maschio 39 maschio	Russia Italia
2000-16:00	54 maschio 42 maschio	Italia Italia
2000-13:00	70 maschio 34 maschio	Italia Italia
2000-9:35	68 femmina 30 femmina	Italia Italia
2000-21:55	18 femmina 35 maschio	Italia Italia
2001-20:15	38 maschio 42 maschio	Italia Italia
2001-7:45	44 maschio 19 femmina	Italia Italia
2001-12:15	21 maschio 64 maschio	Italia Italia
2001-20:50	49 maschio 46 maschio	Italia Italia
2001-18:10	60 femmina 19 maschio	Italia Italia
2002-17:50	42 maschio 36 maschio	Italia Italia
2002-11:15	38 maschio 59 maschio	Italia Italia
2002-22:30	62 maschio 27 maschio	Italia Pakistan
2002-10:25	29 maschio 30 maschio	Italia Italia
2003-20:50	65 maschio 36 maschio	Italia Italia
2003-7:45	28 femmina 15 maschio	Italia Italia
2003-18:35	67 maschio 30 femmina 36 maschio	Italia Italia Italia

2003-17:00	50 maschio 55 maschio	Italia Italia
2003-13:00	31 maschio 33 maschio	Italia Italia
2003-17:00	55 femmina 70 maschio	Italia Italia
2003-19:45	32 maschio 28 femmina	Italia Ghana
2003-22:50	55 maschio 21 maschio	Italia Italia
2003-12:30	28 femmina 65 maschio	Italia Italia
2004-8:30	35 maschio 43 maschio	Italia Italia
2004-21:05	33 maschio 49 maschio	Italia Italia
2004-18:45	80 maschio 25 maschio	Italia Italia
2004-21:00	39 maschio 21 femmina	Italia Italia
2004-16:00	38 maschio 34 maschio	Cina Italia
2004-17:00	35 maschio 55 maschio	Cina Italia
2004-19:45	30 maschio	Italia
2005-23:50	25 maschio 60 maschio 20 maschio	Italia Italia Italia
2005-16:00	66 femmina 79 maschio	Italia Italia
2005-14:50	40 maschio 36 maschio	Italia Italia
2005-12:15	78 maschio 30 maschio	Italia Italia
2005-12:30	44 femmina 31 maschio	Italia Italia
2005-1:30	46 maschio 20 maschio	Italia Italia
2005-8:20	60 femmina 73 maschio	Italia Italia
2005-14:20	32 maschio 53 maschio	Turchia Italia
2006-8:25	30 maschio 69 maschio	Italia Italia
2006-16:50	25 maschio 22 femmina	Cina Italia
2006-15:40	39 femmina 36 maschio	Polonia Italia
2006-14:40	57 femmina 18 femmina	Italia Italia
2006-14:20	38 maschio 54 maschio	Ghana Italia
2006-10:50	75 femmina 75 femmina	Italia Italia
2006-18:50	49 maschio 11 femmina	Italia Moldavia
2006-17:45	46 maschio	Italia



	25 maschio	Italia
2007-19:30	38 femmina 43 maschio	Italia Italia
2007-7:15	33 maschio 40 maschio	Pakistan Polonia
2007-22:00	24 maschio 28 maschio	Italia Italia
2007-7:10	58 femmina 42 maschio	Italia Italia
2007-7:25	38 femmina 34 maschio	Italia Italia
2007-23:45	79 maschio 27 maschio	Italia Marocco
2007-16:30	37 femmina 66 maschio	Italia Italia
2007-16:15	37 maschio 14 maschio	Italia Italia
2007-8:15	70 maschio 50 femmina	Italia Italia
2008-19:30	34 maschio 22 femmina	Italia Italia
2008-16:15	21 maschio 19 maschio 41 maschio 55 maschio	Italia Italia Italia Italia
2008-16:15	39 maschio 50 maschio	Italia Italia
2008-7:15	22 maschio 50 maschio	Pakistan Italia
2008-18:50	20 femmina 38 maschio	Italia Italia

### 3.3 Analisi del traffico

In data mercoledì 4 novembre 2009 sono stati effettuati dei rilevamenti nell'intersezione, all'ora di punta dalle 7:30 alle 8:30, per ottenere informazioni sul flusso di traffico transitante, specificando la tipologia di veicolo (auto o mezzo pesante). Con i dati estrapolati dalla tavola "*rilievo planimetrico con flussi di traffico nell'incrocio Losi-Guastalla-Manzoni*" si analizzeranno le problematiche inerenti al traffico valutando i rami più o meno carichi. I flussi di traffico in arrivo da Novi sono 1813 veicoli (70 mezzi pesanti) e quelli in uscita dalla tangenziale con direzione Modena 1785 veicoli (47 mezzi pesanti). Dei flussi provenienti da Novi 1027 veicoli (35 mezzi pesanti) attraversano l'intersezione mentre i rimanenti 610 (26 mezzi pesanti) svoltano per immettersi su via Guastalla. Il flusso proveniente da via Manzoni è di 1270 veicoli (17 mezzi pesanti) e rappresenta l'utente abituale che si sposta lungo il tragitto casa-lavoro. Di questi 499 (8 mezzi pesanti) attraversano l'intersezione per proseguire lungo via Guastalla e 641 (8 mezzi pesanti) affrontano la manovra di svolta a sinistra in direzione Modena. I rimanenti 139 veicoli (1 mezzo pesante) si immettono nella corsia di canalizzazione della tangenziale in direzione Novi. Il flusso presente sulla tangenziale con provenienza Modena è di 1072 veicoli (49 mezzi pesanti). Di questi 710 (39 mezzi pesanti) attraversano l'intersezione con direzione Novi, i restanti 87 veicoli (5 mezzi pesanti) si immettono nella corsia di svolta a sinistra in direzione Guastalla. 281 svoltano su via Manzoni. Il flusso in arrivo da via Guastalla è di 516 vetture (25 mezzo pesanti), dei quali 162 svoltano a sinistra per immettersi sulla tangenziale con direzione Novi e 237 (7 mezzi pesanti) attraversano per dirigersi su via Manzoni. I restanti 117 (4 mezzi pesanti) utilizzano le corsie di immissione per la tangenziale in direzione Modena. Da via Donati (strada locale che affianca la tangenziale) si immettono 48 auto e nessun mezzo pesante. La maggioranza (35 veicoli) confluisce su via Manzoni mentre gli altri 6 veicoli attraversano per proseguire verso Novi. Da queste considerazioni si deduce che i rami maggiormente carichi sono quelli che dirigono verso la zona industriale cioè via Guastalla e la tangenziale con direzione Modena. Da via Manzoni si spostano il maggior numero di veicoli (1270), infatti rappresenta

l'asse di collegamento principale tra la zona residenziale nord di Carpi e la zona industriale.





## **CAPITOLO 4**

### ***ROAD SAFETY REVIEW DELL'INTERSEZIONE GUASTALLA-LOSI-MANZONI NEL COMUNE DI CARPI***

#### **4.1 Premessa**

Il presente documento è stato redatto ai sensi della Circolare n. 3699 dell'08/06/01 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e costituisce il Rapporto di Analisi di Sicurezza dell'intersezione Guastalla-Losi-Manzoni.

Il tratto esaminato è attualmente di competenza della provincia di Carpi.

#### **4.2 Modalità di rilievo**

Sono stati effettuati due rilievi diurni in data 15-11-2009, dalle ore 9:30 alle ore 11:30, il primo a marcia normale a velocità di 50 km/h ed il secondo a marcia ridotta, e due rilievi serali in data 10-12-2009, dalle ore 18.30 alle ore 20:30, il primo a marcia normale al tramonto ed il secondo a marcia ridotta in condizioni di completa oscurità. Entrambi sono stati condotti con buone condizioni atmosferiche (cielo sereno) e pavimentazione asciutta. Il primo rilievo è stato effettuato utilizzando una telecamera per entrambi i sensi di marcia; il secondo, invece, soffermandosi per fotografare alcuni particolari. La posizione delle fotografie scattate è indicata nella tavola 1.

### 4.3 Dati di incidentalità e traffico

Il committente ha fornito dati di traffico e dati incidentali disaggregati relativi agli ultimi 5 anni rilevati dal Nucleo dei Carabinieri del Comune di Carpi.

Si riporta la planimetria con i flussi di traffico misurati tra le 7:30 alle 8:30.

Tra parentesi sono scritti il numero di veicoli pesanti (autocarri, autoarticolati, autobus) transitanti. Il numero complessivo di veicoli che transitano in ogni sezione stradale è rappresentata con un cerchio nero.

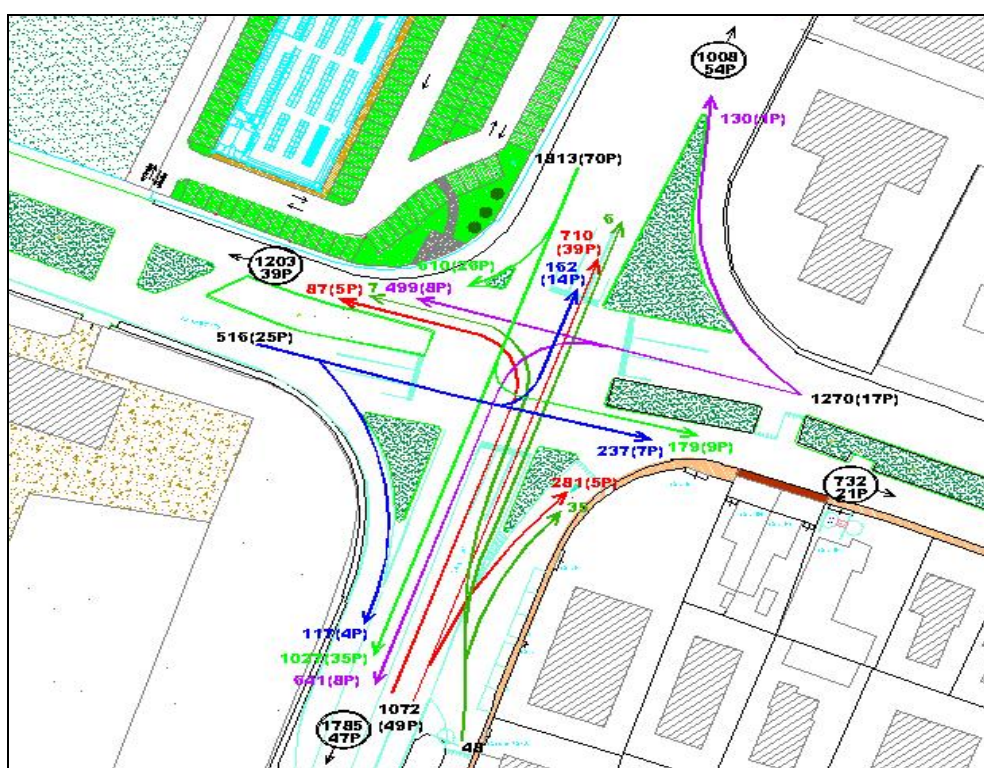
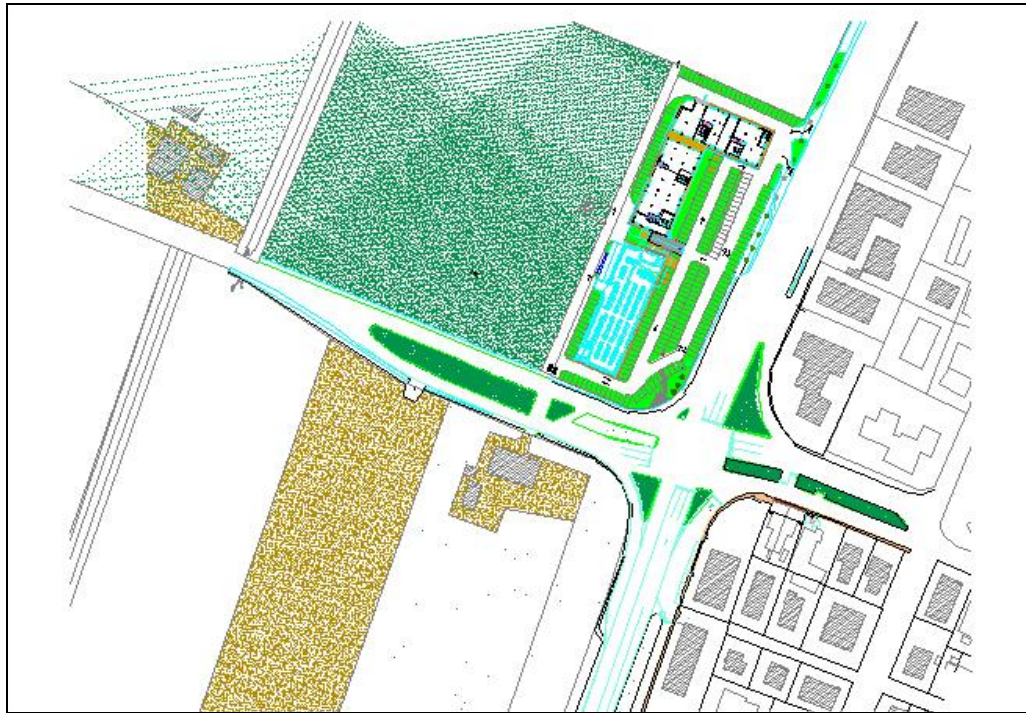


Figura 56: flussi di traffico transitanti nell'intersezione

#### 4.4 Cartografia

Si dispone delle planimetrie in scala 1:1000 e di un rilievo particolareggiato del tratto su supporto informatico.



*Figura 57: planimetria della zona interessata dall'intervento*



#### **4.5 Descrizione dell'intersezione**

Il tratto interessato dallo studio riguarda l'intersezione semaforizzata tra via Guastalla, via Manzoni e la tangenziale Bruno Losi. È un tratto pianeggiante con pendenze modeste. La tangenziale Bruno Losi si estende per una lunghezza di circa 3 km e si inserisce lungo le principali direttrici di collegamento tra Novi e Modena. Secondo il DM 5/11/2001 è classificata come strada extraurbana comunale, ha due corsie per senso di marcia ed è costeggiata da ambo i lati da file di cipressi non protetti. L'illuminazione è assente lungo tutto il tracciato e la pavimentazione è molto ammalorata. Via Guastalla è classificata come strada extraurbana principale, presenta due corsie per senso di marcia divise da un'isola spartitraffico ed è il principale collegamento tra la zona residenziale di Carpi e il polo produttivo ovest della città. La pavimentazione è fortemente degradata, la segnaletica in vari punti è assente e la visibilità notturna è scarsa.

Via Manzoni è classificata come strada urbana e rappresenta la porta di ingresso alla città per chi proviene dalla tangenziale. È caratterizzata da due carreggiate divise da un'isola artificiale. La pavimentazione presenta molti interventi di rappezzo mal eseguiti con bordi irregolari e di spessore variabile.

In alcuni punti sono evidenti fessure e avvallamenti dovuti principalmente al passaggio di veicoli. Molti cartelli stradali sono posizionati in zone pericolose e non adeguatamente protetti. Gli attraversamenti pedonali sono poco segnalati e scarsamente visibili nelle ore notturne. I marciapiedi sono deteriorati con bordi eccessivamente rialzati.

#### **4.6 Norme e testi di riferimento**

- [1] Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 3699 dell'8 giugno 2001, "Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade".
- [2] Nuovo Codice della Strada D.L. n. 285 del 30/04/1992, relativo regolamento D.P.R. n. 495 del 16/12/1992 e successive modifiche e integrazioni.
- [3] D.M. 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".
- [4] D.M. 6 giugno 1998 e succ. modd. "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradali".
- [5] UNI EN 1317/1-2-3 ed UNI ENV 1317/4 "Barriere di sicurezza stradali".
- [6] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, "Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali", Studio a carattere prenormativo, rapporto di sintesi, 10 settembre 2001.
- [7] D.M. LL. PP. 31 marzo 1995 "Disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione di segnali stradali.
- [8] D.L. 14 agosto 1996 n. 493 "Attuazione della direttiva 95/58/CEE contenente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro".
- [9] D.M. 21 giugno 2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale", G.U. 5 agosto 2004, n. 84.

#### **4.7 Problematiche diffuse lungo il tracciato**

L'analisi di sicurezza ha rilevato alcune problematiche riguardanti i seguenti aspetti:

1. pavimentazione;
2. utenze deboli;
3. margini;
4. segnaletica.

## **4.8 Provenienza Novi**

### **4.8.1 Pavimentazione**

#### **Problema (1) : pavimentazione**

Manto stradale fortemente ammalorato con presenza di crepe e fessure che in alcuni tratti raggiungono il completo distacco di materiale. Sono frequenti rappezzati mal eseguiti, con bordi irregolari e scarsa uniformità col resto della pavimentazione.



