



DELIBERAZIONE N° VII / 20829 **Seduta del 17 FEB. 2005**

Presidente

ROBERTO FORMIGONI

Assessori regionali

VIVIANA BECCALOSSI Vice Presidente
GIAN CARLO ABELLI
ETTORE ALBERTONI
MAURIZIO BERNARDO
GIANPIETRO BORGHINI
CARLO BORSANI
MASSIMO BUSCEMI
ROMANO COLOZZI

MASSIMO CORSARO
ALBERTO GUGLIELMO
ALESSANDRO MONETA
FRANCO NICOLI CRISTIANI
DOMENICO PISANI
GIORGIO POZZI
MARIO SCOTTI
MASSIMO ZANELLO

Con l'assistenza del Segretario Maurizio Sala

Su proposta dell'Assessore Massimo Corsaro

Oggetto LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DELLE ZONE DI INTERSEZIONE, PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI STRADALI E PER LO SVILUPPO DELLE ANALISI DEL TRAFFICO. OBIETTIVO GESTIONALE: 8.3.2.3 "COORDINAMENTO DELLE FUNZIONI TRASFERITE IN TEMA DI VIABILITA' ED AGGIORNAMENTI DELLE ASSEGNAZIONI DI RISORSE PER LA GESTIONE E GLI INVESTIMENTI".

Il Dirigente

Marco Cesca

Il Direttore Generale

Angelmara Lassini

L'atto si compone di 88 pagine
di cui 25 pagine di allegati,
parte integrante.



Ing. Marco Cesca
Dirigente
Dalla Organizzativa Viabilità

VISTA la legge regionale 4 maggio 2001, n. 9, che all'art. 5 bis che stabilisce che con regolamento regionale sono indicate le norme che definiscono le caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione di nuovi tronchi viari e per l'adeguamento di tronchi viari esistenti, ricadenti nel territorio lombardo;

VISTA la delibera di Giunta n. 19932 del 23 dicembre 2004 con cui è stata approvata la proposta di regolamento "Norme tecniche per la Costruzione delle Strade", proposta successivamente trasmessa al Consiglio Regionale per l'approvazione;

RITENUTO che tale proposta corrisponda alle finalità di garantire la sicurezza della circolazione di tutti gli utenti della strada, di ridurre l'inquinamento acustico e atmosferico e di assicurare il rispetto dell'ambiente, inteso nella sua eccezione territoriale e sociale;

PRESO ATTO che detta proposta di regolamento demanda a successivi atti da approvarsi da parte della Giunta per la progettazione degli assi stradali e delle zone di intersezione, per la redazione degli elaborati progettuali che costituiscono un progetto stradale e per lo sviluppo delle analisi di traffico;

PRESO ATTO che l'articolo 5 bis della legge regionale 4 maggio 2001, n. 9 prevede che fino all'entrata in vigore delle norme regionali di cui sopra si applicano le norme funzionali e geometriche approvate con Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5 novembre 2001;

RILEVATO che la mancanza di specifiche indicazioni in merito alla progettazione delle zone di intersezione ha generato, specie negli ultimi anni, la realizzazione di interventi stradali non omogenei sul territorio lombardo e spesso non coerenti con le esigenze trasportistiche del contesto di riferimento;

PRESO ATTO che nell'ambito dell'iniziativa FRISL "Sicurezza stradale (viabilità minore)" dell'anno 2004 è stato fornito agli enti candidati all'assegnazione di contributi regionali un compendio tecnico di riferimento relativo alla progettazione delle intersezioni e che tale strumento è stato ritenuto utile dagli enti interessati;

CONSTATATO che i progetti stradali in merito ai quali la Regione deve esprimere il parere di competenza non sempre presentano elaborati tecnici che garantiscono la compiuta descrizione di una infrastruttura viaria e le analisi di traffico necessarie per il corretto dimensionamento delle infrastrutture;

RILEVATA l'utilità di definire, in attesa che sia approvato dal Consiglio Regionale il regolamento "Norme tecniche per la Costruzione delle Strade", le linee guida per la progettazione delle zone di intersezione, per la redazione dei progetti stradali e per lo sviluppo delle analisi di traffico;

CONSIDERATO che, per una migliore definizione dei contenuti di base delle linee guida, sono stati svolti appositi incontri con i principali soggetti pubblici e privati interessati;



Ing. Marco Cesca
Dirigente
Unità Organizzativa Viabilità

RILEVATO che la possibilità di fornire agli enti proprietari delle strade ed ai progettisti di infrastrutture viarie le linee guida per la progettazione delle zone di intersezione, per la redazione dei progetti stradali e per lo sviluppo delle analisi di traffico sarà utile per ottimizzarne i contenuti in vista della predisposizione degli atti di Giunta a cui demanda il regolamento "Norme tecniche per la Costruzione delle Strade";

VISTA la documentazione predisposta dalla U.O. Viabilità, allegata alla presente deliberazione, che definisce le linee guida per la progettazione delle zone di intersezione (Allegato A), per la redazione dei progetti stradali (Allegato B) e per lo sviluppo delle analisi di traffico (Allegato C);

A VOTI unanimi espressi nelle forme di legge,

DELIBERA

1. Di approvare, per le motivazioni esposte in premessa, le linee guida per la progettazione delle zone di intersezione – "Zone di intersezione" Allegato A, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.
2. Di approvare, per le motivazioni esposte in premessa, le linee guida per la redazione dei progetti stradali – "Elaborati progettuali" Allegato B, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.
3. Di approvare, per le motivazioni esposte in premessa, le linee guida per lo sviluppo delle analisi di traffico – "Analisi di traffico" Allegato C, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.
4. Di stabilire che dette linee guida costituiscono riferimento per la redazione dei progetti di infrastrutture viarie da realizzarsi sul territorio lombardo.
5. Di dare atto che il presente provvedimento non comporta oneri di spesa.



IL SEGRETARIO
Maurizio Sala

Allegato alla deliberazione
n. 2828 del 16 FEB 2005

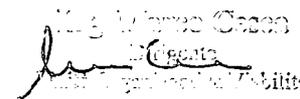
Ing. Marco Cesca
Dirigente
~~Unità Organizzativa Viabilità~~

 **Regione Lombardia**
Infrastrutture e Mobilità

ALLEGATO A

Linee Guida ZONE DI INTERSEZIONE

1. GENERALITÀ



Nell'ambito di questo documento le intersezioni vengono suddivise in due macrotipologie:

- intersezioni a raso (di tipo rotatorio e canalizzate);
- intersezioni a livelli differenziati.

Nei capitoli che seguono, per ciascuna di queste tipologie vengono esplicitati i criteri a cui attenersi nella progettazione dei vari elementi che le compongono.

Come riferimento indicativo per la scelta delle tipologia delle intersezioni tra due o più assi intersecantisi si evidenziano nelle tabelle 1.1, 1.2 ed 1.3 alcune modalità di soluzione geometrica dei nodi.

In particolare la tabella 1.1 fa riferimento alle categorie geometriche delle strade ex art. 2 del Nuovo Codice della Strada (Tipo A, B, C, D, E, F). In questa tabella, laddove le connessioni sono ammesse, si dà un'indicazione, in relazione alle nuove realizzazioni, circa il modo di risoluzione delle stesse; l'indicazione determina la possibilità o meno che in corrispondenza del nodo possano essere presenti punti di conflitto tra le manovre di svolta. Tale possibilità è correlata, per evidenti motivi di sicurezza della circolazione, al mantenimento in corrispondenza del nodo della sezione corrente per le strade a carreggiate separate. Nel caso di nodo in cui le strade confluenti in esso sono tutte a carreggiate separate, la connessione sarà risolta con una intersezione a livelli sfalsati, ammettendo eventualmente per le sole correnti di svolta manovre di scambio; questi casi nella tabella 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, mentre l'incrocio fra 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).