*Foto 58: immagini sulle condizioni della pavimentazione stradale*

### **Raccomandazione**

Gli interventi che si raccomandano variano in funzione del quadro fessurativo riscontrato (diffusione, larghezza e profondità delle lesioni, degradazione dei bordi).

Per i tratti dove l'ammaloramento raggiunge bassi livelli, si raccomanda un intervento di sigillatura delle fessure.

Il trattamento delle fessurazioni nelle pavimentazioni stradali è una procedura manutentiva necessaria al fine di contenere il deterioramento dell'intera sovrastruttura, poiché, impedendo il percolamento delle acque superficiali, si riduce la contaminazione degli strati profondi limitandone il degrado.

Gli interventi eseguibili sulle fessure del piano viabile si riconducono principalmente al riempimento e alla sigillatura con prodotti a matrice bituminosa (figura 1): il primo si effettua a caldo e prevede l'introduzione di materiale opportunamente scelto in base alle dimensioni effettive della lesione (non più di 10 mm di larghezza) e agli spostamenti che essa può subire. La seconda, al contrario, può essere realizzata anche a freddo e prevede l'impiego di sigillanti a nastro.

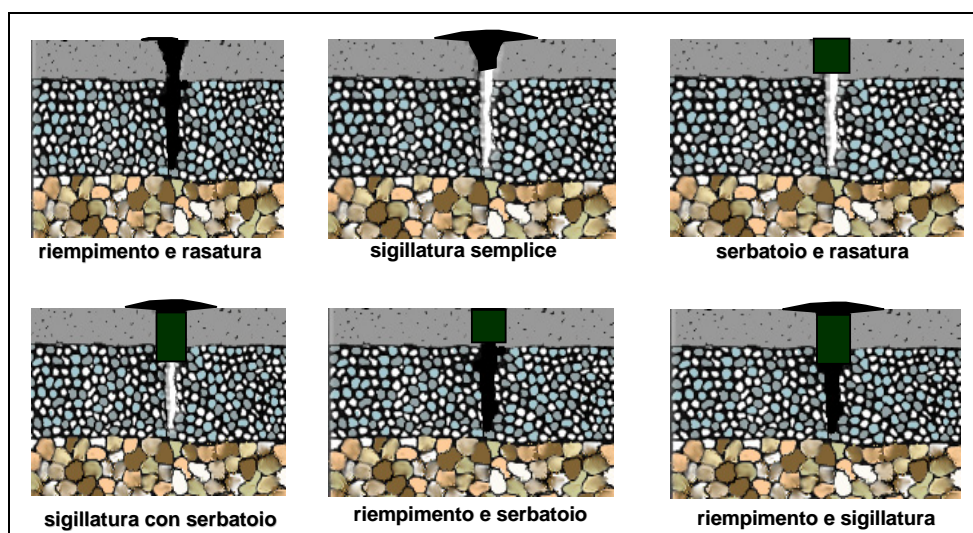


Foto 59: Tecniche di riempimento e sigillatura

La scelta dell'uno o dell'altro metodo si effettua a seconda del quadro fessurativo riscontrato, in modo da mantenere l'Indice di Condizione della pavimentazione al di sopra di una soglia accettabile. Quest'ultimo esprime le

condizioni di una sovrastruttura stradale in relazione agli anni di vita utile trascorsi, classificandola in base all'estensione e alla gravità del dissesto presente. Sperimentalmente si è osservato che il decadimento dei requisiti prestazionali del piano viabile presenta un andamento crescente nel tempo: il degrado può originarsi in superficie per poi estendersi progressivamente in profondità (top-down cracks), oppure può instaurarsi alla base degli strati legati per poi risalire (bottom-up cracks). In ogni caso, quando le fessure interessano più strati, il fenomeno si accentua. Ad esempio, una pavimentazione flessibile trascurata è soggetta ad un calo di Condizione pari al 40% nei primi 3/4 della sua vita utile, ed ad un ulteriore decremento del 40% nel restante quarto. Ripristinare le condizioni iniziali al termine della vita utile, potrà costare in linea di massima dalle 4 alle 5 volte in più rispetto ad un intervento eseguito a circa 3/4 della stessa (figura 2).

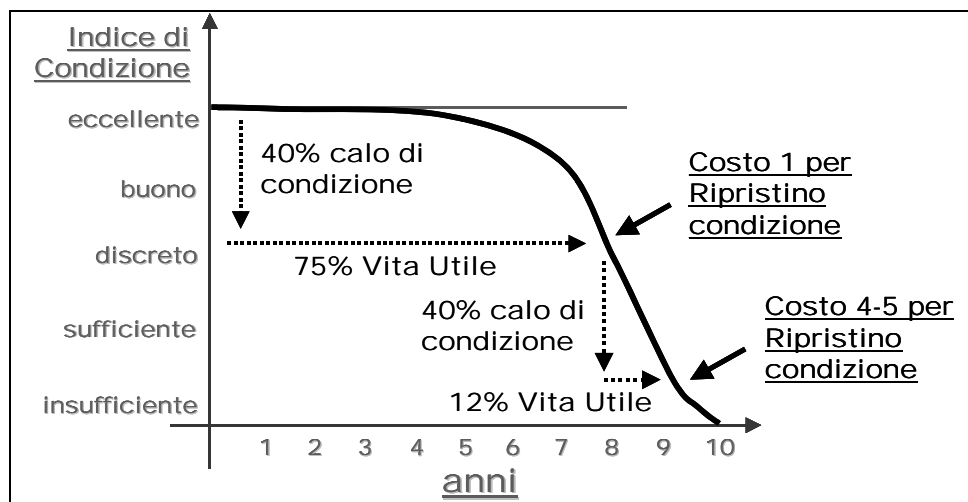


Foto 60: Tipica curva dell'Indice di Condizione

Per il caso in esame può essere utile l'impiego di un sigillante bituminoso a freddo a nastro, in rotoli da applicare a freddo direttamente sulla fessura tramite un trolley (figura 3). La tipologia applicativa è del tipo sigillante con materiale in eccesso (non sono necessari primer di adesione). Il prodotto è ottenuto per estrusione a formare un nastro bituminoso continuo della larghezza variabile in commercio dai 40 ai 100 mm e dello spessore di 4 mm. Il bitume di base è un 200 pen modificato con SBR e resine. La miscela finale ha

un punto di rammollimento superiore ai 200°C ed una viscosità Brookfield di 186000 CPs (tabella 1). E' sconsigliato utilizzare questa tecnologia quando la temperatura è inferiore ai 10°C; in questo caso la superficie della pavimentazione stradale dovrebbe essere preriscaldata.

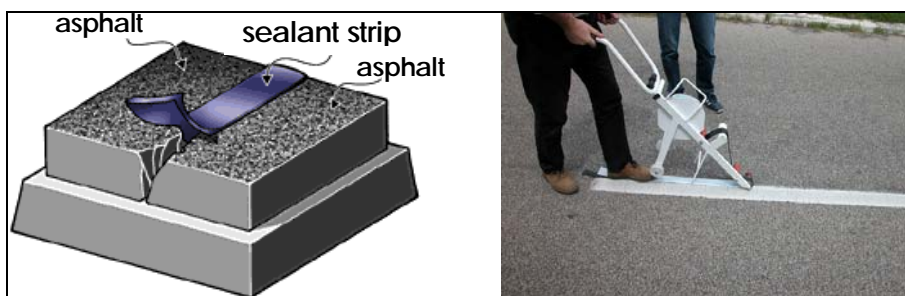


Foto 61: Schema di posa e trolley per l'applicazione.

Characteristic	Test Standard	unit	Value
softening point	EN 1427	°C	> 200
pen@25°C	En 1426	dmm	26.5
adhesion on concrete	DIN 1996 Part 19 Mod.	N/cm <sup>2</sup>	76.2
S.G. @25°C	UNI 70/92/72	g/cm <sup>3</sup>	1.21
Plasticity/Resilience	DIN 1996 Part 19 Mod.	%	75
Vertical Flow@60°C/5hours	SNV 671916	mm	0
Brookfield Viscosity	EN 13072/2	CPs	186000
Sphere Pen	ASTM D 5	dmm	6
Hardness	ASTM D 2240	ShoreA	70
Skid Resistance	CNR B.U. 105	BPN	70

Tabella 11: Caratteristiche del prodotto

Per i tratti dove l'ammaloramento raggiunge livelli medi, invece, si raccomanda un intervento di riempimento e riparazione delle buche. Quest'ultimo deve essere realizzato con:

- inerti ottenuti dalla frantumazione di rocce, di forma poliedrica, puliti e senza la presenza di argilla (tabella 1).

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Perdita in peso Los Angeles (%)</i>	<i>&gt;18</i>
<i>Coefficiente di frantumazione</i>	<i>120 max</i>
<i>Perdita per decantazione</i>	<i>1 max</i>
<i>Coefficiente di levigabilità accelerata</i>	<i>&gt;0.40</i>
<i>Coefficiente di forma</i>	<i>&gt;3</i>

Tabella 12: caratteristiche degli inerti

Le graniglie saranno miscelate in proporzione con due parti grosse e una piccola fino a raggiungere una percentuale di vuoti residui compresa tra 10-18%. L'emulsione nella miscela è compresa tra 8-10% in peso sugli aggregati. In inverno la graniglia sarà riscaldata e prebitumata con lo 0.5 % di bitume.

- emulsione bituminosa a rottura rapida, a polimeri modificati con le seguenti caratteristiche:

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Contenuto di acqua (%)</i>	<i>29-33</i>
<i>Pseudo viscosità engler</i>	<i>9</i>
<b>Omogeneità (%)</b>	
<i>Particelle più grandi di 0.50 mm (max)</i>	<i>0.1</i>
<i>Particelle comprese tra 0.50 e 0.16 mm (min)</i>	<i>0.25</i>
<b>Stabilità di stoccaggio (%)</b>	
<i>Decantazione (max) (%)</i>	<i>5</i>
<i>Sedimentazione (max) (%)</i>	<i>5</i>
<i>Punto di rottura di rottura</i>	<i>80-120</i>
<i>Carica delle particelle</i>	<i>positiva</i>
<i>PH</i>	<i>2-4</i>
<b>Caratteristiche del legante</b>	
<i>Penetrazione a 25°C (x 0.1 mm)</i>	<i>55-65</i>
<i>Punto di rammollimento (°C)</i>	<i>65-75</i>
<i>Punto di rottura FRASS (max) (°C)</i>	<i>-15</i>
<i>Tipologia di polimero</i>	<i>elastomero</i>

Tabella 13: caratteristiche della emulsione bituminosa

Per quanto riguarda le modalità di posa in opera, prima del riempimento delle buche si consiglia una preliminare pulizia della zona interessata ed un preventivo getto di emulsione.

Per i tratti dove l'ammaloramento raggiunge livelli elevati, invece, si raccomanda un intervento di rifacimento del piano viabile mediante stesa di *SPLITTMASTIX-ASPHALT (SMA)*.

Si procede con la fresatura della parte interessata per profondità che variano da 4÷6 cm se si vuole risolvere problemi di aderenza e regolarità oppure per profondità maggiori (10cm) per risolvere problemi strutturali di portanza. Mediante le frese si procede con la scarificazione cioè asportazione e rimozione del conglomerato bituminoso degradato.

La nuova pavimentazione è formata da un conglomerato di usura antisdrucchiolo di tipo chiuso. Viene impiegato per migliorare l'aderenza, aumentare la portanza e ridurre il velo di acqua sulla superficie stradale diminuendo effetto spray. I vantaggi nell'utilizzo di questa tecnica sono molteplici:

- aumento delle proprietà meccaniche ed antiskid;
- riduzione dell'inquinamento acustico provocato dal rotolamento dei pneumatici;
- impermeabilizzazione della parte superficiale della strada con funzione di protezione della struttura sottostante.

Per quanto riguarda le caratteristiche delle materie prime:

- Aggregato grosso: formato da pietrischetti e graniglie dovrà essere costituito da inerti basaltici.

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Perdita in peso Los Angeles (%)</i>	<i>&lt;20</i>
<i>Coefficiente di levigabilità accelerata (%)</i>	<i>&gt;0.45</i>
<i>Coefficiente di forma</i>	<i>&gt;0.15</i>
<i>Coefficiente di imbibizione</i>	<i>&lt;0.015</i>
<i>Perdita in peso alla prova idrofila(%)</i>	<i>0.7 max</i>

Tabella 14: caratteristiche della emulsione bituminosa

- Aggregato fino: formato da sabbia di frantumazione



<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Perdita in peso Los Angeles (%)</i>	<25
<i>Equivalente in sabbia (%)</i>	>45

Tabella 15: caratteristiche dell'aggregato fino

- Additivi: derivano dalla macinazione di rocce calcaree oppure da cemento, calce idrata, calce idraulica. L'additivo passante per via secca al setaccio ASTM 200 dovrà passare allo stesso setaccio per via umida in quantità superiore al 60%. Nella composizione granulometrica deve essere presente il 2% in peso di calce idrata.
- bitume modificato con tenore di bitume sarà compreso tra il 6-7%.

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<b><i>bitume modificato tipo medium</i></b>	
<i>Penetrazione a 25 °C (dmm)</i>	50-70
<i>Punto di rammollimento P&amp;A (°C)</i>	60-70
<i>Punto di rottura Fraass (°C)</i>	<-14
<i>Punto di infiammabilità (°C)</i>	>250
<i>Viscosità a 160 °C</i>	0.3-0.5
<i>Intervallo di elastoplasticità (°C)</i>	>75
<i>Recupero elastico a 25 °C (°C)</i>	>90
<i>Coesione a 10 °C( j/cm<sup>2</sup> )</i>	>3
<i>Stabilità allo stoccaggio (°C)</i>	<3
<b><i>Resistenza all'invecchiamento RTFOT</i></b>	
<i>Perdita in massa %</i>	0.5
<i>Penetrazione residua a 25 °C (%)</i>	>60
<i>Variazione del punto di rammollimento °C</i>	<10

Tabella 16: caratteristiche del bitume modificato

ù

Per quanto riguarda le caratteristiche della miscela:

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Percentuale di vuoti residui (%)</i>	2-6
<i>Stabilità Marshall a 60°C (KN)</i>	>10
<i>Rigidezza Marshall (KN/mm)</i>	3.5-6
<i>Massa volumica delle carote indisturbate rispetto ai provini Marshall (%)</i>	>97
<i>Impronta DIN a 60 °C (mm)</i>	< 2
<i>Resistenza alla compressione diametrale (N/mm)</i>	>0.7

Tabella 17: caratteristiche della miscela

Per quanto riguarda le modalità di posa in opera:

Inizialmente va accertata la funzionalità dell'impianto per il perfetto essiccamento degli inerti, per il dosaggio del bitume, del filler, degli inerti e il raggiungimento della temperatura di miscelazione che non deve superare i 180°C. La temperatura del bitume modificato è compresa tra 150-170°C. Nel caso che il bitume modificato non venga utilizzato a breve termine va conservato in serbatoi coibentati contenenti un dispositivo di riscaldamento.

Il trasporto dello SMA va curato con più attenzione rispetto ai conglomerati tradizionali a causa della diminuzione di lavorabilità dovuta al raffreddamento dell'impasto. Il trasporto avviene con autocarri muniti di teloni e cassoni coibentati per evitare il raffreddamento superficiale e la formazione di addensanti.

Prima della stesa, si procede con un'accurata pulizia stradale e il posizionamento di una emulsione bituminosa di bitume modificato per ottenere un effetto ancoraggio alla pavimentazione sottostante e prevenire la trasmissione di fessure dalla fondazione alla superficie.

L'operazione di stesa avviene con vibrofinitrici, la temperatura è compresa tra i 150-170 °C. La compattazione deve avvenire appena dopo la stesa, l'addensamento avviene con rulli lisci di idoneo peso (8-10 t) in modo da assicurare il raggiungimento di una densità pari al 97% della densità Marshall.

### Problema(2): tombini

I tombini sono raccordati male con la pavimentazione.



Foto 62: immagini di tombini pericolosi

### Raccomandazione

Si raccomanda di rialzare il tombino e sostituirlo con uno in ghisa lamellare perlitica idoneo al deflusso delle acque meteoriche. È necessario prestare molta attenzione al posizionamento plano-altimetrico dei tombini, in quanto possono rappresentare un'insidia per gli utenti a due ruote.