Nelle tabelle 1.2 e 1.3 si dà invece indicazione della tipologia di intersezione da adottare nella risoluzione di un nodo in relazione alla classe funzionale regionale eventualmente correlata alle strade intersecantisi: in tabella 1.2 si forniscono indicazioni per la rete esistente, in tabella 1.3 si danno invece le caratteristiche tecniche ottimali per le strade di nuova realizzazione. Per le autostrade (caso non evidenziato nelle tabelle 1.2 e 1.3) si devono realizzare sempre intersezioni a livelli sfalsati.

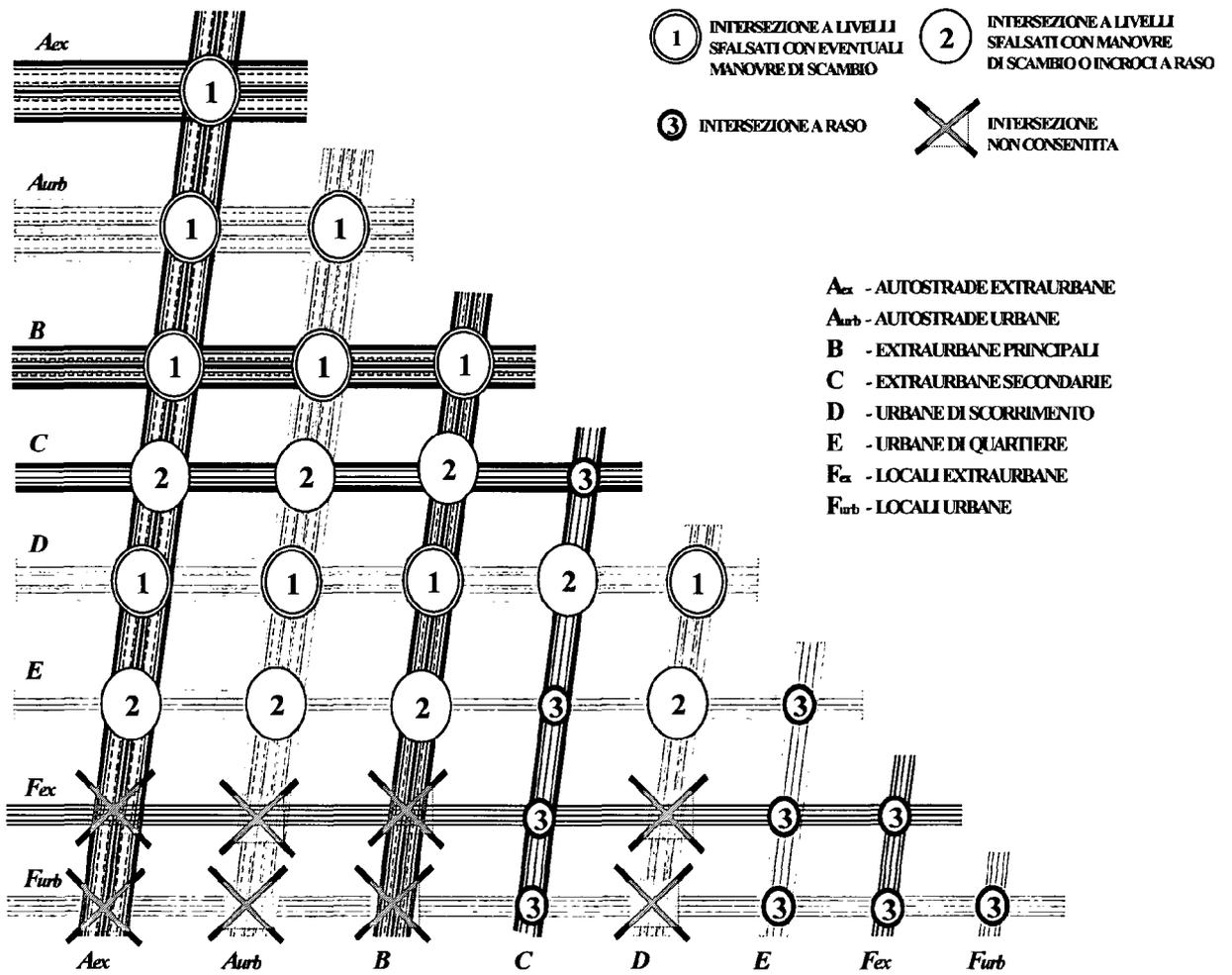


Fig. 1.1 Tipologia delle intersezioni

Nelle successive tabelle 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 per ciascuna classe funzionale regionale ed in relazione alle categorie geometriche da Codice della Strada, si dà un'informazione indicativa circa la distanza minima accettabile tra due successive intersezioni lungo un asse viario. Anche in queste tabelle si forniscono due livelli di analisi: l'uno per la rete esistente, l'altro per la realizzazione di nuovi interventi.

Per quanto riguarda le autostrade, per le quali non si danno indicazioni nelle tabelle, è comunque opportuno che due intersezioni successive non siano mai a distanze inferiori a 2 km (eccezionalmente 1 km).

Tutte le informazioni contenute nell'ambito delle tabelle di cui al presente capitolo dovranno comunque adeguarsi alle specificità dell'intersezione in analisi. In particolare si dovranno considerare l'entità e la tipologia dei flussi che impegneranno l'intersezione, la distribuzione percentuale delle manovre di svolta e le caratteristiche morfologiche dell'ambito su cui insiste l'intersezione.

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria
		Frequenza massima intersezioni	Frequenza massima intersezioni
R1	A	-	-
	B	Una ogni 1,5 km.	Una ogni 1,5 km.
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.
	D	Una ogni 700 m.	Una ogni 700 m.
	E	Una ogni 500 m.	-
	F	urbana	Una ogni 500 m.
extraurbana		Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con le sole svolte a destra ogni 500 m.	-

Tab. 1.4 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale R1

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Norme di salvaguardia della rete viaria esistente		Nuovi interventi sulla rete viaria	
		Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni	Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni
R2	A	-	-	-	-
	B	Una ogni 1,5 km.	-	Una ogni 1,5 km.	-
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	-	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	-
	D	Una ogni 700 m.	-	Una ogni 700 m.	-
	E	Una ogni 500 m.	-	-	-
	F	urbana	Una ogni 500 m.	-	-
extraurbana		Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con le sole svolte a destra ogni 500 m.	-	-	-

Tab. 1.5 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale R2

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Norme di salvaguardia della rete viaria esistente		Nuovi interventi sulla rete viaria	
		Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni	Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni
P1	A	-		-	
	B	-		-	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m. Intersezioni semaforizzate: una ogni 1,5 km.		Una ogni km. Intersezioni semaforizzate: una ogni 1,5 km.	
	D	-		-	
	E	Una ogni 300 m.		Una ogni 300 m.	
	F	urbana	Una ogni 300 m.		
extraurbana		Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate ogni 500 m.			