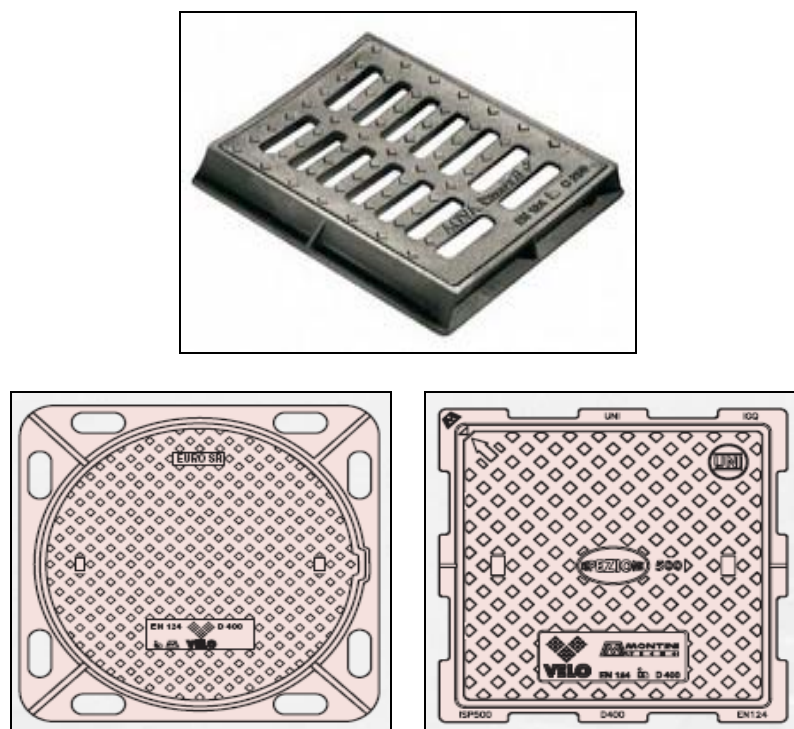


Foto 63: tombino circolare con sagoma quadrata e tombino quadrato

**Problema (3) : pulizia della pavimentazione**

A lato carreggiata sono presenti accumuli di detriti dovuti alla mancanza di manutenzione del manto stradale.



*Foto 64: immagini di pavimentazione sporca*

***Raccomandazione***

Si raccomanda la pulizia periodica del manto stradale tramite macchinari adeguati.

## 4.8.2 Margini

### Problema (4): sezione trasversale

In alcuni tratti la banchina è assente. A lato carreggiata i margini sono costituiti da materiale granulare che sporca la carreggiata in caso di pioggia.



Foto 65: immagini sulle condizioni della banchina e cunetta

### **Raccomandazione**

Si raccomanda di realizzare le banchine laterali nei tratti sprovvisti, asfaltando il margine non pavimentato. Una possibile soluzione potrebbe essere l'utilizzo di blocchi in cls vibrato monostrato con due elementi riflettenti di colore giallo, destinati alla raccolta delle acque meteoriche e al loro deflusso negli elementi

di scarico. Questi elementi rispettano le normative europee UNI EN 1338 e UNI EN 1340. La soluzione adottata permette di ottenere elementi ad alta visibilità. La parte rifrangente elastoplastica non richiede nessuna manutenzione di pulizia perché si autopulisce per effetto della pioggia e in caso di rottura può essere sostituita per mezzo di un collante.



*Foto 66: esempio di cunetta prefabbricate in cls con elementi riflettenti*



### **Problema (5): elementi laterali**

Lungo i margini della carreggiata sono presenti alberi e cartelli stradali non protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita dei veicoli.



*Foto 67: immagini di vegetazione pericolosa*

### ***Raccomandazione***

Si raccomanda di proteggere lungo il tracciato questi elementi laterali pericolosi per l'utenza sia a quattro, sia a due ruote. Per i motociclisti, in particolare, una semplice caduta con urto contro questi elementi può trasformarsi in un evento fatale. A tal fine può essere utile installare opportuni dispositivi di sicurezza finalizzati alla protezione di questi elementi.

Una barriera di sicurezza che svolge il suo compito in modo ottimale deve poter reagire al veicolo collidente in qualsiasi modalità d'urto in modo da assicurare:

- l'inalicabilità, al fine di garantire la sicurezza di tutto ciò che si trova al di là della struttura di contenimento;

- un graduale rientro in carreggiata del veicolo dopo l'urto, con un angolo di ritorno tale da non arrecare danni agli altri mezzi occupanti la carreggiata;
- le minori accelerazioni possibili a carico degli occupanti del veicolo, in modo da contenere i danni sia alle persone che agli automezzi;
- una resistenza elevata per mantenere in carreggiata anche i veicoli più pesanti;
- un'elevata deformabilità, per consentire grandi spostamenti, dissipazioni di energia e attenuazione dell'impatto;
- una certa durabilità.

Secondo quanto riportato nel D.M. 21.06.2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale" la scelta dei dispositivi di sicurezza deve avvenire tenendo conto dei seguenti fattori:

- destinazione ed ubicazione;
- tipo e caratteristiche geometriche della strada lungo la quale saranno messi in opera;
- composizione e volumi di traffico cui la stessa sarà interessata.

In relazione all'ultimo punto, ai fini applicativi, il traffico è classificato in funzione del valore del TGM (Traffico Giornaliero Medio annuale nei 2 sensi di marcia) e della prevalenza di mezzi pesanti che lo compongono nei tre livelli seguenti (tabella 5):

- traffico tipo I: quando il TGM è minore o uguale a 1000 con qualsiasi percentuale di veicoli merci o maggiore di 1000 con presenza di veicoli di massa superiore a 3500 kg minore o uguale al 5% del totale;
- traffico tipo II: quando, con TGM maggiore di 1000, la presenza di veicoli di massa superiore a 3500 kg è maggiore del 5% e minore o uguale al 15% sul totale;
- traffico tipo III: quando, con TGM maggiore di 1000, la presenza di veicoli di massa superiore a 3500 kg è maggiore del 15% sul totale.



Tabella 18: Livelli di traffico da impiegare [14]

Tipo di traffico	TGM	% veicoli con massa > 3.5 t
I	≤ 1000	Qualsiasi
I	> 1000	≤ 5
II	> 1000	5 < n ≤ 15
III	> 1000	> 15

La tabella 6 riporta le classi minime di barriere da impiegare in funzione del tipo di strada, di traffico e della destinazione. Ove reputato necessario, il progettista ha la facoltà di utilizzare barriere della classe superiore a quella minima indicata; parimenti potrà utilizzare, solo su strade esistenti, barriere o dispositivi di classe inferiore a quelli indicati, se le strade hanno dimensioni trasversali insufficienti, per motivi di riduzione di visibilità al sorpasso o all'arresto.

Tabella 19: classi minime delle barriere da impiegare [14]

Tipo di strada	Tipo di traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 (1)	H2-H3 (1)	H3-H4 (1)
Strade extraurbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

(1) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.

Sulla base delle indicazioni riportate in tabella 6 la scelta del tipo e dell'ubicazione della barriera da adottare deve essere svolta con estrema attenzione alla luce delle esigenze di sicurezza di tutte le tipologie di utenze della strada, comprese quelle deboli. Numerosi dispositivi di sicurezza, infatti, progettati e testati per proteggere gli occupanti dei veicoli con abitacolo, possono rappresentare un'insidia letale per un utente debole che li impatti.

Per ridurre il rischio di lesioni in caso di urto di un motociclista contro una barriera metallica, possono essere adottati diversi provvedimenti, tra i quali in particolare:

- sagome in materiale plastico poste a protezione dei montanti e dei nastri di ritenuta (figura 21);
- montanti realizzati interamente con materiali plastici derivanti dal riciclaggio dei pneumatici dei veicoli (figura 22);
- elementi continui di schermatura dei montanti, posti al di sotto del nastro di ritenuta esistente e realizzati mediante sagome metalliche o componenti modulari in gomma a forma cilindrica (figura 23), in grado di evitare che il motociclista, strisciando sul piano viabile, passi sotto la barriera.

È opportuno sottolineare il fatto che le barriere in calcestruzzo tipo New-Jersey, essendo caratterizzate da superfici piane, risultano meno aggressive nei confronti dei motociclisti rispetto a quelle in acciaio, in quanto hanno il vantaggio di trasformare un contatto di tipo puntuale, come quello con il montante metallico, in uno di superficie.

Sono da evitare, invece, le soluzioni miste acciaio-calcestruzzo costituite da basamenti inferiori in cemento in cui sono inseriti profilati metallici (figura 24). Questi dispositivi risultano potenzialmente lesivi per un motociclista a causa della forma a spigoli vivi degli elementi di base e della presenza dei tubolari in acciaio. Le discontinuità del sistema, inoltre, ne consentono l'attraversamento da parte di un motociclista, con conseguente invasione della corsia opposta.

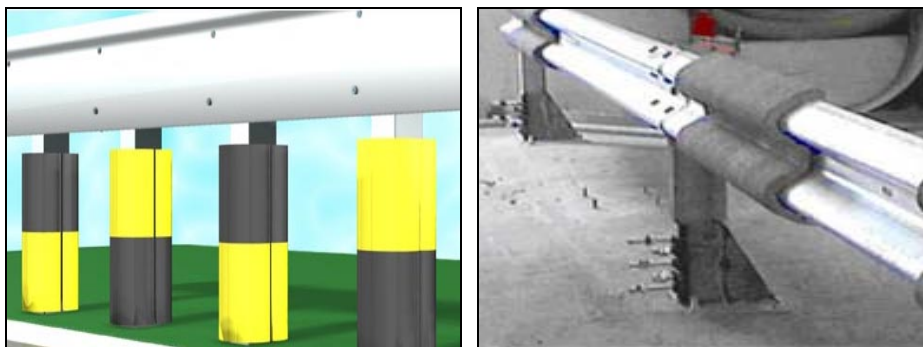


Foto 68: elementi di protezione in materiale plastico per montanti e nastri

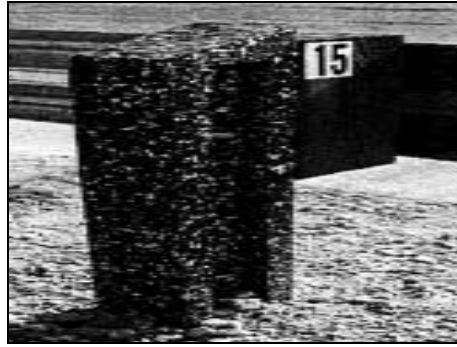


Foto 69: montanti in gomma di pneumatico riciclata



Foto 70: sistemi di protezione dei montanti per barriere metalliche



Foto 71: barriere miste acciaio-calcestruzzo utilizzate come spartitraffico in un'intersezione

Inoltre il progettista dei dispositivi di sicurezza deve curare l'adattamento dei singoli dispositivi alla sede stradale con particolare riferimento ai sistemi di ancoraggio, ai collegamenti tra diversi tipi di protezione, al posizionamento dei terminali. Questi ultimi, infatti, se non protetti o non convenientemente sagomati, possono risultare lesivi per veicoli in svio ed utenti deboli (figura 25).



Foto 72: terminali di barriera di sicurezza: installazione da rivedere

Per questi casi si raccomanda di provvedere all'installazione di attenuatori d'urto puntuali che possono essere classificati in base ai seguenti parametri:

- capacità ridirettiva: si distinguono dispositivi ridirettivi e non ridirettivi. I primi sono sistemi in grado di ridirezionare il veicolo collidente verso la sua traiettoria originale agendo sugli organi di sospensione e sterzo. I secondi, invece, in caso di urto laterale consentono al mezzo di arrestarsi in modo più graduale ma non lo rinviato sulla traiettoria originaria;
- attraversabilità del sistema: si individuano attenuatori d'urto attraversabili e non attraversabili. I primi sono generalmente dispositivi non ridirettivi che permettono al veicolo collidente di attraversare il sistema; i secondi invece sono in grado di garantire il completo contenimento del mezzo;
- materiale che permette la dissipazione energetica: i mezzi che permettono al sistema di assorbire e dissipare l'energia cinetica posseduta dal veicolo collidente possono essere aria, acqua, materiale plastico (polietilene ad elevata densità), materiale ferroso o inerti;

- meccanismo di funzionamento: si distinguono assorbitori di tipo cinetico ed inerziale. I primi agiscono assorbendo l'energia cinetica del veicolo trasferendola al materiale sciolto, deformabile e compressibile costituente il dispositivo, ancorato ad un elemento rigido di contrasto o all'ostacolo da schermare. Presentano generalmente una buona capacità ridirettiva, consentendo di correggere la traiettoria del veicolo collidente con angoli di impatto laterale fino a 20°, allo stesso modo di una barriera di sicurezza (figura 26). Il funzionamento degli attenuatori di tipo inerziale è basato invece sul principio di conservazione della quantità di moto: l'energia cinetica del veicolo collidente è trasferita ad una massa, generalmente di acqua o sabbia, contenuta in cilindri o elementi modulari in materiale leggero non ancorati né a terra né ad un elemento di contrasto. È bene tener presente, comunque, che non sempre gli attenuatori inerziali sono in grado di ridirezionare adeguatamente il veicolo (figura 27).



Foto 73: attenuatori cinetici



Foto 74: attenuatori inerziali



### **Problema (6): marciapiede**

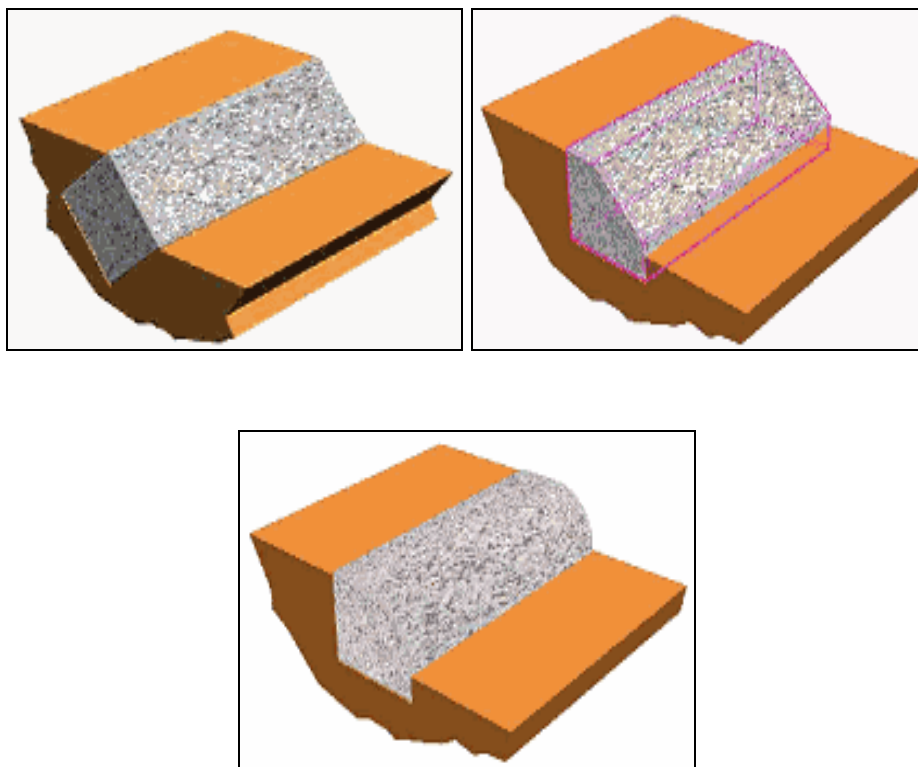
Il bordo del marciapiede è deteriorato. Lo spessore è troppo basso e gli spigoli troppo accentuati.



*Foto 75: immagini di marciapiede deteriorato*

### ***Raccomandazione***

Si raccomanda di procedere alla sistemazione del marciapiede tenendo presente che la tipologia e l'ubicazione dei cordoli laterali sono da definire con estrema cura, al fine di garantirne un perfetto funzionamento nel rispetto delle condizioni di sicurezza di ogni tipologia di utenza della strada, comprese quelle deboli. Questi elementi, infatti, possono costituire punti potenzialmente lesivi per pedoni, ciclisti e motociclisti. Sono pertanto da evitare cordoli di altezza eccessiva, con finiture a spigoli vivi o ad elementi metallici. Una possibile soluzione può consistere nello smussare gli spigoli modificando la sezione del cordolo stesso o inclinandone il montaggio (figura 19). Di ultima generazione sono i cordoli a sezione semicircolare realizzati in gomma riciclata dai pneumatici dimessi; resta, tuttavia, da investigarne l'effettiva efficacia nei confronti della dinamica incidentale che, per la presenza di un piano obliquo, potrebbe comportare il distacco del mezzo impattante dal suolo.



*Figura 76: proposte di modifica dei cordoli stradali*

Un'altra possibile soluzione consiste nell'utilizzo di cordoli in cls dal profilo smussato caratterizzati da elementi rifrangenti ad alta visibilità di colore bianco o giallo.



*Foto 77: esempio di cordoli in cls smussati e rifrangenti*

### **Problema (7): arredo urbano**

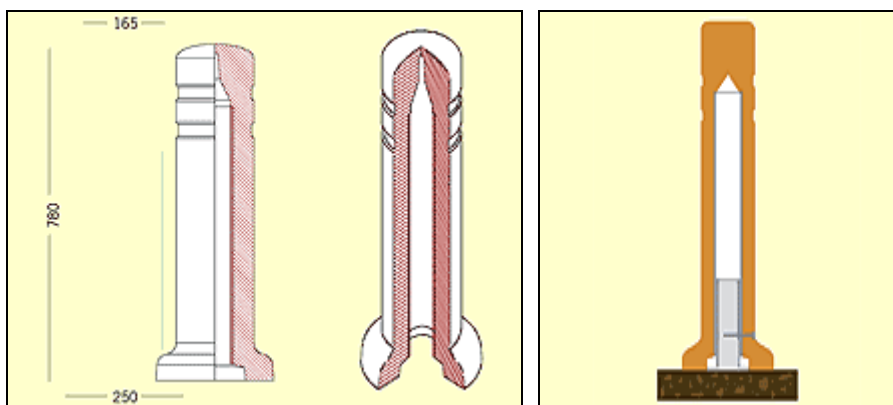
A lato carreggiata, sono presenti degli arredi urbani non protetti e poco visibili nelle ore notturne.



*Foto 78: immagine di arredo urbano potenzialmente pericoloso*

### **Raccomandazione**

Tenendo presente che questi elementi di arredo urbano sono estremamente pericolosi in caso di urto di un veicolo a due ruote, si raccomanda la sostituzione dei paletti in ghisa con dissuasori di sosta realizzati in conglomerato gommoso resinoso in gomma proveniente dal riciclaggio di pneumatici fuori uso. La posa avviene per mezzo di un tubo metallico con piastra e viti autofilettanti.



*Foto 79: schema costruttivo del dissuasore di sosta*



### 4.8.3 Segnaletica

#### Problema (8): segnaletica orizzontale

La segnaletica orizzontale è in alcuni tratti assente e in molti punti è obsoleta e scarsamente visibile.

Le strisce pedonali e i segnali di precedenza sono poco visibili (in particolare nelle ore notturne), sono di materiale poco ruvido che in condizione di asfalto bagnato possono creare problemi di instabilità per i veicoli a due ruote.



Foto 80: immagini di segnaletica orizzontale degradata e poco visibile

### ***Raccomandazioni***

La segnaletica orizzontale è uno strumento essenziale per la guida ottica dei conducenti al fine di:

- delimitare la carreggiata stradale, le corsie di marcia, quelle di manovra e gli spazi di sosta;
- localizzare i passaggi e gli attraversamenti pedonali;
- individuare le linee di arresto dei rami in accesso all'intersezione;
- delimitare le zone della superficie stradale vietate alla circolazione (ad esempio le zebrature);
- delimitare le fermate autobus eventualmente presenti in prossimità dell'incrocio.

La visibilità, indispensabile sia di giorno che di notte, anche in presenza di condizioni meteorologiche avverse, si ottiene mediante un appropriato contrasto cromatico tra la segnaletica e la superficie stradale, ottenuto mediante l'uso di prodotti ad alta rifrangenza ad una distanza corrispondente a quella dei fari anabbaglianti ed abbaglianti dei veicoli (30÷140 m). Nei punti singolari della strada e nelle zone climatiche particolarmente soggette a pioggia e nebbia, è utile integrare le strisce longitudinali con elementi catarifrangenti che, essendo in rilievo rispetto al piano viabile, assolvono alla funzione di guida ottica. Tali elementi catarifrangenti, in base alle caratteristiche funzionali e costruttive, possono essere suddivisi in due tipologie:

- passivi: si illuminano solo se colpiti dalla luce dei fari. Sono posti all'interno di piccole scatole inserite nella pavimentazione ed hanno la superficie superiore rifrangente opportunamente inclinata verso il senso di marcia dei veicoli. La loro visibilità è limitata al campo che l'automobilista riesce a percepire grazie ai fari;
- attivi: emettono luce propria. Funzionano ad energia solare e sono costituiti da una batteria e da un microprocessore interno che gestisce la superficie superiore coperta di LED, opportunamente orientata verso il senso di marcia dei mezzi.

È importante inoltre la loro ubicazione, in quanto, essendo in rilievo rispetto al piano stradale, possono costituire un elemento di pericolo per le utenze deboli

(biciclette e motocicli). Al momento della manutenzione o del rifacimento del piano viabile, inoltre, devono essere rimossi e riposizionati.

La segnaletica orizzontale deve fornire anche ottime prestazioni di aderenza superficiale; infatti una segnaletica con scarse caratteristiche di aderenza può rappresentare un'insidia fatale soprattutto per i mezzi a due ruote. Pertanto si consiglia l'adozione di prodotti con aggregati rifrangenti premiscelati e post-spruzzati, disponibili in commercio sotto diverse forme:

- pitture a solvente o ecologiche: le prime, costituite da leganti (resine acriliche e clorocaucciù), solventi e pigmenti, sono molto diffuse dato il basso costo e la facilità di messa in opera, anche se comportano qualche problema di smaltimento dei rifiuti (latte vuote di vernice). Le seconde si differenziano per l'assenza di sostanze tossiche e sono composte da resine acriliche in emulsione acquosa;
- termoplastici, da applicare a caldo con la tecnica della colata o dello spruzzo. Si impiegano soprattutto in autostrada poiché, grazie ai rapidi tempi di essiccazione e raffreddamento, non comportano interruzioni del traffico;
- laminati, applicati a freddo e ritagliati in sito. Possono essere messi in opera in modalità "in-lay", immediatamente dopo la posa del conglomerato bituminoso, o "over-lay", su pavimentazioni esistenti. L'applicazione non richiede tempi di essiccazione e può avvenire manualmente o con l'utilizzo di apposite macchine che stendono il rotolo e lo compattano.



*Foto 81: immagini di segnaletica orizzontale*

### Problema (9): segnaletica verticale

A lato carreggiata sono presenti cartelli stradali non protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo.



Foto 82: immagini di segnaletica verticale pericolosa

### Raccomandazioni

Le funzioni cui deve assolvere la segnaletica verticale ubicata in corrispondenza di un'intersezione sono le seguenti:

- indicare prima dell'incrocio le mete raggiungibili tramite i vari rami, in modo da realizzare un'adeguata preselezione e canalizzazione delle correnti veicolari;
- comunicare la configurazione topografica dell'intersezione evidenziando gli eventuali rami più importanti;
- segnalare le manovre consentite nell'incrocio;
- informare l'utente su quale strada sta percorrendo e quali potrà percorrere seguendo le varie diramazioni. Per evitare di generare confusione ed incertezza, è consigliabile riportare sui segnali di direzione posti nell'intersezione gli stessi nomi che figurano su quelli di preavviso.

A tal fine il corretto posizionamento plano-altimetrico deve prevedere che:

- sia verificata in ogni punto la sussistenza delle distanze di avvistamento e di ubicazione, pari rispettivamente alla distanza necessaria al conducente per avvertire la presenza del segnale ed alla distanza tra quest'ultimo ed il punto in cui i comportamenti richiesti devono essere attuati;
- i segnali collocati sulla carreggiata e sui marciapiedi siano installati ad un'altezza minima pari rispettivamente a 5.10 m e 2.20 m dal piano viabile;
- i sostegni verticali, in presenza di marciapiede, siano collocati a 0.30 m dal suo ciglio interno. Se quest'ultimo ha larghezza inferiore ad 1.50 m, al fine di non ostacolare la circolazione pedonale, tali sostegni devono essere posizionati al limite esterno dello stesso, a ridosso di eventuali recinzioni. In assenza di marciapiedi i sostegni verticali devono essere ubicati a 0.50 m dal ciglio della banchina.

È importante che i segnali verticali siano leggibili e visibili sia di giorno che di notte. La leggibilità si ottiene con adeguati dimensionamenti delle scritte e dei simboli riportati, in funzione della velocità del tronco di strada in esame. Nelle ore notturne la si assicura con:

- un appropriato contrasto di luminosità non solo tra l'ambiente circostante ed il segnale, ma anche tra il suo fondo e le scritte sopra riportate;
- un corretto posizionamento mirato a collocare il cartello all'interno del fascio di luce dei fari dei veicoli (specie nei tratti curvilinei).

Per quanto riguarda la visibilità sono da evitare:

- segnali coperti da ostacoli quali pali, alberi, manufatti, veicoli in sosta;
- sistemazioni che prevedono l'impiego di molti cartelli montati sullo stesso sostegno, in quanto forniscono agli utenti troppe informazioni contemporaneamente;
- segnali vecchi e rovinati, da sostituire mediante un piano efficace di manutenzione programmata;

- segnali ubicati in prossimità di insegne o cartelloni pubblicitari, specie se di grandi dimensioni, in quanto ne annullano il potere di richiamo.

Per le forme, si raccomanda l'impiego di quelle standard al fine di agevolare la pronta individuazione del messaggio. Il Nuovo Codice della Strada stabilisce il seguente formato:

- triangolare, per i segnali di pericolo e precedenza;
- circolare, per quelli di obbligo e divieto;
- quadrangolare ed a freccia, per quelli di indicazione.

La scelta del tipo di sostegno, inoltre, va svolta in funzione dei seguenti fattori: dimensioni del cartello da sorreggere;

- tipologia di strada, in modo da garantire le specifiche distanze di avvistamento;
- pericolosità del montante in caso di urto di un veicolo. Sono da tenere in particolare considerazione quelli a due ruote, per i quali una semplice caduta contro un sostegno metallico può trasformarsi in un evento incidentale fatale.

In relazione a quest'ultimo punto, per ridurre il rischio di lesioni in caso di impatto di un motociclista si possono adottare alcuni accorgimenti tra i quali:

- l'utilizzo di sagome protettive che avvolgono completamente il montante: sono realizzate generalmente in materiale plastico ricavato dal riciclaggio dei pneumatici di veicoli pesanti; pur essendo facilmente assemblabili e di durabilità discreta hanno il difetto che la loro azione di attenuazione si riduce all'aumentare della velocità d'urto (figura 1);
- pali a rottura controllata, di larga diffusione negli Stati Uniti, nei quali la riduzione della gravità dell'impatto si ottiene non schermando l'elemento pericoloso, ma modificandone la compatibilità con il corpo impattante, ossia progettando l'elemento funzionale di bordo strada in modo tale che, se urtato, generi minori sollecitazioni. Si tratta di pali cedevoli perché vincolati tramite flange imbullonate in grado di rompersi durante l'urto (figura 2).



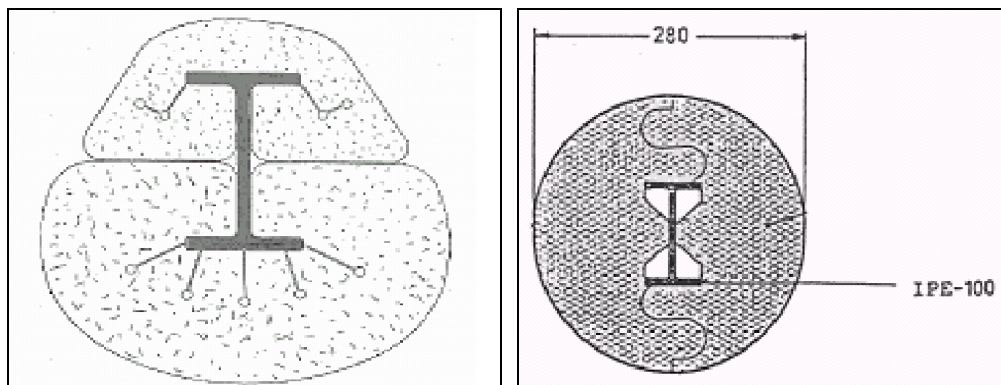
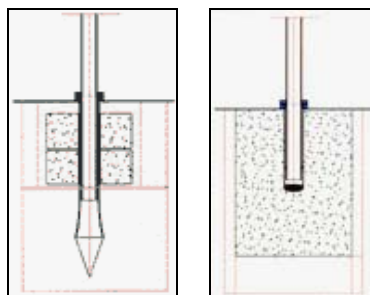


Foto 83: elementi di protezione per montanti



Foto 84: pali cedevoli

Infine va posta attenzione nei sistemi di fissaggio tra sostegno e segnale, che devono essere realizzati in modo da impedire la possibilità di rotazioni o spostamenti tali da ostacolare la visibilità dell'indicazione o travisarne il significato. Una possibile soluzione può essere la posa in opera del palo mediante plinto prefabbricato.



*Foto 85: esempi di fissaggio del palo con base prefabbricata e gettata di cls.*

Il sistema di fissaggio avviene in due modi: con base prefabbricata mediante due torte di cemento a forma troncoconica di peso e dimensioni standardizzate, oppure con gettata di cls. La prima soluzione è da preferire a quella con gettata di cemento in quanto è più facile e veloce, non dovendo aspettare che il cemento solidifichi.



#### 4.8.4 Utenze deboli

##### **Problema (10): attraversamenti pedonali**

Le strisce pedonali sono obsolete e scarsamente visibili.

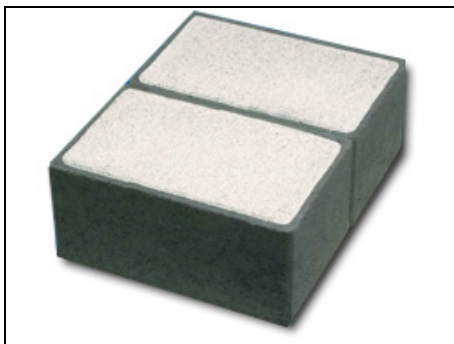
Sono presenti crepe e fessurazioni longitudinali e trasversali.



*Foto 86: foto di attraversamento pedonale degradato e poco visibile*

##### **Raccomandazioni**

Si raccomanda di ripristinare l'attraversamento pedonale. Una possibile soluzione può essere l'utilizzo di masselli autobloccanti in cls.



*Foto 87: elemento rifrangente da posizionare sull'attraversamento pedonale*

Sono manufatti in cls vibrato, drenanti, non producono inquinamento sonoro al passaggio delle auto e sono di facile manutenzione.

Gli elementi rifrangenti sono idrorepellenti, presentano superfici riflettenti e rifrangenti di vari colori e di spessore di 4,5 mm, sono formate da tantissime microsfere in cristallo unite con un legante.

Le caratteristiche cromatiche e di riflettenza rendono gli attraversamenti molto visibili in ogni condizione ambientale.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche generali dell'elemento rifrangente:

<b>CARATTERISTICHE</b>	
<b>Dimensioni (cm)</b>	<b>20 x 12.5 x 10</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>5</b>
<b>Resistenza a compressione (MPa)</b>	<b>12</b>
<b>Quantità per mq</b>	<b>40</b>

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALORE</b>	<b>Classificazione UNI</b>
<i>Riflessione diurna sul secco (Qd)</i>	236	Q5
<i>Retroriflessione notturna (Rl)</i>	182	R3
<i>Coordinate cromatiche (x)</i>	0,324	
<i>Coordinate cromatiche (y)</i>	0,344	
<i>Fattore di luminanza (K)</i>	0,66	B5
<i>Resistenza al decapaggio SRT</i>	49	S1

Tabella 19: caratteristiche dell'elemento rifrangente



Foto 88: immagini di attraversamenti pedonali con elementi rifrangenti

## **4.9 Direzione Novi**

### **4.9.1 Pavimentazione**

#### **Problema (11) : pavimentazione**

Il manto stradale è degradato con la presenza di fessurazioni, crepe longitudinali e trasversali vicino al margine della carreggiata.



*Foto 89: immagini inerenti alle condizioni della pavimentazione*

#### ***Raccomandazione***

Vedere problema (1).

#### 4.9.2 Margini

##### **Problema (12): sezione trasversale**

Il margine stradale è realizzato in materiale granulare che in caso di pioggia potrebbe sporcare la carreggiata.



*Foto 90: immagini della banchina e cunetta*

##### **Raccomandazione**

Vedere problema (4).