Tab. 1.6 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale P1

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Norme di salvaguardia della rete viaria esistente		Nuovi interventi sulla rete viaria	
		Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni	Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni
P2	A	-		-	
	B	-		-	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m. Intersezioni semaforizzate: una ogni 1,5 km.		Una ogni km.	
	D	-		-	
	E	Una ogni 300 m.		Una ogni 300 m.	
	F	urbana	Una ogni 300 m.		
extraurbana		Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate ogni 500 m.			

Tab. 1.7 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale P2

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Norme di salvaguardia della rete viaria esistente		Nuovi interventi sulla rete viaria		
		Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni	Tipologia intersezioni	Frequenza massima intersezioni	
L	A	-	-	-	-	
	B	-	-	-	-	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.		-	-	
	D	-	-	-	-	
	E	Nessun limite.		Una ogni 300 m.		
	F	urbana	Nessun limite.		Una ogni 300 m.	
		extraurbana	Una ogni 500 m.		Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate ogni 500 m.	

Tab. 1.8 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale L

2. DEFINIZIONI

2.1 Definizioni

Intersezione a raso

Area comune a più strade, organizzata in modo da consentire lo smistamento delle correnti di traffico dall'una all'altra di esse.

Intersezione a livelli sfalsati

Insieme di infrastrutture (sovrappassi, sottopassi e rampe) che consente lo smistamento delle correnti veicolari fra rami di strade poste a livelli diversi.

Zona di intersezione

L'area che comprende le intersezioni (a raso o a livelli sfalsati) e la parte di ognuna delle strade intersecatesi dall'intersezione sino al ripristino della sezione e/o delle caratteristiche planimetriche correnti di ciascuna strada (vedi figura 2.1.a).

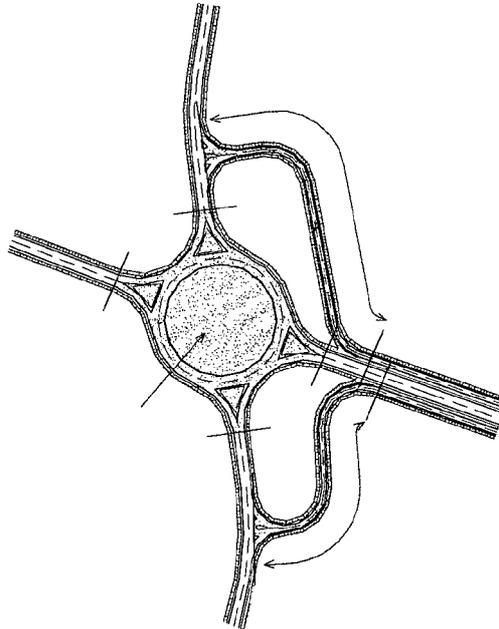


Figura 2.1.a

Anello (carreggiata anulare)

Carreggiata stradale di forma anulare comprensiva di corsie e banchine transitabili, delimitata all'interno dall'isola centrale.

Anello interno sormontabile (corona sormontabile)

Parte dell'isola centrale di forma anulare e larghezza variabile, rialzata dalla carreggiata anulare per consentire solo ai mezzi pesanti il suo sormonto.

Capacità

Flusso veicolare massimo che ogni singolo braccio d'ingresso alla rotatoria può supportare.

Deflessione

Modifica di una traiettoria veicolare rispetto ad un andamento rettilineo dovuto alla presenza dell'isola centrale.

Flussi veicolari

Numero dei veicoli, espresso in termini di veicoli equivalenti, in una determinata sezione stradale.

Isola direzionale

Isola insormontabile che separa le manovre di ingresso e uscita in una rotatoria.

Leggibilità/Percezione

Capacità di una strada/intersezione (e dei loro apprestamenti/elementi costitutivi) di dare agli utenti della strada una giusta immagine, facilmente riconoscibile, della natura e della tipologia dell'infrastruttura, del suo utilizzo, del proprio migliore comportamento di utilizzo, dei possibili movimenti di altri utenti.

Rotatoria

Intersezione stradale composta da un'isola centrale insormontabile o parzialmente sormontabile, solitamente di forma circolare, attorno alla quale si sviluppa una carreggiata a senso unico percorribile in senso antiorario sulla quale si innestano differenti strade.

Minirotatoria

Intersezione stradale composta da un'isola centrale parzialmente o totalmente sormontabile di ridotte dimensioni, solitamente di forma circolare, attorno alla quale si sviluppa una carreggiata a senso unico percorribile in senso antiorario sulla quale si innestano differenti strade esclusivamente di carattere locale.

Rampe lateralmente confinate

Corsie specializzate, a una o più corsie di marcia, fisicamente separate dalla carreggiata principale.

Corsie di accumulo

Corsie specializzate per le svolte a sinistra dalla strada principale, eventualmente protette.

Corsie di decelerazione

Corsie dedicate per la svolta a destra (o uscita) dalla strada principale in modo da non provocare rallentamenti ai veicoli non interessati da tale manovra.

Corsie di accelerazione

Corsie dedicate per consentire ed agevolare la svolta a destra dalla secondaria e la conseguente immissione ai veicoli sulla strada principale.

Corsie di immissione nella mezzera della strada principale

Corsie destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria garantendo una prima manovra di impegno della corsia dedicata nella mezzera della principale e una seconda di inserimento nel flusso della principale.

Isole di canalizzazione

Parte della strada, opportunamente delimitata e non transitabile, destinata ad incanalare le correnti di traffico.

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.

Svincolo

Intersezione a livelli sfalsati in cui le correnti veicolari non si intersecano tra loro.

Pseudocorsia di raccordo

Allargamento progressivo della sezione stradale principale mediante la creazione di un tratto di raccordo di larghezza crescente fino al raggiungimento del calibro di corsia.

3. INTERSEZIONI A RASO

A - LE INTERSEZIONI A RASO DI TIPO ROTATORIO

3.A.1 Generalità

3.A.1.1 In quali casi è ragionevole realizzare una rotatoria

Dal punto di vista tecnico la rotatoria è una tipologia di intersezione a raso che, se ben progettata in tutti i suoi elementi, consente l'ottenimento di un notevole livello di sicurezza. Inoltre consente:

- la riduzione delle velocità operative nella zona d'intersezione;
- la buona gestione dei flussi veicolari con discreti livelli di servizio.

La condizione ottimale per la realizzazione di una rotatoria è la presenza di flussi uniformi in tutti i bracci d'ingresso, di strade intersecantesi della medesima gerarchia funzionale e/o di un numero elevato di veicoli in svolta a sinistra (> 400 veicoli/giorno).

Sarà preferibile, invece, rinunciare alla realizzazione della rotatoria:

- se la capacità non è sufficiente per smaltire i flussi di traffico presenti o attesi;
- se esiste la necessità di privilegiare una corrente di traffico.

Le rotatorie, infatti, contribuiscono a penalizzare in maniera notevole il deflusso veicolare sulle direttrici principali in quanto, di fatto, ogni braccio d'entrata possiede la stessa priorità/penalità per l'ingresso nell'anello.

3.A.1.2 Quali caratteristiche garantiscono una maggiore sicurezza

Alcune attenzioni in fase di progetto possono far aumentare gli standard di sicurezza delle rotatorie. In particolare occorre garantire:

- **la maggiore semplicità di realizzazione e funzionamento**, ovvero:
 - la regolamentazione della circolazione con precedenza all'anello;
 - l'isola centrale di forma circolare;
 - la larghezza regolare della carreggiata anulare;
 - le dimensioni contenute dei singoli elementi geometrici (bracci di ingresso e di uscita, carreggiata anulare, isola centrale);
- **l'assenza di ostacoli rigidi** lungo le traiettorie di possibile fuoriuscita dei veicoli, in particolare sull'isola centrale;
- **una buona percezione e leggibilità** della rotatoria tramite un corretto disegno degli elementi geometrici, la presenza di una collinetta sull'isola centrale (previa verifica di visibilità) e un corretto posizionamento della segnaletica verticale;
- **l'utilizzo di traiettorie veicolari ben definite e "obbligate"** per evitare velocità operative troppo elevate incompatibili sia con la sicurezza che con l'obbligo di dare precedenza (è necessaria altresì una sufficiente deflessione, cfr. par. 3.A.6).

3.A.2 Verifiche di capacità

3.A.2.1 Il calcolo della capacità delle rotatorie

Il calcolo della capacità di una rotatoria in ambito extraurbano può essere effettuato attraverso la metodologia francese proposta dal SETRA. Tale metodo ha il pregio di fornire, oltre al valore della capacità, anche altri elementi utili per la conoscenza del livello di servizio di una rotatoria.

La capacità è espressa dalla seguente formula:

$$Q_e = (1330 - 0,7Q_d)[1 + 0,1(ENT - 3,5)]$$

dove:

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

ENT = larghezza della corsia in entrata misurata dietro il primo veicolo fermo all'altezza della linea del "dare precedenza" [m]

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

$$Q_d = (Q_c + 2/3 Q_u') [1 - 0,085(ANN - 8)]$$

Q_c = traffico circolante, ovvero flusso che percorre l'anello all'altezza della immissione [veic/h]

ANN = larghezza dell'anello [m]

Q_u' = traffico uscente equivalente [veic/h]:

$$Q_u' = Q_u (15 - SEP) / 15$$

Q_u = traffico uscente [veic/h]

SEP = larghezza dell'isola spartitraffico all'estremità del braccio [m]

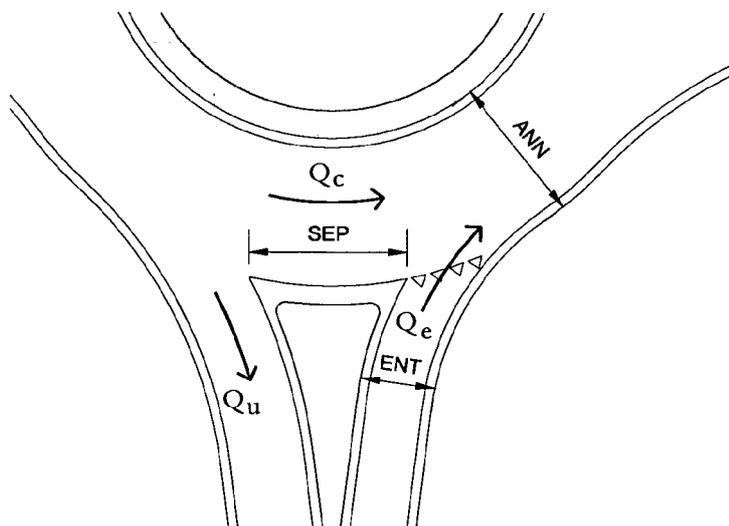


Fig. 3.A.1 Caratteristiche geometriche e di traffico di una rotatoria

In ambito urbano, invece, la metodologia da seguire è quella proposta dal CETUR. In questo caso la capacità si esprime con la formula:

$$Q_e = \gamma(1500 - 0.83Q_d) \quad [\text{veic/h}]$$

dove:

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

$\gamma = 1$ nel caso di una corsia in ingresso

$\gamma = 1,5$ per due o più corsie all'ingresso

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

$$Q_d = \alpha Q_c + 0.2 Q_u$$

$\alpha = 1$ qualora si sia in presenza di una rotatoria con $ANN < 8$ m

$\alpha = 0.7$ per $ANN \geq 8$ m e $R \geq 20$ m

$\alpha = 0.9$ per $ANN \geq 8$ m e $R < 20$ m

ANN = larghezza dell'anello [m]

R = raggio esterno della rotatoria ($D_e/2$) [m]

Q_c = traffico circolante, ovvero flusso che percorre l'anello all'altezza della immissione [veic/h]

Le verifiche di capacità, attraverso usuali modelli di calcolo, sono sempre consigliate per ottenere un corretto dimensionamento degli elementi compositivi lo svincolo.

Sono necessarie in tutti i casi in cui il flusso totale entrante sia complessivamente maggiore di 2000 veic./ora (traffico dell'ora di punta) e comunque nel caso in cui:

- almeno una delle arterie afferenti abbia una connotazione non locale;
- la rotonda sia necessaria al fine di garantire l'accessibilità a nuovi contesti residenziali/commerciali/produttivi che vadano a modificare le condizioni di deflusso attuali o a generare nuovo traffico indotto;
- l'isola centrale abbia una forma non circolare (vedi paragrafo 3.A.8.1);
- si voglia inserire una corsia per la svolta a destra svincolata (vedi paragrafo 3.A.8.6).

Sia la capacità che i flussi devono essere misurati in veicoli equivalenti per ora (V_{eq}). Per la trasformazione dei flussi di veicoli diversi dalle autovetture in V_{eq} si possono adottare i seguenti coefficienti di conversione:

- 1 ciclo o motociclo sull'anello 0.8 autovetture
- 1 ciclo o motociclo in ingresso 0.2 autovetture
- 1 veicolo pesante 2.0 autovetture
- 1 autobus 2.0 autovetture

In relazione ai margini di capacità residua (in corrispondenza dell'ora di punta tipica per l'intersezione) dei singoli bracci è possibile adottare alcuni accorgimenti progettuali e avere informazioni utili al corretto dimensionamento dell'impianto (vedi tabella 3.A.1)

<i>Riserva di capacità</i>	<i>Accorgimenti progettuali</i>
> 80%	Riserva di capacità elevata: verificare se la larghezza dei bracci d'entrata non è sovradimensionata.
Tra 30% e 80%	Riserva di capacità ottimale.
Tra 5% e 30%	Anche sulla base dei flussi di traffico futuri previsti, occorre valutare la possibilità di intervento con le modalità stabilite nel successivo paragrafo 3.A.2.2
< 5%	Occorre intervenire con le modalità stabilite nel successivo paragrafo 3.A.2.2

Tab. 3.A.1 Accorgimento progettuali in relazione ai margini di capacità residua dei singoli bracci della rotonda.

3.A.2.2 Quali caratteristiche consentono un aumento di capacità

Per aumentare la capacità di una rotonda, in funzione degli elementi derivanti dalle analisi di cui al paragrafo precedente, è possibile:

- aggiungere una corsia di attestamento in ingresso, ovvero aumentare la larghezza dei bracci di ingresso e uscita (tenendo comunque conto delle considerazioni di cui al paragrafo 3.A.8.3 e 3.A.8.4);
- aumentare la larghezza della carreggiata anulare;
- aumentare la larghezza dell'isola direzionale al bordo della rotonda;
- realizzare una corsia dedicata per la svolta a destra continua.

Laddove, anche con gli accorgimenti descritti, esistano problemi di capacità occorre valutare la realizzazione di una differente tipologia di intersezione a raso ovvero di un'intersezione a due livelli.