**Problema (13): elementi laterali**

Lungo il tratto considerato sono presenti alberi e pali della luce senza protezione. Lungo la diramazione tra la tangenziale Bruno Losi e via Enrico Fermi sono presenti un palo della luce e un segnale non protetti.



*Foto 91: immagini di elementi a bordo strada non protetti e pericolosi*

**Raccomandazione**

Vedere problema (5).

### **4.9.3 Segnaletica**

#### **Problema (14): Segnaletica orizzontale**

La linea di margine è poco visibile e in alcuni tratti rovinata. La linea di mezzzeria è assente.



*Foto 92: immagini di segnaletica orizzontale degradata e poco visibile*

#### ***Raccomandazioni***

Vedi problema (8).



**Problema (15): segnaletica verticale**

I cartelli stradali non sono protetti e posizionati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo.



*Foto 93: immagine di segnaletica verticale pericolosa*

***Raccomandazioni***

Vedi problema (9).

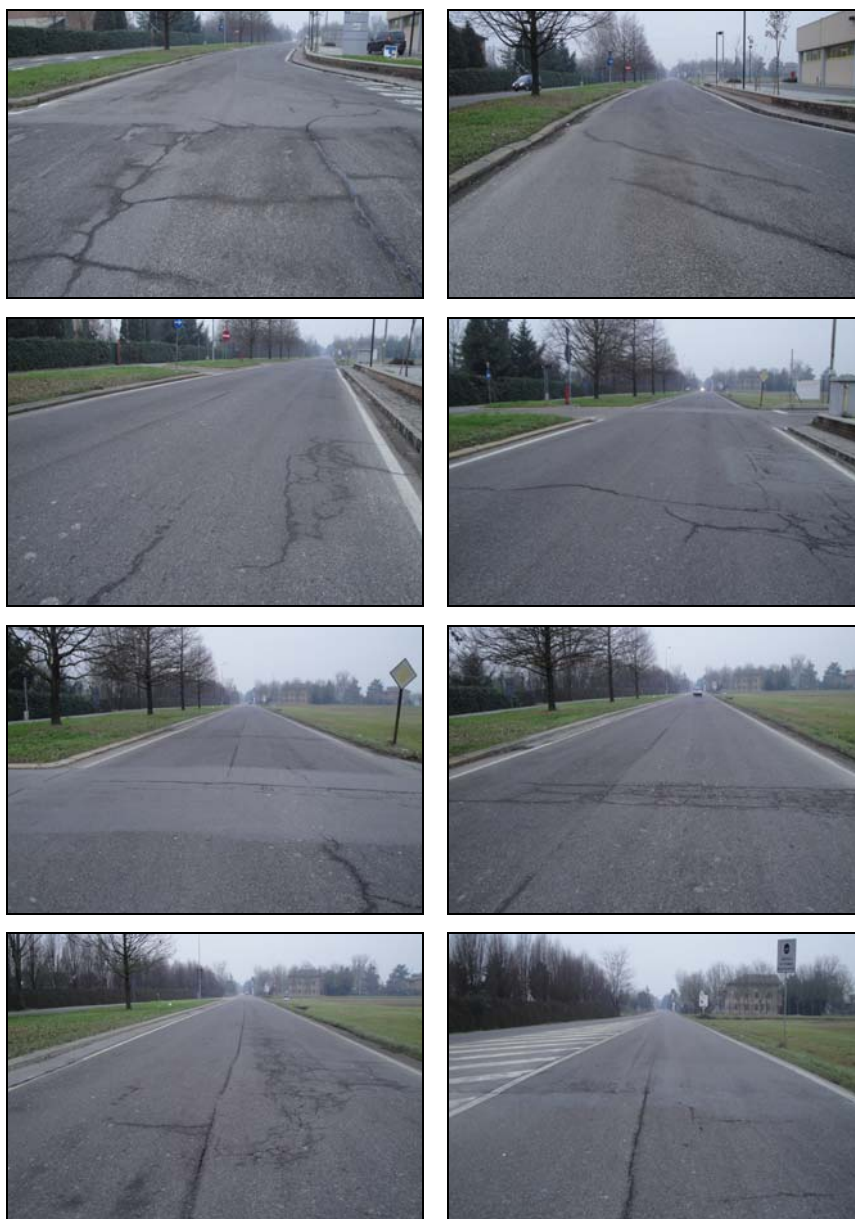
## **4.10 Direzione Guastalla**

### **4.10.1 Pavimentazione**

#### **Problema (16): pavimentazione**

La carreggiata presenta avvallamenti e deformazioni.

Nei pressi dei tombini sono presenti fessure. Il tratto iniziale presenta crepe longitudinali e trasversali. I rappezzi sono mal eseguiti, si evidenziano bordi irregolari e poca uniformità col resto della pavimentazione.



*Foto 94: immagini di pavimentazione degradata*



### ***Raccomandazioni***

Una possibile soluzione al problema può essere rappresentata dall'utilizzo di un microtappeto Slurry-Seal. Ha uno spessore limitato per migliorare l'aderenza e l'impermeabilità superficiale. Viene steso con un sottile strato di malta bituminosa irruvidita ottenuta mescolando aggregati lapidei con emulsioni bituminose elastomerizzate con l'aggiunta di acqua ed eventualmente di fibre.

I vantaggi che comporta l'applicazione del tappeto Slurry-Seal sono:

- durabilità;
- impermeabilità;
- scarso rumore al rotolamento;
- assenza di rigetto degli aggregati e trasudazioni del bitume;
- ottima aderenza con il pneumatico.

Considerate le caratteristiche della tangenziale si è scelto di utilizzare macchinari tradizionali anziché macchinari a caricamento frontale.

Le seconde infatti necessitano di almeno due corsie per poter operare, una per la stesa e una per il rifornimento dell'acqua e dell'emulsione bituminosa e ciò comporta forti disagi per la circolazione.

Le macchine tradizionali sono caratterizzate da una capacità operativa di 1500-2000 m<sup>2</sup> per ogni carico e necessitano di una ottimizzazione del ciclo di lavoro che si compone di 3 fasi: carico, trasporto e stesa.

Il processo di stesa è molto rapido, circa 15 minuti, con una velocità di avanzamento della macchina di 5 km/h.

Prima del posizionamento del tappeto si procede alla pulizia della superficie stradale. Dopo la stesa la riapertura al traffico avviene dopo 1-1,5 ore. Lo Slurry-Seal ha un tempo di vita utile variabile in base alla quantità e tipologia di traffico e può essere ripetuto più volte prima di effettuare interventi più radicali.

La produzione e la posa in opera del tappeto va fermata in caso di pioggia e temperature inferiori a 10°C o superiori a 40 °C e nelle prime 24 ore dopo la stesa è necessario che non piova o che non geli.

Il legante, costituito da emulsione bituminosa al 60%, è caratterizzato da:

<i>spessore min. (cm)</i>	<i>0,9</i>	<i>0,6</i>	<i>0,4</i>
<i>Dosaggio malta (Kg/m<sup>2</sup>)</i>	<i>13-20</i>	<i>8-14</i>	<i>6-10</i>
<i>Dimensione max. inerti</i>	<i>10-12</i>	<i>7-9</i>	<i>5-6</i>
<i>% in peso sugli inerti del bitume elastomerizzato</i>	<i>5-7,5</i>	<i>6-8</i>	<i>7-10</i>

Tabella 20: caratteristiche del legante

**Problema (17): tombini**

I tombini sono mal raccordati con la pavimentazione.



*Figura 95: immagini di tombini pericolosi*

***Raccomandazione***

*Si raccomanda di spostare i tombini a lato carreggiata e di raccordarli in uno unico. Rialzarli e smussare i bordi. Vengono utilizzati tombini in ghisa lamellare perlitica.*

#### 4.10.2 Margini

##### Problema (18): sezione trasversale

In alcuni tratti la banchina è assente mentre lungo la maggior parte del tracciato la larghezza è insufficiente. Le cunette laterali sono realizzate con materiali non idonei. Mancano le canalette di scolo per il drenaggio dell'acqua.



Foto 96: immagini riguardanti le condizioni della banchina e cunetta

**Raccomandazione**

Si raccomanda di procedere al rifacimento delle banchine laterali con larghezza di almeno 50 cm e di realizzare le cunette in cls vibrato, monostrato. Le cunette sono destinate alla raccolta delle acque meteoriche e al loro deflusso negli elementi di scarico.



*Foto 97: esempi di cunette prefabbricate in calcestruzzo*

**Problema (19): elementi laterali**

Lungo il lato della carreggiata è presente un vecchio cartello arrugginito ‘diritto di precedenza’ che non da nessuna indicazione utile ai fini della sicurezza stradale.



*Foto 98: esempio di elemento a margine pericoloso*

***Raccomandazione***

Eliminare il cartello.

**Problema (20): marciapiedi**

Il marciapiede presenta bordi rialzati e spigolosi; la parte terminale che interseca l'uscita del parcheggio presenta uno spigolo vivo.



*Foto 99: immagini di marciapiedi pericolosi*

**Raccomandazioni**

Si raccomanda lungo tutto il tratto ed in prossimità della curva di utilizzare bordi più bassi e smussati utilizzando elementi dal profilo inclinato.



*Foto 100: esempio di margini dal profilo smussato*



### 4.10.3 Segnaletica

#### **Problema (21): segnaletica orizzontale**

La linea di margine su entrambi i lati della carreggiata è deteriorata e poco visibile, in alcuni tratti è assente. La linea di mezzzeria è assente lungo tutto il tratto. Il segnale di precedenza all'uscita del parcheggio non è presente.



*Foto 101: immagini di segnaletica orizzontale degradata e poco visibile*

#### **Raccomandazioni**

Vedi problema (8)



**Problema (22): segnaletica verticale**

Da entrambi i lati della carreggiata sono presenti cartelli stradali non protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo. Sono poco visibili in condizioni di visibilità scarsa. In alcuni tratti i cartelli sono obsoleti e poco chiari.



*Foto 102: immagini di segnaletica verticale pericolosa*

**Raccomandazioni**

Si raccomanda di verificare il corretto posizionamento e funzionamento della segnaletica posizionandola su pali già esistenti lontano dal bordo carreggiata; utilizzare elementi rifrangenti per aumentare la visibilità.

## 4.11 Direzione Guastalla

### 4.11.1 Pavimentazione

#### Problema (23): pavimentazione

Il manto stradale appare degradato con la presenza di fessurazioni e possibile distacco di materiale. Si evidenziano avvallamenti, buche e crepe longitudinali. Sono presenti rappezzi mal eseguiti con bordi irregolari e scarsa uniformità con il resto della pavimentazione.



*Foto 103: immagini di pavimentazione degradata*

#### ***Raccomandazione***

Vedi problema (16)

**Problema (24): tombini**

I tombini sono mal raccordati con la pavimentazione.

In caso di pioggia la superficie si presenta scivolosa.



*Foto 104: immagine di tombino pericoloso*

***Raccomandazioni***

Vedi problema (2)

#### 4.11.2 Margini

##### **Problema (25): sezione trasversale**

A lato carreggiata la banchina è assente o molto stretta. Le cunette laterali sono realizzate con materiale granulare che in caso di pioggia può sporcare la carreggiata.



*Foto 105: immagini inerenti alle condizioni della banchina e cunetta*

##### ***Raccomandazioni***

Vedi problema (18)

**Problema (26): elementi laterali**

A lato carreggiata sono presenti due alberi non protetti.



*Foto 106: immagini di vegetazione pericolosa*

***Raccomandazioni***

Si raccomanda di proteggere gli alberi con appropriati dispositivi di sicurezza.



*Foto 107: esempio di barriera di sicurezza*



**Problema (27): marciapiedi**

La carreggiata è sprovvista di marciapiede.

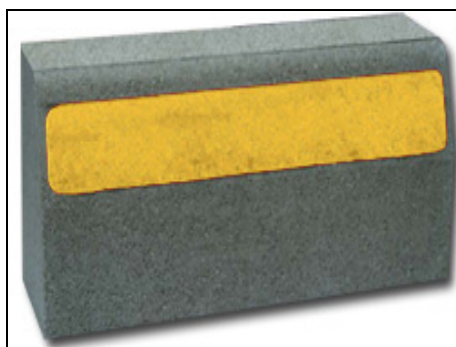
È presente un muretto con bordo rialzato e spigoloso, pericoloso in caso di fuoriuscita del mezzo.



*Foto 108: immagini di marciapiedi pericolosi*

***Raccomandazioni***

Si raccomanda di utilizzare elementi rifrangenti in cls vibrato impermeabile idrorepellente con superficie riflettente rifrangente di spessore 4,5 mm con bordi più bassi e dal profilo smussato.



*Foto 109: esempio di elemento rifrangente dal profilo smussato*

### 4.11.3 Segnaletica

#### Problema (28): segnaletica verticale

A lato carreggiata sono presenti cartelli stradali non protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo. Un cartello è nascosto dalla vegetazione.



Foto 110: esempio di segnaletica verticale pericolosa

#### Raccomandazioni

Dove possibile spostare il più esterno possibile i pali e riunire più cartelli in un palo unico. Eliminare la vegetazione che oscura il segnale. Valutare la coerenza della segnaletica verticale con quella orizzontale. Sostituire il segnale ‘dare precedenza’ con quello di ‘STOP’.

**Problema (29): segnaletica orizzontale**

La segnaletica orizzontale è in alcuni tratti assente e in molti punti è vecchia e scarsamente visibile. La linea di margine è completamente assente.

Il segnale 'dare precedenza' è poco leggibile.

La segnaletica al termine dell'isola spartitraffico che separa le due carreggiate è rovinata e poco visibile.



*Foto 111: immagini di segnaletica orizzontale*

**Raccomandazione**

vedi problema (8)



#### 4.11.4 Utenze deboli

##### **Problema (30): attraversamento pedonale**

Le strisce pedonali sono obsolete e scarsamente visibili soprattutto di notte, non sono adeguatamente segnalate. Sono presenti crepe e fessurazioni.



*Foto 112: immagini sullo stato degli attraversamenti pedonali*

##### **Raccomandazioni**

Si raccomanda il rifacimento dell'attraversamento pedonale utilizzando pannelli preformati termoplastici formati da microsferi di vetro sparse uniformemente lungo tutta la superficie. Il prodotto è formato da pigmenti di natura organica senza piombo e metalli pesanti. I pannelli, di colore bianco, vanno riscaldati con un bruciatore a propano che regola l'intensità della fonte di calore in base alla temperatura prefissata e la distanza tra fiamma e pannello. Prima del posizionamento dei pannelli bisogna fare una pulizia del manto stradale assicurandosi che non vi siano fessure o avvallamenti nella zona da trattare. La fase di fusione deve avvenire lentamente e in modo omogeneo. L'apertura al traffico avviene a raffreddamento avvenuto.



*Foto 113: esempio di pannello preformato termoplastico posizionato con bruciatore a propano*

## **4.12 Direzione Modena**

### **4.12.1 Pavimentazione**

#### **Problema (31): pavimentazione**

Il manto stradale presenta fessurazioni, avvallamenti e crepe longitudinali e trasversali.



*Foto 114 : immagini della pavimentazione*

#### ***Raccomandazioni***

Vedi problema (1)

#### 4.12.2 Margini

##### **Problema (32): sezione trasversale**

A lato carreggiata i margini sono realizzati in materiale granulare che sporca la carreggiata in caso di pioggia. Mancano le canalette di scolo per il drenaggio dell'acqua.



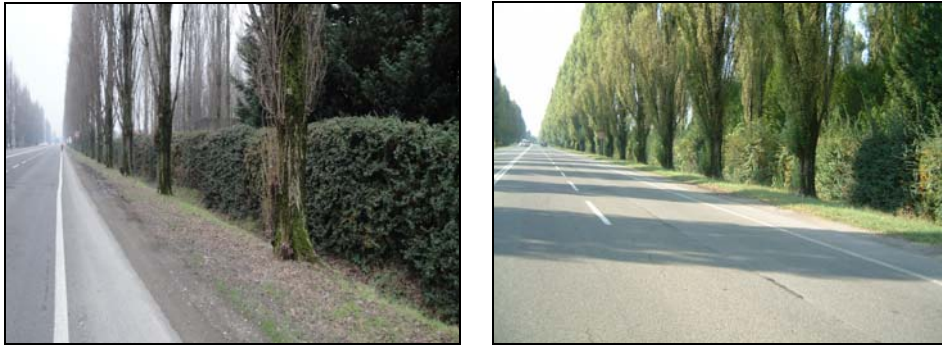
*Foto 115: immagini inerenti alle condizioni della banchina e cunetta*

##### ***Raccomandazione***

Vedi problema (4)

**Problema (33): elementi laterali**

Ai margini della carreggiata sono presenti alberi non protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo.