3.A.3 Diverse tipologie di rotatorie

E' possibile distinguere le rotatorie in funzione del tipo di isola centrale (sormontabile, parzialmente sormontabile, insormontabile), delle dimensioni del diametro esterno D_e (diametro relativo al bordo esterno terminale della carreggiata anulare) e in relazione alla loro collocazione nella rete stradale. E' pertanto possibile suddividere ed identificare le rotatorie nelle seguenti tipologie:

- minirotorie sormontabili ($14 \text{ m} \leq D_e < 18 \text{ m}$; isola centrale sormontabile);
- minirotorie parzialmente sormontabili ($18 \text{ m} \leq D_e < 26 \text{ m}$; isola centrale parzialmente sormontabile);
- rotatorie compatte ($26 \text{ m} \leq D_e < 50 \text{ m}$; isola centrale parzialmente sormontabile);
- grandi rotatorie ($50 \text{ m} \leq D_e < 70 \text{ m}$; isola centrale insormontabile);
- rotatorie "eccezionali" ($D_e \geq 70 \text{ m}$; isola centrale insormontabile).

Le intersezioni a raso di tipo rotatorio possono prevedersi su strade:

- extraurbane secondarie (C);
- urbane di scorrimento (D), anche se per le nuove realizzazioni di strade urbane di scorrimento è auspicabile che vengano utilizzate intersezioni a livelli sfalsati;
- urbane di quartiere (E);
- locali extraurbane (F_{ex});
- locali urbane (F_{urb});

con le dimensioni minime del diametro esterno D_e che, in funzione delle tipologie delle strade intersecantesi, dovrebbero indicativamente essere quelle rappresentate in tabella 3.A.2.

	C	D	E	F_{ex}	F_{urb}
C	≥ 26	$\geq 50^*$	≥ 26	≥ 26	≥ 26
D	$\geq 50^*$	$\geq 50^*$	$\geq 50^*$	-	-
E	≥ 26	$\geq 50^*$	≥ 26	≥ 26	≥ 18
F_{ex}	≥ 26	-	≥ 26	≥ 26	≥ 26
F_{urb}	≥ 26	-	≥ 18	≥ 18	≥ 14

* in casi del tutto eccezionali (urbanizzato esistente in fregio alle strade) è ammesso un diametro esterno D_e di 40 m.

Tab. 3.A.2 Dimensioni minime del diametro esterno D_e in relazione alla collocazione della rotatoria nella rete stradale.

3.A.4 Configurazione geometrica e allineamento strade

In ambito extraurbano, una rotatoria può svincolare da tre a sei bracci e, per favorire e migliorare la leggibilità dell'impianto, è necessario che questi siano ripartiti in maniera regolare attorno all'anello. In generale, piuttosto che mantenere un'ulteriore intersezione in prossimità della rotatoria, è preferibile aggiungere un braccio, eventualmente ingrandendo la rotatoria stessa.

La posizione dell'isola centrale è da ritenersi ottimale se gli assi delle arterie afferenti al nodo passano per il suo centro: occorre fare in modo che tale condizione sia sempre rispettata, ammettendosi comunque anche una leggera eccentricità sulla sinistra (cfr. fig. 3.A.2). Sulle strade di tipo E ed F è ammissibile anche una leggera eccentricità sulla destra.

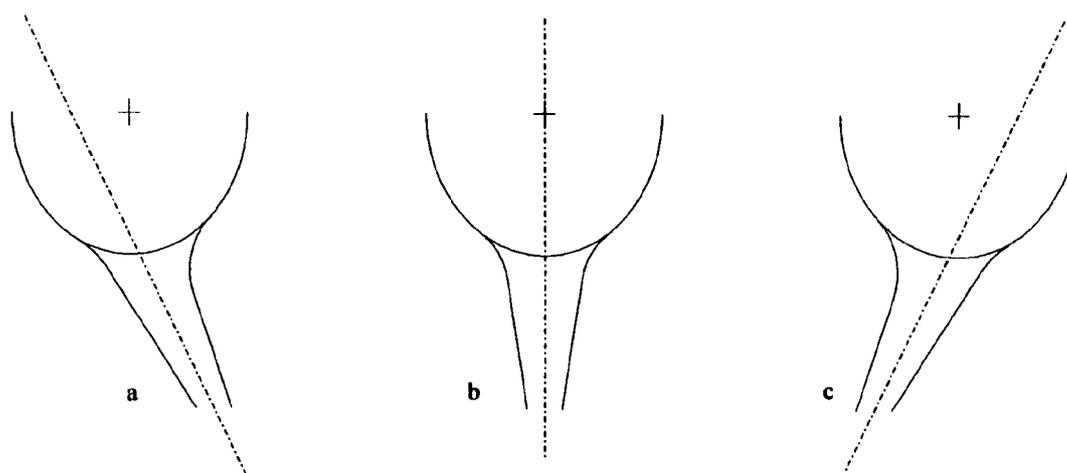


Fig. 3.A.2 Direzione dell'asse di un braccio afferente ad una rotatoria: a) ammissibile; b) ottimale; c) da escludere ed al limite ammissibile per strade di tipo E o F.

La progettazione ottimale degli incroci lineari si attua garantendo la ortogonalità tra gli assi afferenti alla zona di incrocio. Si può procedere a tale fine correggendo il tracciato della strada secondaria.

3.A.5 Visibilità e percezione

Gli utenti che si avvicinano ad una rotatoria devono percepire i veicoli con precedenza all'interno della corona in tempo per modificare la propria velocità per cedere il passaggio o eventualmente fermarsi. In particolare, onde garantire un'adeguata visibilità, si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15 m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1 m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

La modalità di costruzione delle aree di visibilità è rappresentata in figura 3.A.3.

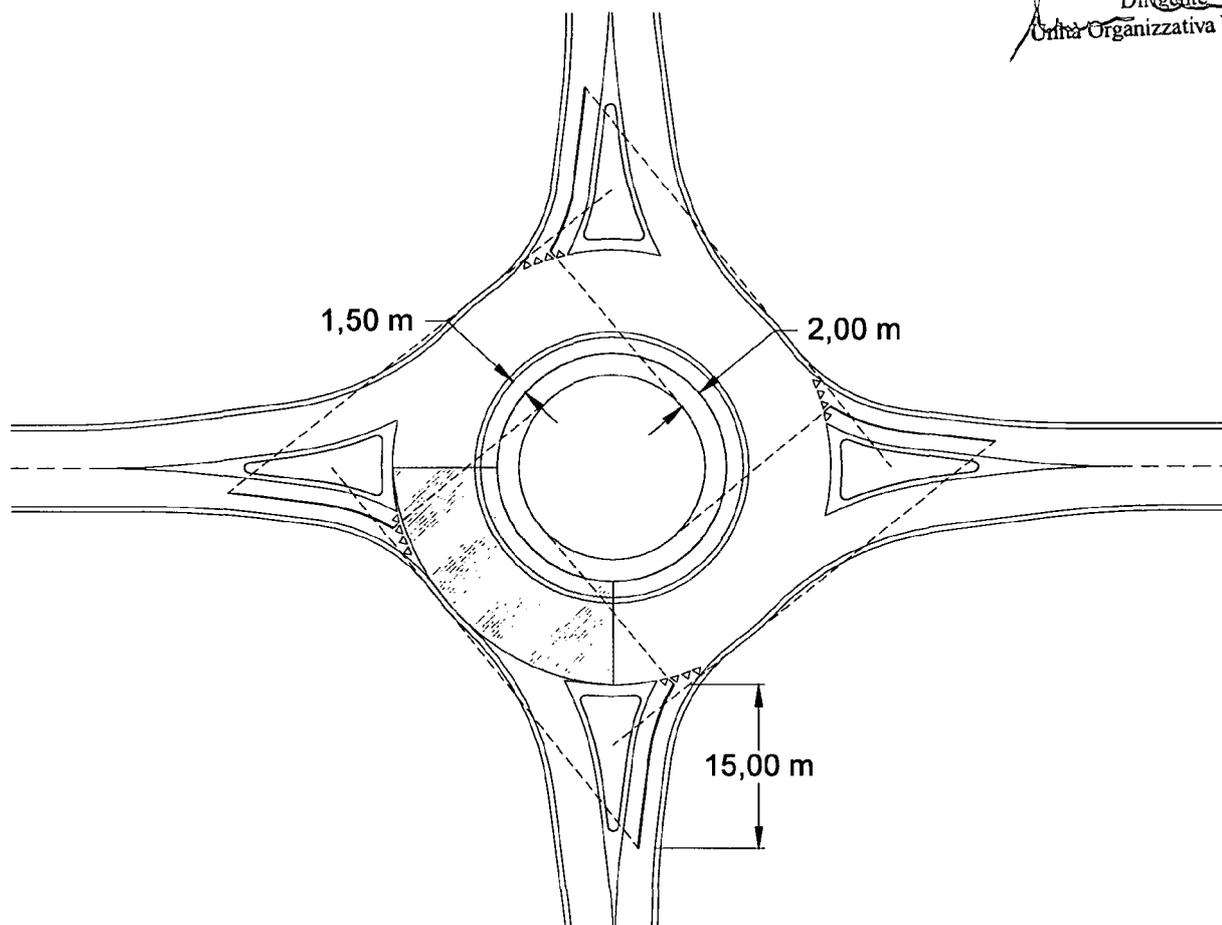


Fig. 3.A.3 Costruzione dell'area di visibilità da garantire nelle rotatorie.

Per quanto concerne la percezione della rotatoria, si consiglia di realizzare un'isola centrale di rotazione sopraelevata o con bordi inclinati ben visibili: a tal fine si possono utilizzare delle piantumazioni o dei riempimenti in terra come elementi di sistemazione e d'arredo tali, però, da non pregiudicare una corretta visibilità. E' necessario comunque mantenere una corona libera da ogni tipologia di ostacolo visivo (arbusti,...) di larghezza pari a 2 m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile o dal bordo periferico dell'isola centrale (nel caso di rotatorie con isola centrale insormontabile).

E' assolutamente da evitare l'inserimento di ostacoli visivi sulle isole direzionali.

Per aumentare la percezione e la "leggibilità" della rotatoria tutti gli elementi ad essa connessa (isola direzionale ed isola centrale) dovrebbero essere visibili ad almeno 250 m di distanza dalla stessa. La leggibilità è raggiungibile anche attraverso l'esclusione di:

- una configurazione d'approccio in curva e controcurva;
- un'isola centrale di forma non circolare;
- una larghezza irregolare dell'anello;
- un'inclinazione trasversale della piattaforma giratoria orientata verso l'interno;
- una presenza di piantumazione su i bracci in prossimità dell'innesto sulla rotatoria, in quanto può dare l'illusione di continuità dell'itinerario.

3.A.6 Deflessione

Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell'isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d'entrata e d'uscita, siano esse adiacenti o opposte (cfr. fig. 3.A.4). Occorre verificare l'ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita.

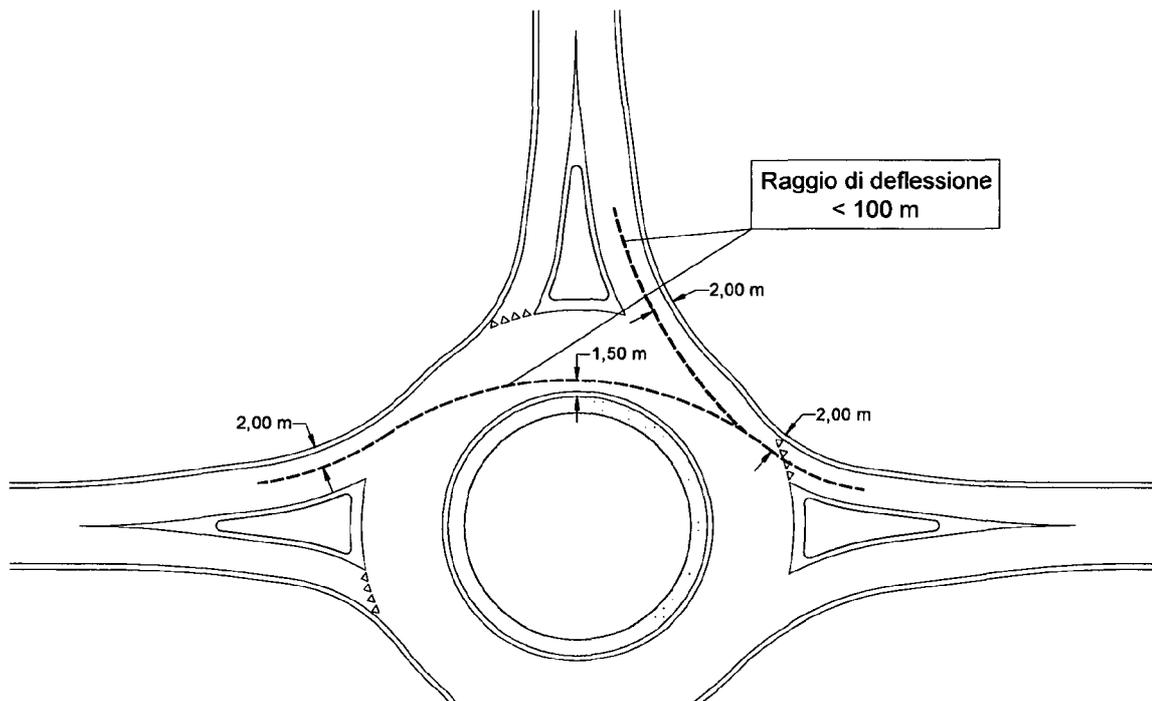


Fig. 3.A.4 Deflessione.

Tale raggio deve essere inferiore a 100 m: in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere superiori a 50 km/h.

3.A.7 Pendenze e scolo acque meteoriche

Onde garantire la migliore efficacia dello scolo delle acque meteoriche, la pendenza della carreggiata anulare deve sempre essere rivolta verso l'esterno (pendenza 1,5-2%).

Per quanto concerne la massima pendenza tra due punti diametrali esterni della corona giratoria il valore non deve superare il 5÷6%.

3.A.8 Geometria degli elementi

3.A.8.1 Isola centrale

L'isola centrale dovrebbe essere sempre circolare. Sono tollerate rotatorie anche con isola centrale non circolare nel caso in cui tale configurazione sia imposta:

- dalla necessità di inserire in modo ottimale un ulteriore braccio;

- dalle condizioni al contorno (urbanizzato esistente), ma in questo caso si impone uno studio della capacità per verificare la fattibilità di una rotonda con un diametro più piccolo e un'isola centrale circolare.

La presenza di una collinetta sull'isola centrale è fortemente consigliata in quanto consente una maggiore percezione della rotonda e garantisce velocità di ingresso meno elevate a causa della non completa visibilità su tutta l'area d'intersezione. Devono comunque essere rispettati i criteri di visibilità di cui al capitolo 3.A.5. La pendenza della collinetta non può essere superiore del 15%. E' necessario mantenere, come già richiamato nel capitolo 3.A.5, una corona libera da ogni tipologia di ostacolo visivo (arbusti,...) di larghezza pari a 2 m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile o dal bordo periferico dell'isola centrale (nel caso di rotonde con isola centrale insormontabile).