*Foto 116: immagini di alberi non protetti*

***Raccomandazione***

*Si raccomanda di proteggere gli alberi con barriere di sicurezza.*

**Problema (34): marciapiedi**

La carreggiata è sprovvista di marciapiede.

È presente un muretto con bordo rialzato e spigoloso, pericoloso in caso di fuoriuscita del mezzo.



*Foto 117: immagini di elemento marginale pericoloso*

***Raccomandazioni***

Vedi problema (27)

### **4.12.3 Segnaletica**

#### **Problema (35): segnaletica verticale**

Ai margini della carreggiata è presente un cartello stradale non protetto.



*Foto 118: immagini di segnaletica verticale pericolosa*

#### ***Raccomandazioni***

Si raccomanda di spostare il segnale a bordo carreggiata e di evidenziarlo con strisce rifrangenti.

**Problema (36): segnaletica orizzontale**

La linea di margine nel tratto iniziale è assente. Proseguendo la linea appare degradata e poco visibile.

La linea di margine è obsoleta e scarsamente visibile.



*Foto 119: immagini di segnaletica orizzontale*

**Raccomandazione**

vedi problema (8).



### **4.13 Provenienza Modena**

#### **4.13.1 Pavimentazione**

##### **Problema (37): pavimentazione**

La pavimentazione presenta crepe e fessurazioni longitudinali e trasversali.

A lato carreggiata sono presenti fessurazioni e avvallamenti con parziale distacco di materiale.



*Foto 120: immagini di pavimentazione degradata*

#### ***Raccomandazione***

Vedi problema (1)

### 4.13.2 Margini

#### Problema(38): sezione trasversale

Il margine esterno del piano viabile pavimentato è molto irregolare. Il margine è realizzato con materiale granulare che in caso di maltempo sporca la carreggiata.



Foto 121: immagini della banchina e cunetta

#### Raccomandazione

Si raccomanda di omogeneizzare i bordi irregolari a lato banchina e di posizionare le cunette prefabbricate in calcestruzzo.



Foto 122: esempio di cunette prefabbricate in calcestruzzo

**Problema (39): elementi laterali**

A lato carreggiata sono presenti alberi non protetti.



*Foto 123: immagini di elementi a bordo strada non protetti e pericolosi*

***Raccomandazione***

Si raccomanda di proteggere gli elementi pericolosi con opportuni dispositivi di sicurezza.

**Problema (40): marciapiede**

Il bordo del marciapiede è troppo rialzato e in curva risulta pericoloso in condizioni di visibilità scarsa.



*Foto 124: immagini di marciapiede con bordo rialzato*

**Raccomandazione**

Si raccomanda di ridurre l'altezza dei bordi e di utilizzare dei margini dal profilo smussato. Posizionare elementi rifrangenti per aumentare la visibilità.



*Foto 125: immagini di marciapiede con bordo rialzato*

I cordoli a profilo smussato esplicano due funzioni fondamentali:

- Prevenzione delle cadute

Ad esempio a seguito dell'urto delle pedaline contro il cordolo in curva.

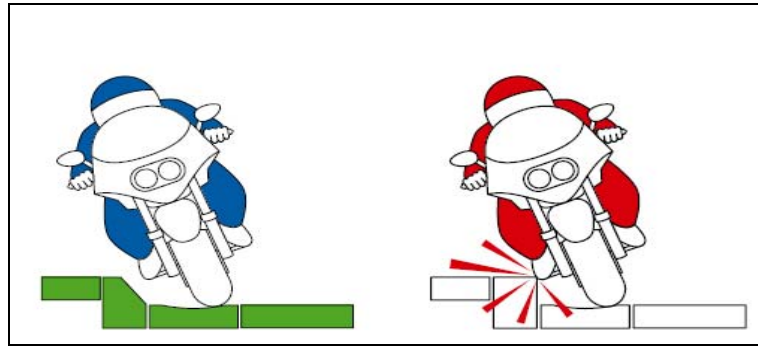


Foto 126: immagini di marciapiede con bordo rialzato

- Attenuazione dei danni

Attenuazione dei danni a ciclisti e motociclisti in caso di urto del corpo contro il cordolo a seguito di cadute accidentali o incidenti stradali

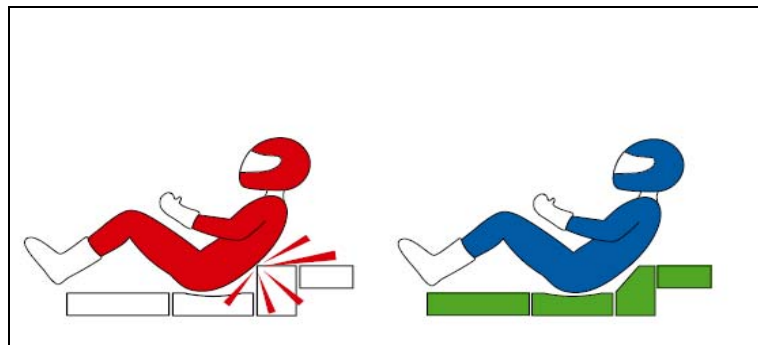


Foto 127: immagini di marciapiede con bordo rialzato



### 4.13.3 Segnaletica

#### Problema (41): segnaletica verticale

A lato carreggiata è presente un cartello non protetto pericoloso in caso di fuoriuscita del veicolo.

Come elemento di divisione tra la tangenziale Bruno Losi e via Donati sono state introdotte delle barriere di sicurezza temporanee molto pericolose e poco funzionali.



Foto 128: immagini di segnaletica verticale pericolosa

#### **Raccomandazione**

*Si raccomanda di verificare il corretto posizionamento e funzionamento della segnaletica verticale. Sostituire le barriere divisionali con cordolo invalicabile antitraumatico realizzato in conglomerato gommoso-resinoso in gomma riciclata, stampato a freddo. La posa avviene con prodotti chimici colati sui fori e viti in acciaio.*



Foto 129: cordolo in gomma riciclata

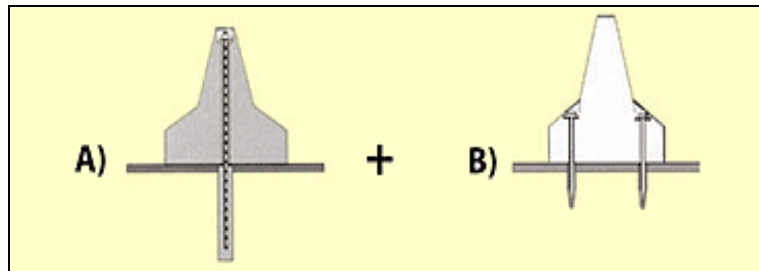


Foto 130: schema di fissaggio della barriera

**Problema (42): segnaletica orizzontale**

La segnaletica appare caotica, rovinata, obsoleta e in alcuni punti poco visibile. Il segnale 'dare la precedenza' risulta poco chiaro e può indurre il conducente a distrarsi.



*Foto 131: esempio di segnaletica orizzontale obsoleta, caotica e poco visibile*

**Raccomandazione**

Si raccomanda di intervenire nella rimozione e rifacimento della segnaletica orizzontale esistente. Inizialmente si interviene con la pallinatura che è un processo meccanico per la rimozione della vernice dura con basso spessore. È una operazione di sabbiatura ma anziché la sabbia si utilizza una graniglia metallica con caratteristiche abrasive che mediante una turbina sbatte contro la



superficie da trattare staccandola. La graniglia metallica dopo l'uso viene aspirata, ripulita, riciclata e riutilizzata mentre il materiale asportato viene indirizzato dentro un sistema di aspirazione a parte. È un processo a secco, non disperde polveri nell'ambiente e lascia la superficie pulita garantendo un'ottima adesione per il nuovo rivestimento.

Successivamente si procede al rifacimento della segnaletica spruzzando una plastica a freddo a 3 componenti formata da uno strato superficiale di perle rifrangenti che garantisce una finitura omogenea antisdruciuolo.

<b>CARATTERISTICHE TECNICHE</b>	
<i>Base</i>	<i>Resina metacrilica reattiva senza solvente</i>
<i>Contenuto solidi</i>	<i>100%</i>
<i>Densità</i>	<i>1,65 (g/cm<sup>3</sup>)</i>
<i>Viscosità alla consegna</i>	<i>30 (s)</i>
<i>Tempo impiegabile</i>	<i>5 (min)</i>
<i>Essiccazione</i>	<i>10 (min)</i>
<i>Durata</i>	<i>2 (anni)</i>

*Tabella 21: caratteristiche della plastica a freddo*

I vantaggi nell'utilizzo di queste vernici sono:

- elevato potere riflettente a lungo termine;
- buona adesività;
- elevato grado di colorazione bianca;
- elevata proprietà antisdruciuolo;
- elevata resistenza all'usura.

**Problema (43): limitatore di velocità**

Il dosso è posizionato a ridosso della curva, non è segnalato e poco visibile per chi proviene dalla tangenziale.



*Foto 132: immagine di dosso artificiale*

**Raccomandazione**

*Si raccomanda di eliminare il dosso e di segnalare con opportuna segnaletica la curva che immette su via Manzoni.*

#### 4.13.4 Utenze deboli

##### **Problema (44): attraversamenti pedonali**

Le strisce pedonali sono poco visibili ed estremamente deteriorate; in particolare sono presenti crepe e fessurazioni. In condizioni di pioggia le strisce sono scivolose. Manca il segnale di attraversamento pedonale e nelle ore notturne l'illuminazione è scarsa.



*Foto 133: esempio di attraversamento pedonale degradato*

##### **Raccomandazione**

Si raccomanda di realizzare un attraversamento pedonale rialzato con l'uso del massello autobloccante ad alta visibilità. È costituito da microsfere ed irruvidimenti: questo permette di avere una elevata resistenza all'usura e un elevato grado di antiscivolosità. Queste caratteristiche portano ad avere una elevata aderenza e basso potere dissuasore che i bordi smussati degli elementi esercitano sui veicoli che lo attraversano.



*Foto 134: esempio di attraversamento pedonale rialzato ed evidenziato*

#### 4.14 Via Donati

##### 4.14.1 Pavimentazione

###### Problema (45): pavimentazione

Il manto stradale risulta degradato con presenza di fessurazioni e parziale distacco di materiale. Sono evidenti crepe longitudinali e trasversali.

I rappezzi sono mal eseguiti con bordi irregolari e utilizzo di pavimentazione non uniforme con l'esistente.



Foto 135: immagini di pavimentazione esistente

###### **Raccomandazione**

Si raccomanda di eseguire un trattamento superficiale monostrato di rigenerazione dell'aderenza (per aumentare la rugosità della pavimentazione) e di impermeabilizzazione. L'intervento consiste nello stendere uno strato di usura di spessore limitato caratterizzato da più strati di emulsione bituminosa e pietrisco. Gli obiettivi di questa tecnica sono:

- Impermeabilizzazione della superficie stradale prolungandone la vita utile;
- Diminuzione effetto acquaplaning.

I vantaggi nell'utilizzare i trattamenti superficiali monostrato sono:

- Riduzione della quantità di inerti impiegati;
- Velocità e semplicità di esecuzione;
- Diminuzione degli interventi;
- Diminuzione dell'impatto ambientale in fase di esecuzione visto che si utilizza una lavorazione a freddo senza fumi o esalazioni;
- Apertura al traffico immediata.

1) Caratteristiche delle materie prime

- Aggregato: deve essere completamente frantumato, è formato da pietrischi di forma regolare e poliedrica, necessita di una pulizia profonda per eliminare ogni traccia di argilla e sporco in genere.

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Perdita in peso Los Angeles (%)</i>	<i>&lt;18</i>
<i>Coefficiente di frantumazione</i>	<i>120 max</i>
<i>Perdita per decantazione</i>	<i>1 max</i>
<i>Coefficiente di levigabilità accelerata</i>	<i>&gt;0.40</i>
<i>Coefficiente di forma</i>	<i>&gt;3</i>

*Tabella 22: caratteristiche dell'aggregato*

- Emulsione bituminosa : la produzione avviene a circa 80°C, la stesa tra 20-70°C. questo legante ha lo scopo di assicurare il fissaggio del pietrisco sulla base e impermeabilizzare la pavimentazione. È stata scelta una emulsione bituminosa cationica al 69% di bitume modificato con polimeri SBS con le seguenti caratteristiche:

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Contenuto di acqua (%)</i>	<i>29-31</i>
<i>Pseudo viscosità engler</i>	<i>16-25</i>
<b>Omogeneità (%)</b>	
<i>Particelle più grandi di 0.50 mm</i>	<i>&lt; 0.1</i>
<i>Particelle comprese tra 0.50 e 0.16 mm</i>	<i>&lt; 0.25</i>
<b>Stabilità di stoccaggio (%)</b>	
<i>Decantazione</i>	<i>&lt;5</i>
<i>sedimentazione</i>	<i>&lt;5</i>
<i>Velocità di rottura</i>	<i>80-120</i>
<i>Carica di particelle</i>	<i>positiva</i>
<i>PH</i>	<i>2-4</i>
<b>Caratteristiche del legante</b>	
<i>Viscosità a 160°C (Pa/s)</i>	<i>0.2-0.8</i>
<i>Punto di rammollimento (°C)</i>	<i>65-75</i>
<i>Penetrazione a 25 °C (dmm)</i>	<i>55-65</i>
<i>Punto di rottura fraas (°C)</i>	<i>&lt;-18</i>

Tabella 23: caratteristiche dell'aggregato

## 2) Attrezzatura

- Motospazzatrice: è di tipo semovente ed è utilizzata per la pulizia della sede stradale.
- Autocisterna termica per emulsione : deve avere un dispositivo autonomo di riscaldamento e dotata di pompa per spruzzare il legante.
- Autocarro spandigraniglia : distribuisce la graniglia mediante un dispositivo con ribaltamento idraulico a pettine montato nella parte posteriore del cassone. L'altezza dei pettini da terra è di 30 cm. La distribuzione degli aggregati avviene in maniera uniforme e continua.
- Rullo compattatore statico gommato: è formato da ruote multiple con battistrada liscio, non frantuma gli aggregati ed esercita una pressione  $> 0.6 \text{ N/mm}^2$ .

3) Modalità di posa in opera

- Pulizia pavimentazione : si procede con una pulizia accurata della pavimentazione mediante spazzolatura per garantire una buona aderenza del rivestimento alla base.
- Stesa dell'emulsione bituminosa: durante la spruzzatura dell'emulsione sono da tenere in considerazione i seguenti parametri:
  - Rispettare il dosaggio fissato in base a velocità di avanzamento e numero di giri della pompa;
  - Posizionamento della barra spruzzatrice all'altezza prescritta e parallela alla sezione trasversale della pavimentazione;
  - Ad ogni ripresa della stesa è necessario posizionare a terra trasversalmente una striscia di carta sufficientemente larga che riceverà il legante consentendo ai macchinari di procedere con velocità ottimali e funzionamento uniforme. È necessario proteggere i coperchi dei pozzetti di ispezione, tombini e ogni elemento della pavimentazione.
- Stesa degli aggregati : deve avvenire in direzione longitudinale e trasversale in modo regolare e uniforme con dosaggio fisso. Bisogna verificare le caratteristiche degli aggregati in base alla loro provenienza. La stesa dell'aggregato avviene immediatamente dopo la spruzzata del legante. La compattazione avviene con rulli compattatori gommati che si adattano alle irregolarità della pavimentazione e non frantumano gli aggregati. La pressione dei pneumatici è di 7-8 bar con un numero di passate da 3 a 5 e velocità tra 3-10 km/h.
- Pulizia finale: le parti di aggregato che non si sono legate o che si sono staccate durante la riapertura al traffico devono essere spazzolati, aspirati e rimossi. L'apertura al traffico è limitata ad una velocità di 30 km/h per le prime 24 ore o posticipata in caso di pioggia dopo la stesa.

**Problema (46): tombini**

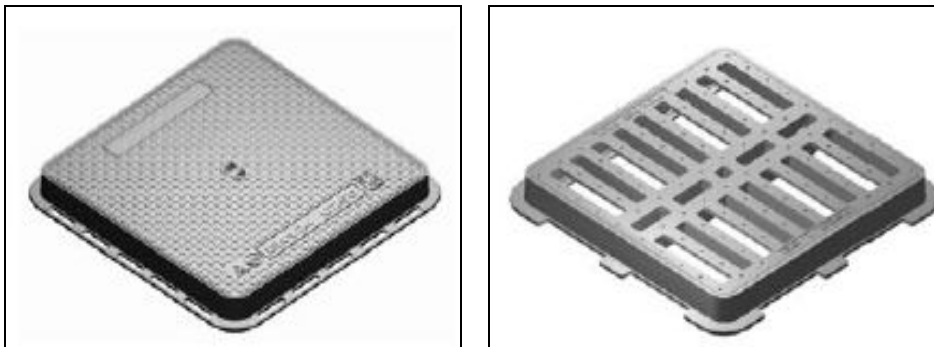
I tombini sono raccordati malamente alla pavimentazione.