Per quanto riguarda i casi specifici di rotonde con isole centrali parzialmente o totalmente sormontabile, occorre evidenziare che:

- isola centrale parzialmente sormontabile*: l'anello interno o corona sormontabile, di larghezza l_{is} variabile tra 1,5 e 2 m, deve essere rialzata dalla carreggiata anulare per consentire solo ai mezzi pesanti il suo sormonto (o agli altri veicoli solo in casi eccezionali) tramite un gradino di 3 cm e realizzata con materiali differenti rispetto alla carreggiata anulare. La pendenza della fascia sormontabile deve essere compresa tra il 4 e il 6%. La parte insormontabile dell'isola centrale deve comunque avere un raggio minimo di 3,5 m.
- isola centrale sormontabile*: è preferibile, piuttosto che l'utilizzo della sola segnaletica orizzontale, realizzare l'isola centrale sormontabile con una pendenza compresa tra il 4 e il 6% e con materiali differenti rispetto alla carreggiata anulare.

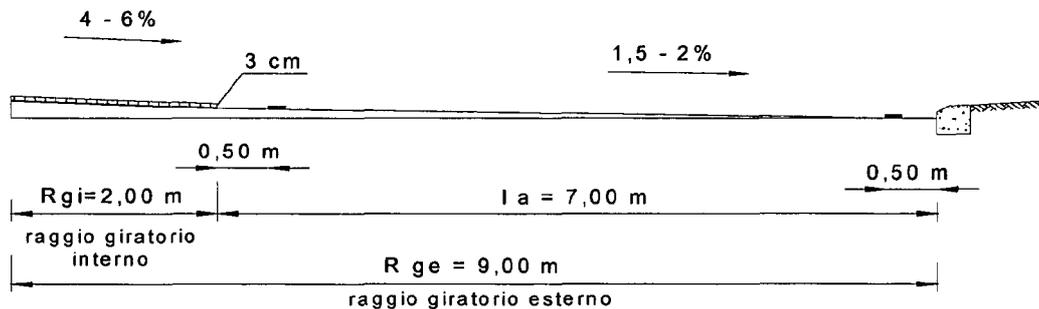


Fig. 3.A.5 Esempio di isola centrale di minirotonda completamente sormontabile.

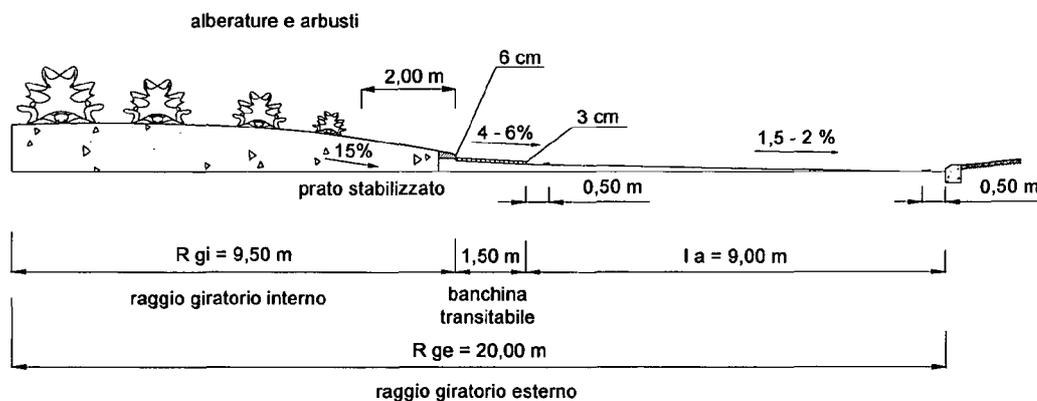


Fig. 3.A.6 Esempio di isola centrale di rotonda compatta.

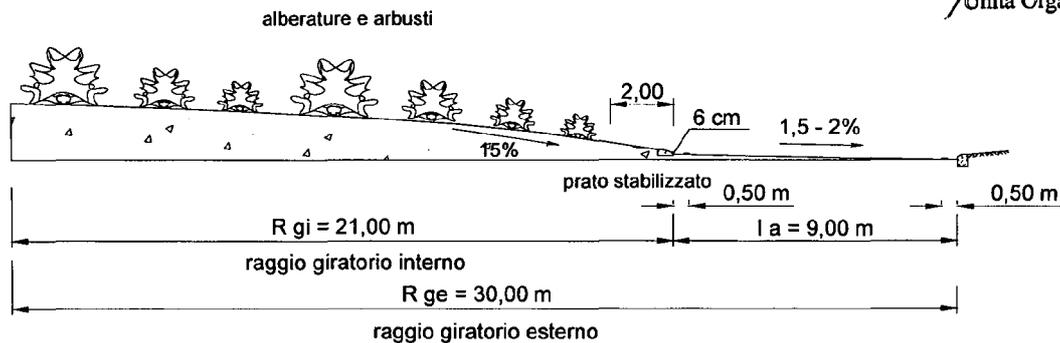


Fig. 3.A.7 Esempio di isola centrale di grande rotatoria.

3.A.8.2 Carreggiata anulare

La carreggiata anulare, o anello, è costituita da una o più corsie di marcia comprensive delle banchine.

La sua larghezza (l_a) deve essere mantenuta costante lungo tutto il suo sviluppo. In particolare le dimensioni dell'anello, comprensive delle banchine, variano in funzione delle dimensioni della rotatoria e del numero delle corsie di ingresso:

- *minirotorie* ($D_e < 26 \text{ m}$): 7÷8 m
- *rotorie compatte* ($26 \text{ m} \leq D_e < 50 \text{ m}$) con ingressi a singola corsia: 8 m
- *rotorie compatte* ($26 \text{ m} \leq D_e < 50 \text{ m}$) con ingressi a doppia corsia: 9 m
- *grandi rotorie e rotorie "eccezionali"*: 9÷10 m

3.A.8.3 Ingressi

In ingresso possono essere realizzate al massimo due corsie.

Per i bracci di accesso si adotta una larghezza di 4,00÷4,50 m per una corsia e 7,00÷9,00 m per due corsie in entrata (l_e), comprese le banchine.

Il raggio d'entrata R_e dovrebbe essere inferiore al raggio della circonferenza esterna della rotatoria, garantendo comunque un valore minimo non inferiore a 10÷15 m.

Il raggio di raccordo R_r deve essere pari al doppio del diametro esterno della rotatoria (cfr fig. 3.A.10).

3.A.8.4 Uscite

In uscita deve essere realizzata soltanto una corsia. Soltanto quando le verifiche di capacità ne dimostrino la necessità, in via del tutto eccezionale è possibile realizzare un'uscita a due corsie.

Per la larghezza delle corsie in uscita dalla rotatoria (l_u) si adotta un valore di 4,50÷6,00 m onde facilitare la cinematica della manovra; 7,50÷9,00 m nel caso di uscite a due corsie. In entrambi i casi le misure si intendono comprensive delle banchine.

Il raggio di uscita R_u dovrebbe essere superiore al raggio della circonferenza dell'isola giratoria interna, garantendo comunque un valore minimo non inferiore a 15-20 m e un valore massimo di 30 m.

Il raggio di raccordo R_r deve essere pari al doppio del diametro esterno della rotatoria.