*Foto 136 : immagini di tombini pericolosi*

**Raccomandazione**

I tombini vanno raccordati e uniti in uno unico. Sostituirli con quelli in ghisa lamellare che li rendono più pesanti all'apertura ma con tenuta più stabile senza gli inconvenienti dei bloccaggi e delle guarnizioni.



*Foto 137 : tombini in ghisa lamellare*



#### **4.14.2 Margini**

##### **Problema (47): sezione trasversale**

La banchina è assente. Il bordo a lato carreggiata della pavimentazione è irregolare. I margini sono formati da terriccio che sporca la carreggiata in caso di pioggia.



*Foto 138: condizioni della banchina e della cunetta*

##### ***Raccomandazione***

Vedi problema (38)

**Problema (48): elementi laterali**

A bordo carreggiata è presente un palo della luce non protetto.



*Foto 139: immagine di elemento a bordo strada non protetto*

***Raccomandazione***

Si raccomanda di proteggere il palo con dispositivi adeguati.

**Problema (49): marciapiede**

Il marciapiede è degradato, sono presenti crepe, fessurazioni e parziale distacco del materiale. I bordi sono troppo bassi e non offrono una adeguata protezione per i pedoni.



*Foto 140: immagini dello stato di degrado del marciapiede*

**Raccomandazioni**

*Si raccomanda il rifacimento del marciapiede utilizzando margini dal profilo smussato e bordi rialzati. Dove non è possibile la sostituzione segnalare mediante un cartello stradale il pericolo.*



*Foto 141: esempio di margini dal profilo smussato*

**Problema (50): arredo urbano**

A lato strada sono presenti pali non protetti.



*Foto 142: esempio di arredo urbano pericoloso*

**Raccomandazione**

Si raccomanda di sostituire i pali con quelli in PVC flessibili di altezza 115 cm, diametro 55mm, completo di inserti in pellicola rifrangente, dotato di basetta in PVC con diametro di 35mm di colore giallo. Sostituire la catena in PVC con una in PVC di colore bianco e rosso di diametro 8 mm.



*Foto 143: esempi di paletti in PVC*

### **4.14.3 Segnaletica**

#### **Problema (51): segnaletica verticale**

Come elemento di divisione tra via Donati e la tangenziale sono stati posizionati blocchi di cemento molto pericolosi e non adeguatamente segnalati.



*Foto 144: esempio di segnaletica verticale pericolosa*

#### ***Raccomandazione***

Vedere problema (41)

**Problema (52): segnaletica orizzontale**

La linea di margine è assente lungo tutto il tratto esaminato.

Il segnale 'dare la precedenza' è degradato, poco visibile, con crepe e fessurazioni. A lato carreggiata sono presenti dei parcheggi che riducono notevolmente la larghezza della strada. L'ultimo parcheggio a ridosso della curva ha segnaletiche confuse e disordinate. A lato delle barriere in cemento sono presenti linee di delimitazione poco chiare e degradate.



*Foto 145: esempio di segnaletica orizzontale poco chiara e degradata*

***Raccomandazione***

Si raccomanda di procedere al rifacimento della segnaletica orizzontale dove necessario. Eliminare i parcheggi in modo da allargare lo spazio per il transito dei veicoli.



#### 4.15 Immissione in Via Manzoni

##### 4.15.1 Pavimentazione

##### Problema (53): Pavimentazione

Sono presenti rappezzi mal eseguiti con bordi irregolari e scarsa uniformità col resto della pavimentazione. Si evidenziano crepe e fessurazioni longitudinali.



Foto 146: immagini sulle condizioni della pavimentazione stradale



### **Raccomandazione**

Si raccomanda di eseguire interventi di rigenerazione e manutenzione della vecchia pavimentazione utilizzando la tecnica del riciclaggio a freddo di tipo superficiale in sito. L'intervento interesserà una zona di profondità <15 cm.

L'operazione consiste nel riciclaggio dell'asfalto con l'uso di un bitume per stabilizzare il materiale riciclato. Viene effettuato per una profondità di 10 cm con sovrapposizione di un manto di usura di 4 cm.

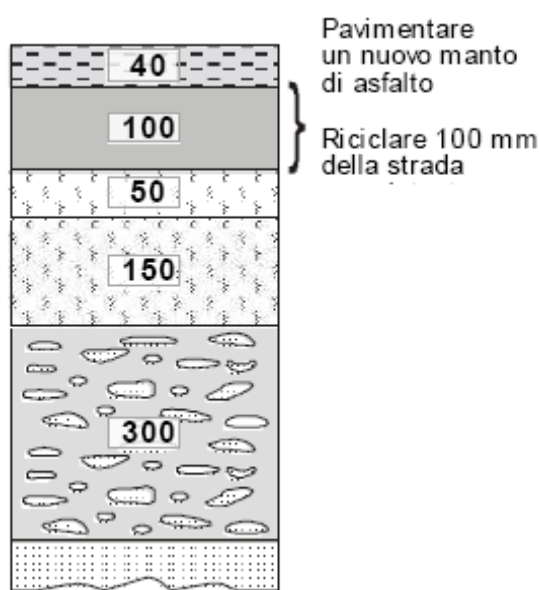


Foto 147: strato della pavimentazione oggetto di intervento

La stabilizzazione del materiale riciclato avviene con bitume espanso.

L'espansione avviene per mezzo di gocce di acqua (2-3%) a contatto con bitume caldo. L'acqua evaporando istantaneamente crea una espansione del bitume riducendone la viscosità diventando più adatto a essere mescolato con gli aggregati freddi e umidi. Questo processo richiede attrezzature speciali siccome si utilizza bitume molto caldo.

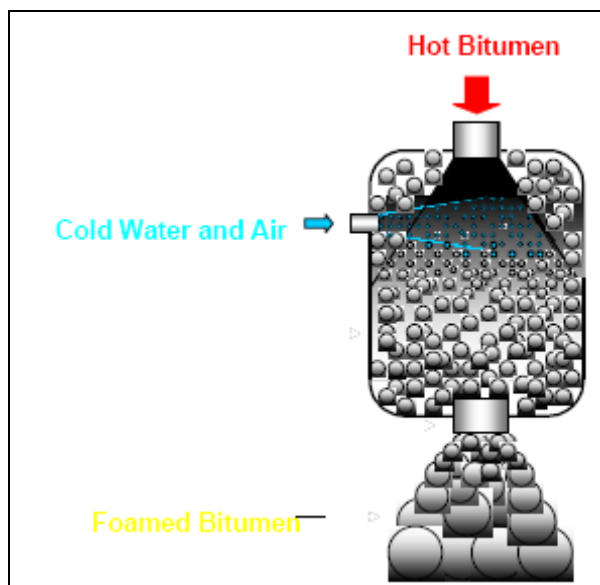


Foto 148 : metodologia di espansione del bitume

I vantaggi che si ottengono dalla stabilizzazione con bitume espanso sono:

- Riduzione dei costi
- Posizionamento e costipamento dei materiali subito dopo la creazione della miscela
- Utilizzazione del materiale trattato con bitume espanso per lunghi periodi di tempo.

L'utilizzo del bitume come stabilizzante comporta i seguenti vantaggi:

- Facilità di applicazione
  - Apertura immediata del traffico
  - Aumento caratteristiche di resistenza all'usura
- Tipologia di bitume espanso  
Si è scelto di utilizzare il bitume SUPERFOAM 80 caratterizzato da:

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Penetrazione a 25°C (dmm)</i>	80-100
<i>Punto di rammollimento (°C)</i>	40-44
<i>Punto di rottura FRAASS (min°C)</i>	< -8
<i>Viscosità dinamica a 160°C (mPa s)</i>	< 100
<b>Stabilità allo stoccaggio (0.1 mm °C)</b>	
<i>Variazione di penetrazione</i>	<5
<i>Variazione di rammollimento</i>	<5
<b>Valori dopo RTFOT</b>	
<i>Penetrazione residua a 25 °C( %)</i>	>50
<i>Incremento del punto di rammollimento (°C)</i>	<9

Tabella 24: caratteristiche del bitume superfoam 80

Questo bitume presenta una resistenza a trazione elevata e questo contribuisce per una completa omogeneizzazione del legante in miscela.

Presenta valori di resistenza elevati in tempi di maturazione brevi, questo si tramuta in maggiore omogeneizzazione e lavorabilità delle miscele.

La miscela che si forma è caratterizzata da ottime prestazioni e tempi di maturazione relativamente bassi, consentendo una apertura al traffico in tempi brevi.

L'utilizzo di questa tecnica comporta numerosi vantaggi:

- Ambientali: viene recuperato quasi tutto il materiale della vecchia pavimentazione esistente con conseguente diminuzione delle materie prime utilizzate e riduzione delle aree destinate alle discariche.  
Inoltre si abbassa la quantità di fumi prodotti dal bitume oltre a una riduzione globale del consumo energetico.
- Garanzie dello strato riciclato: le caratteristiche del nuovo materiale è garantita dalle modalità con cui vengono attuate le fasi di creazione della miscela e la successiva posa in opera del materiale.
- Integrità del sottofondo: il sottofondo non risente del passaggio della macchina “treno di riciclaggio” perché l'operazione è a singola passata cioè i pneumatici passano una sola volta sul sottofondo scoperto.

- Tempi brevi di costruzione: le macchine adoperate per il riciclaggio in sito utilizzano elevati ritmi di produzione che riducono i tempi di costruzione e i disagi provocati dall'apertura del cantiere.
- Sicurezza circolazione: con il cantiere aperto la circolazione è più fluida perché il treno di riciclaggio occupa una sola corsia.

#### Modalità di posa in opera

L'operazione di riciclaggio in sito avviene per mezzo di un treno di riciclaggio di lunghezza 40 m, velocità di avanzamento 10m/min e produzione di circa 225 m<sup>3</sup>/h. È caratterizzata dai seguenti elementi:

- Riciclatrice
- Mescolatore (cisterna per acqua, silos cemento, dosatore e mescolatore)
- Autocisterne del bitume a caldo
- Autocisterna per rifornimento acqua
- Rullo vibrante monotamburo da 25 t avente sistema di controllo/ottimizzazione della compattazione.
- Rullo vibrante da 14 t avente sistema di controllo/ottimizzazione della compattazione



Foto 149: immagini del treno di riciclaggio

Le macchine riciclatrici sono molto grandi e offrono elevate prestazioni. Sono formate da un tamburo di fresatura e miscelatura aventi un elevato numero di utensili da taglio che vengono utilizzate come frese per l'asportazione della pavimentazione esistente. Mentre si fresa, l'acqua contenuta in una cisterna

viene spruzzata nella “camera di fresatura” e mescolata con il materiale fresato per ottenere il livello di umidità ottimale per il costipamento.

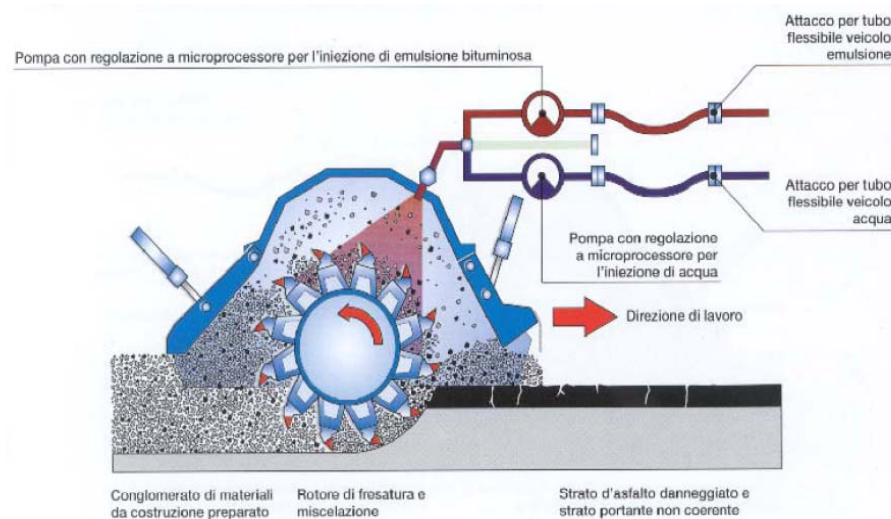


Foto 150: immagini della fresatura

La stesa della miscela deve essere uniforme e consolidata mediante rullo vibrante poi profilata da una motolivellatrice e successivamente costipato con rullo statico o gommato.

**Problema (54): tombini**

Intorno ai tombini è presente una pavimentazione rovinata con crepe e avvallamenti. I raccordi sono mal eseguiti. In caso di pioggia la superficie risulta scivolosa.



*Foto 151: esempio di tombini con raccordo mal eseguito*

***Raccomandazione***

*Si raccomanda di uniformare i bordi e rialzare il tombino.*

#### 4.15.2 Margini

##### **Problema (55): Sezione trasversale**

In entrambi i lati della carreggiata la banchina è assente o di larghezza insufficiente.



*Foto 152: immagini sulle condizioni della banchina*

##### **Raccomandazione**

Si raccomanda di realizzare le banchine laterali nei tratti dove è sprovvista.

Realizzare la cunetta alla francese in cls vibrato e monostrato come in figura.



*Foto 153: esempio di cunetta alla francese e suo posizionamento*

**Problema (56): marciapiedi**

Il margine del marciapiede risulta troppo basso e non esplica la funzione di protezione dei pedoni. Risulta poco evidente in condizione di visibilità scarsa.



*Foto 154: immagini sulle condizioni del marciapiede*

**Raccomandazione**

Si raccomanda il rifacimento del marciapiede utilizzando bordi di altezza adeguata e dal profilo smussato.



*Foto 155: esempio di margine dal profilo smussato*



**Problema (57): arredo urbano**

I vasi sono posti ai bordi della strada senza alcuna protezione o avviso del pericolo.



*Foto 156: esempio di arredo urbano pericoloso*

***Raccomandazione***

*Si raccomanda che i vasi vengano posizionati in zone protette.*

**Problema (58): segnaletica verticale**

Per evitare il passaggio dei veicoli da una carreggiata all'altra sono state posizionate delle barriere di sicurezza temporanee tipo New jersey.



Foto 158: esempio barriera spartitraffico pericolosa

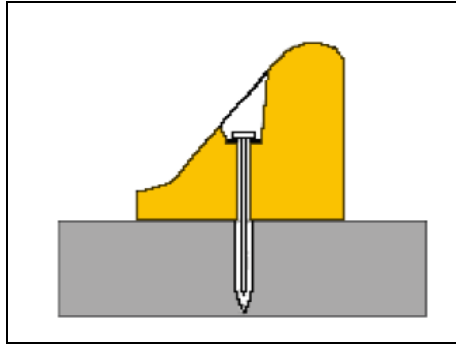
**Raccomandazione**

Si raccomanda di sostituire le barriere di sicurezza tipo new jersey con cordoli in gomma da pneumatico riciclata, stampato a freddo, verniciato in giallo e nero. Di seguito si riportano le caratteristiche del cordolo:

<i>CARATTERISTICHE</i>	
<i>composizione</i>	<i>Agglomerato di gomma riciclato da pneumatico</i>
<i>Tipologia di produzione</i>	<i>Stampaggio a freddo</i>
<i>Resistenza meccanica</i>	<i>ottima</i>
<i>Resistenza a caldo/freddo</i>	<i>+70/-40°C</i>
<i>Resistenza agenti chimici</i>	<i>Buona resistenza a carburanti e lubrificanti</i>
<i>proprietà</i>	<i>Elastico, antitraumatico</i>
<i>ecocompatibilità</i>	<i>Atossico e riciclabile</i>

Tabella 25: caratteristiche dell'aggregato

Il fissaggio e la posa in opera avviene con tasselli ad espansione e viti di acciaio.



*Foto 159: schema di fissaggio del cordolo in gomma*

**Problema (59): segnaletica orizzontale**

La carreggiata è sprovvista di linee di margine e di mezzzeria.



*Foto 160: esempio di segnaletica orizzontale assente o poco visibile*

***Raccomandazioni***

Vedi problema (8)

#### 4.16 Provenienza via Manzoni

##### 4.16.1 Pavimentazione

##### Problema (60): pavimentazione

Manto stradale sensibilmente degradato con la presenza di fessurazioni avvallamenti e crepe; in alcuni punti si ha il distacco del manto stradale.



*Foto 161: immagini della pavimentazione stradale*

##### ***Raccomandazione***

Vedi problema (44)

**Problema (61): tombini**

I tombini sono raccordati malamente con la pavimentazione.

La superficie è resa scivolosa in caso di pioggia.

***Raccomandazione***

Si raccomanda di raccordare i tombini e unirli in uno unico.

Utilizzare vernici ad alta resistenza

#### 4.16.2 Margini

##### **Problema (62): sezione trasversale**

In alcuni tratti la banchina laterale è assente.



*Foto 161: immagini della banchina*

##### ***Raccomandazione***

Si raccomanda di omogeneizzare i bordi stradali a ridosso della banchina.

**Problema (63): marciapiede**

Bordo del marciapiede troppo elevato con presenza di spigoli vivi.

Parte del marciapiede risulta deteriorato con presenza di detriti in granito.



*Foto 162: esempio di marciapiede degradato e pericoloso*

***Raccomandazione***

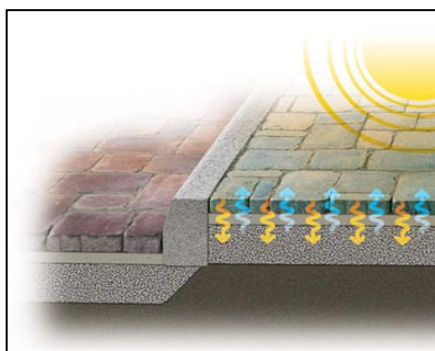
Si raccomanda il rifacimento completo del marciapiede. I cordoli vanno sostituiti con quelli in cls vibrato a doppio strato: il primo strato di base è più grosso per rendere il cordolo più resistente alle sollecitazioni e il secondo strato molto sottile per la parte superficiale. In un secondo momento si inseriscono elementi catarifrangenti applicati alla superficie.





*Foto 163: esempio di marciapiede degradato e pericoloso*

A lato dei cordoli sarà posizionata la nuova pavimentazione del marciapiede con masselli autobloccanti fotocatalitici che per mezzo della luce ossidano le sostanze organiche e inorganiche inquinanti rendendole non nocive come nitrati, solfati e carbonati.



*Foto 164: masselli autobloccanti fotocatalitici*

Vengono aggiunti anche elementi per migliorare la visibilità dell'area pedonale. Il posizionamento è di un elemento ogni 30-50 cm.



*Foto 165: immagini di elementi rifrangenti*

#### 4.16.2 Segnaletica

##### Problema (64): segnaletica verticale

I cartelli stradali non sono protetti e posizionati in zone pericolose. La presenza del palo a base quadrata è provvisto di bordi taglienti con spigoli accentuati.



*Foto 166: esempio di segnaletica verticale pericolosa*

##### **Raccomandazioni**

Si raccomanda di verificare il corretto posizionamento e funzionamento della segnaletica; proteggerli con dispositivi di sicurezza. Il palo va sostituito con pali dal profilo circolare. Il segnale 'dare precedenza' va sostituito con il segnale 'STOP', in conformità con la segnaletica orizzontale.

**Problema (65): segnaletica orizzontale**

La striscia di margine è poco visibile e in alcuni tratti è assente.

Il segnale “dare precedenza” è poco visibile.



*Foto 167: esempio di segnaletica orizzontale degradata e poco visibile*

**Raccomandazioni**

vedi problema (8)

### 4.16.3 UtENZE deboli

#### **Problema (66): attraversamenti pedonali**

Le strisce pedonali sono poco visibili e deteriorate.

In condizioni di pioggia risultano scivolose.

Manca il segnale di attraversamento pedonale e nelle ore notturne l'illuminazione è scarsa.



*Foto 168: esempio di strisce pedonali degradate*

#### **Raccomandazione**

Vedi problema (10)

#### **4.17 Via fermi**

##### **4.17.1 Pavimentazione**

##### **Problema (67) : pavimentazione**

In alcuni punti sono presenti rappezzi poco uniformi col resto della pavimentazione.



*Foto 169: condizioni della pavimentazione*

##### ***Raccomandazione***

Vedi problema (45)

**Problema (68): tombini**

I tombini sono raccordati malamente con la pavimentazione.

La superficie in caso di pioggia risulta scivolosa.



*Foto 170: condizioni della pavimentazione*

***Raccomandazione***

Si raccomanda di riunire i tombini in uno unico, curare i raccordi durante la stesa della pavimentazione e rialzarli dove necessario. Se la superficie è scivolosa utilizzare vernici che migliorano l'aderenza.

#### 4.17.2 Margini

##### **Problema (69): sezione trasversale**

La banchina laterale è assente. La cunetta è formato da terriccio che in caso di pioggia può sporcare la carreggiata. È sprovvista di canalette di scolo per il drenaggio dell'acqua.



*Foto 171: immagini della banchina e della cunetta*

##### **Raccomandazione**

Si raccomanda di realizzare la banchina laterale con una larghezza non inferiore a 25 cm. Posizionare canali di scolo prefabbricati in cemento provvisti di griglia in polipropilene.



*Foto172: esempi di banchine laterali in cls*



**Problema (70): elementi laterali**

In prossimità del canale che divide via Enrico Fermi con la Tangenziale Bruno Losi è presente un palo della luce e un segnale non protetto.



*Foto 173: immagine del palo della luce e segnale non protetto*

**Raccomandazione**

Si raccomanda di proteggere il palo con dispositivi di sicurezza adeguati come i pali cedevoli. Sostituire il segnale con un segnale a led autoalimentato da pannelli solari e dotato di batterie ricaricabili.



*Foto 174: esempio di segnale a led e pali cedevoli*



**Problema (71): marciapiede**

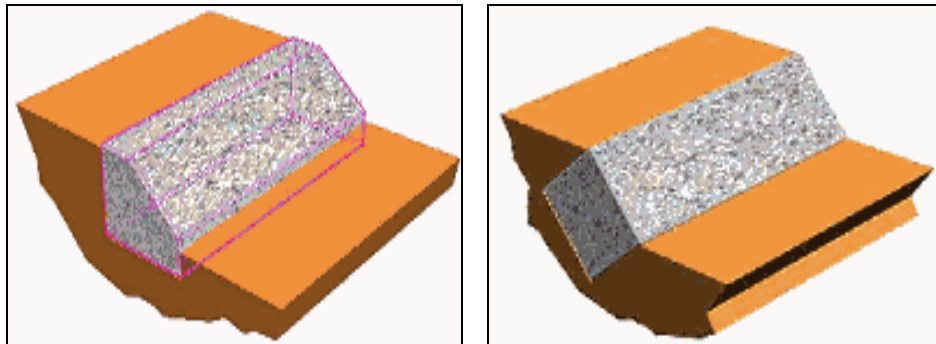
Il marciapiede è stretto e i margini sono molto bassi e non offrono una adeguata protezione per i pedoni.



*Foto 175: immagine del marciapiede*

**Raccomandazione**

Si raccomanda di allargare e rialzare il marciapiede con cordoli in cls dal profilo smussato.



*Foto 176: esempi di margini dal profilo smussato*

### **4.17.3 Segnaletica**

#### **Problema (72): segnaletica orizzontale**

La carreggiata è sprovvista di ogni tipo di segnaletica.

Mancano le linee di margine e di mezzzeria. È assente la segnaletica di divisione delle due carreggiate.



*Foto 177: immagini della carreggiata priva di segnaletica*

#### ***Raccomandazione***

Vedi problema (8)

## 4.18 Isole spartitraffico

### 4.18.1 Margini

#### Problema (73): cordoli

I cordoli appaiono scoloriti e in grave stato di degrado con evidenti crepe e fessure. In condizioni di scarsa visibilità risultano poco chiari.



Foto 178: esempi di cordoli poco visibili

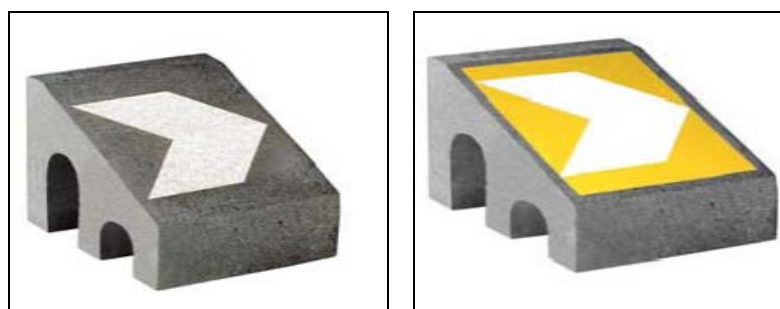
### **Raccomandazione**

Si raccomanda la sostituzione dei cordoli eventualmente utilizzando cordoli con gomma riciclata in materiale deformabile. La posa in opera avviene mediante foratura e fissaggio con tasselli.



*Foto 179: esempio di cordoli in gomma*

Vengono utilizzati anche cordoli in cls ad alta visibilità che hanno il vantaggio di avere una segnaletica di rinforzo montata sugli elementi.



*Foto 180: esempio di cordoli in gomma*

Si possono utilizzare anche cordoli in cls con profilo smussato.



*Foto 181 : esempio di cordoli in gomma*

**Problema (74): elementi laterali**

Il palo e gli alberi non sono protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo.



*Foto182: esempio di elementi laterali pericolosi*

***Raccomandazione***

Si raccomanda di proteggere gli alberi con opportuni dispositivi di sicurezza e di sostituire i pali con quelli cedevoli.



#### 4.18.2 Segnaletica

##### Problema (75): segnaletica verticale

Tutti i segnali non sono protetti e collocati in zone pericolose in caso di fuoriuscita del mezzo. La quantità eccessiva di segnali può provocare una perdita di concentrazione da parte del conducente.

La segnaletica verticale non è coerente con quella orizzontale.



Foto 183: esempi di elementi pericolosi

##### Raccomandazione

Si raccomanda di verificare il posizionamento e la coerenza dei segnali.

Riunire più cartelli in uno unico, eliminare i segnali non necessari.



## **CAPITOLO 5**

### ***CONCLUSIONI***

La rete stradale italiana, con una domanda di traffico in continuo aumento, è prossima alla saturazione. Da ciò è necessario prendere dei provvedimenti per la manutenzione e l'adeguamento delle strade esistenti. In questo ambito si deduce che la sicurezza stradale gioca un ruolo importante per l'abbattimento dei costi sociali dovuti agli incidenti. Lo strumento utilizzato per aumentare il livello di sicurezza delle strade è l'analisi preventiva di sicurezza. È di due tipi: Road safety audit (se riferita ai progetti) e Road safety review (se riferita alle strade esistenti). Queste procedure vengono utilizzate per individuare i fattori di pericolo presenti in una infrastruttura e indicano le possibili soluzioni per poterli eliminare o mitigare. Nel caso studiato si è utilizzato il road safety review nell'intersezione Guastalla-Losi-Manzoni del comune di Carpi.

Si è partiti con lo studio dell'analisi dei dati di incidentalità evidenziando le tipologie di sinistri più diffusi e le categorie di veicoli e di utenza maggiormente coinvolte. Successivamente si è analizzato il flusso di traffico per tipologia di veicolo transitante nell'intersezione. Poi si è determinato tramite le procedure per l'analisi di sicurezza delle strade in esercizio le problematiche generatrici di incidenti stradali. L'analisi ha rilevato alcune tematiche che riguardano: caratteristiche geometriche ed ambiente stradale, pavimentazione, utenze deboli, margini, segnaletica.

I fattori ritenuti più pericolosi sono: condizioni di degrado della pavimentazione, pali, segnaletica verticale e vegetazione non protetta, marciapiedi e bordi rialzati, segnaletica orizzontale rovinata e poco visibile.

Per ognuno di questi punti critici si è proposto possibili soluzioni e ipotesi di intervento con lo scopo di eliminare o mitigare le pericolosità.

Le principali raccomandazioni emerse dall'analisi sono:

- Interventi di rigenerazione dell'aderenza o sostituzione della pavimentazione.



- Segnalare ed illuminare gli attraversamenti pedonali con appositi dispositivi, rialzarli e utilizzare sfondo rosso per evidenziare le zebraure.
- Eliminare gli elementi laterali non necessari, proteggere la segnaletica verticale e i pali con barriere di sicurezza e predisponendo l'utilizzo di pali cedevoli.
- Posizionare elementi di protezione a ridosso di alberi o altri elementi a bordo strada pericolosi.
- Rifacimento della segnaletica orizzontale.
- Rialzare i tombini e posizionarli a bordo strada.
- Realizzare i marciapiedi dove necessario e sostituire i cordoli esistenti con quelli a bordo smussato.
- Sostituire i cordoli dell'isola spartitraffico con quelli in gomma riciclata.

**BIBLIOGRAFIA:**

- [1] *D.M. 19.04.2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.*
- [2] *D.M. 5.11.2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.*
- [3] *D.M. 25.04.2005 “Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti”.*
- [4] *Bucchi, M. Bragaglia, V. Vignali, “Intersezioni stradali a rotatoria”.*
- [5] *R. Mauro, “Il calcolo delle rotatorie”.*
- [6] *D.L. 285-1992, “Nuovo Codice della strada”, in Gazzetta ufficiale n. 114 del 18/ 05/ 1992.*
- [7] *S. Canale, N. Di Stefano, S. Leonardi, G. Pappalardo, “Progettare le rotatorie”*
- [8] *R. Busi. “Tecniche per la sicurezza in ambito urbano”.*
- [9] *T. Esposito, R. Mauro. “Fondamenti di infrastrutture viarie - La geometria stradale”, vol. I, 2003.*
- [10] *AASHTO, “ A Policy on Geometric Design of Highways and Street”, USA, 2002.*
- [11] *G. Dondi – A.Simone ”Soluzioni tecniche innovative per la mitigazione del rumore e vibrazioni da traffico stradale”.*
- [12] *Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade*

- [13] D.M. 25-04-05 “*Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti*”.
- [14] 6-10-2008- “*Direttiva del parlamento europeo e del consiglio sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali*”.
- [15] Direttiva 2008/96/CE: “*Gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali*”.
- [16] Roma 18-02-2005: XVI Convegno tecnico ACI progettazione stradale e sicurezza in esercizio.
- [17] G.Dondi, A.Simone, Distart Strade, Facoltà di ingegneria, Università di Bologna, “*Le caratteristiche della pavimentazione per le intersezioni stradali a raso*”.
- [18] Report n. FHWA-RD-00-067. “*Roundabouts: an informational guide*”. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. June 2000.
- [19] AASHTO, “*A Policy on Geometric Design of Highways and Street*”, USA, 2002.

[www.Agip.com](http://www.Agip.com)

[www.magnettipavimentazioni.it](http://www.magnettipavimentazioni.it)

[www.vallizabban.it](http://www.vallizabban.it)

[www.iterchimica.it](http://www.iterchimica.it)

[www.lestrade.it](http://www.lestrade.it)

[www.edilportale.it](http://www.edilportale.it)

[www.slurryitalia.it](http://www.slurryitalia.it)

[www.tecnomaster.it](http://www.tecnomaster.it)

[www.reflex.it](http://www.reflex.it)

[www.sintexcal.it](http://www.sintexcal.it)

[www.bitem.it](http://www.bitem.it)

[www.elletipi.it](http://www.elletipi.it)

[www.sidersan.it](http://www.sidersan.it)

[www.geoplast.it](http://www.geoplast.it)

## **RINGRAZIAMENTI**

Con la discussione della mia tesi si conclude un ciclo (leggermente lungo!!) della mia vita e se ne apre un altro (crisi permettendo): il lavoro.

Tra alti e bassi, delusioni e non, sono riuscito a raggiungere questa meta. Ringrazio con tutto il cuore la Valeria che con infinita pazienza mi ha seguito sia alla triennale che alla specialistica dandomi preziosi consigli e utili suggerimenti. Un ringraziamento al prof. Giulio Dondi e a tutto il dipartimento ed in particolare il prof. Andrea Simone e lo squasher Cesare .

Ringrazio per il supporto nei momenti più tristi e bui i mie genitori che hanno sempre creduto in me. Ringrazio i ragazzi che nel corso dell'università mi hanno aiutato. Un grazie all'ing Giorgio Iotti per i consigli pratici e non solo durante la stesura della tesi. Infine ringrazio con tutto il cuore tutte quelle persone, parenti e non, che non hanno creduto nelle mie potenzialità e capacità. A tutte queste persone un sentito grazie.