3.A.8.5 Isole direzionali

E' opportuno separare fisicamente le correnti entranti da quelle uscenti dalla rotatoria mediante isole direzionali di forma triangolare. Le isole direzionali (cfr. fig. 3.A.8) devono essere sempre presenti ed insormontabili al fine di:

- garantire una maggiore percezione della rotatoria;
- consentire l'attraversamento dei pedoni in sicurezza.

La larghezza dell'isola al bordo della rotatoria non dovrebbe essere inferiore a 3 m; la sua lunghezza, nel caso di presenza di attraversamenti pedonali, deve essere tale da consentire anche la protezione fisica dei pedoni.

I passaggi pedonali dovrebbero essere posizionati ad una distanza di 4÷5 m dal bordo della corona giratoria.

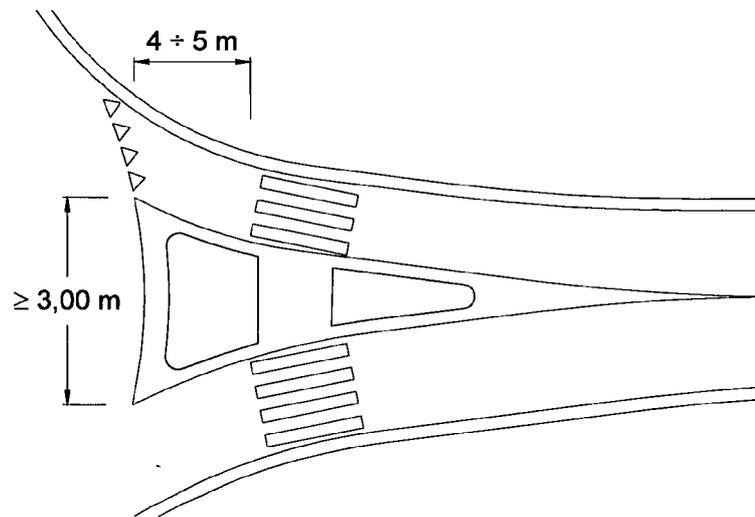


Fig. 3.A.8 Isola direzionale

3.A.8.6 Svolta a destra svincolata

Nel caso in cui gli studi di capacità dimostrino la presenza di criticità in un braccio di ingresso, è possibile realizzare una corsia per la svolta a destra svincolata (cfr. fig. 3.A.9). Tale scelta progettuale è valida anche nel caso in cui, quella della svolta a destra, sia la direzione prevalente ovvero il volume veicolare di svolta sia di almeno 500+600 veic/h nei periodi di punta.

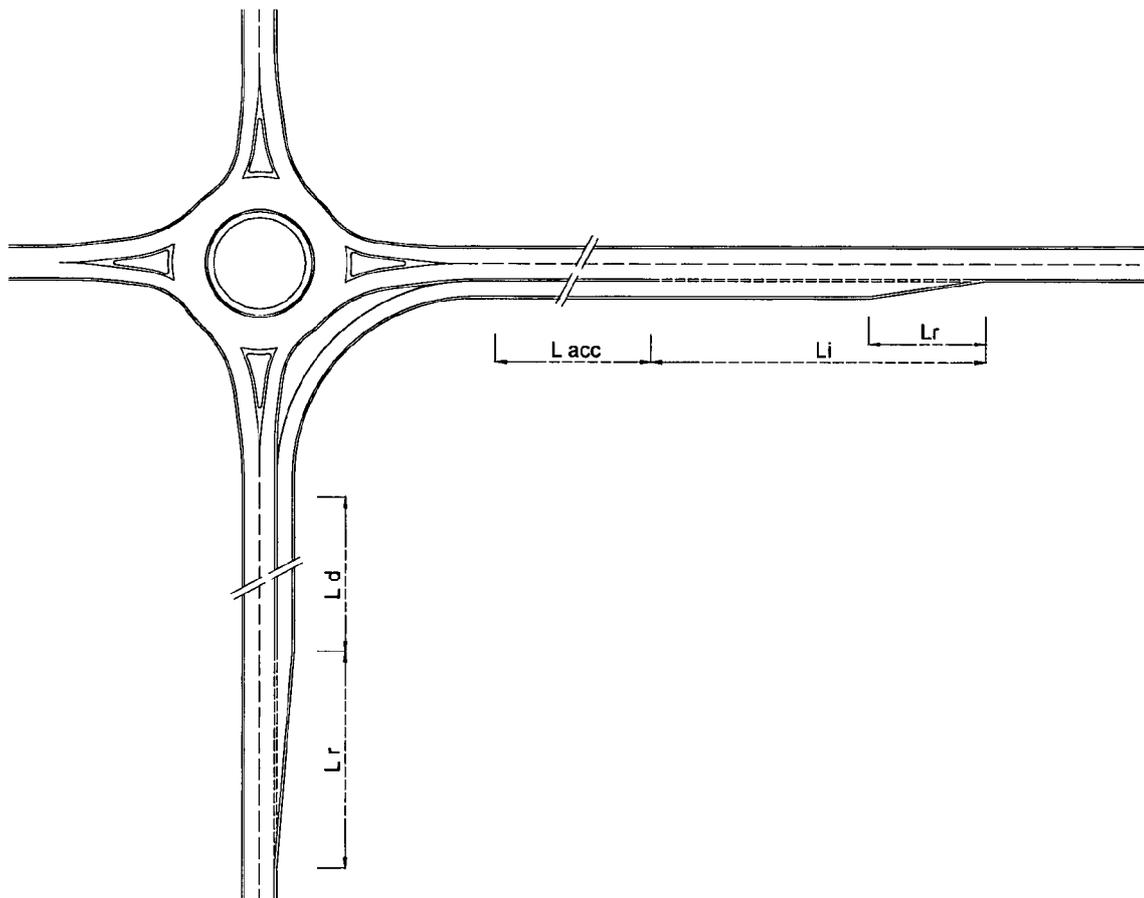


Fig. 3.A.9 Rotatoria potenziata con svolta diretta

Le corrette modalità di progettazione di tale corsia sono da individuare nelle successive indicazioni inerenti la progettazione delle intersezioni a raso canalizzate. E' necessario posizionare idonea segnaletica verticale in grado di indirizzare in maniera ottimale i veicoli.

3.A.8.7 Tabella riepilogativa

In tabella 3.A.3 vengono riepilogati i valori di progetto dei principali elementi costituenti le rotatorie rappresentati in figura 3.A.10.

	Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
			Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi rotatorie Rotatorie eccezionali
Diametro della rotatoria	D_e	$(14 \text{ m}) 18 \text{ m} \leq D_e \leq 40 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	> 50
Raggio giratorio esterno	R_{ge}	$D_e/2$	7÷9	9÷13	13÷25	> 25
Raggio giratorio interno	R_{gi}	$R_{gi} - l_a$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	l_a	$7 \text{ m} \leq l_a \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello interno sormontabile	l_{is}	$0 \leq l_{is} \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d'entrata	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq D_e/2$	10	10÷13	10÷25	$10 \div D_e/2$
Larghezza corsia entrante	l_e	$4 \text{ m} \leq l_e \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq l_e \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d'uscita	R_u	$15 \text{ m} \leq R_u \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15÷30
Larghezza corsia uscita	l_u	$4,5 \text{ m} \leq l_u \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq l_u \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	R_r	$2 \times D_e$	28÷36	36÷52	52÷100	> 100

Tab. 3.A.3 Riepilogo dei valori di progetto degli elementi costituenti le rotatorie.

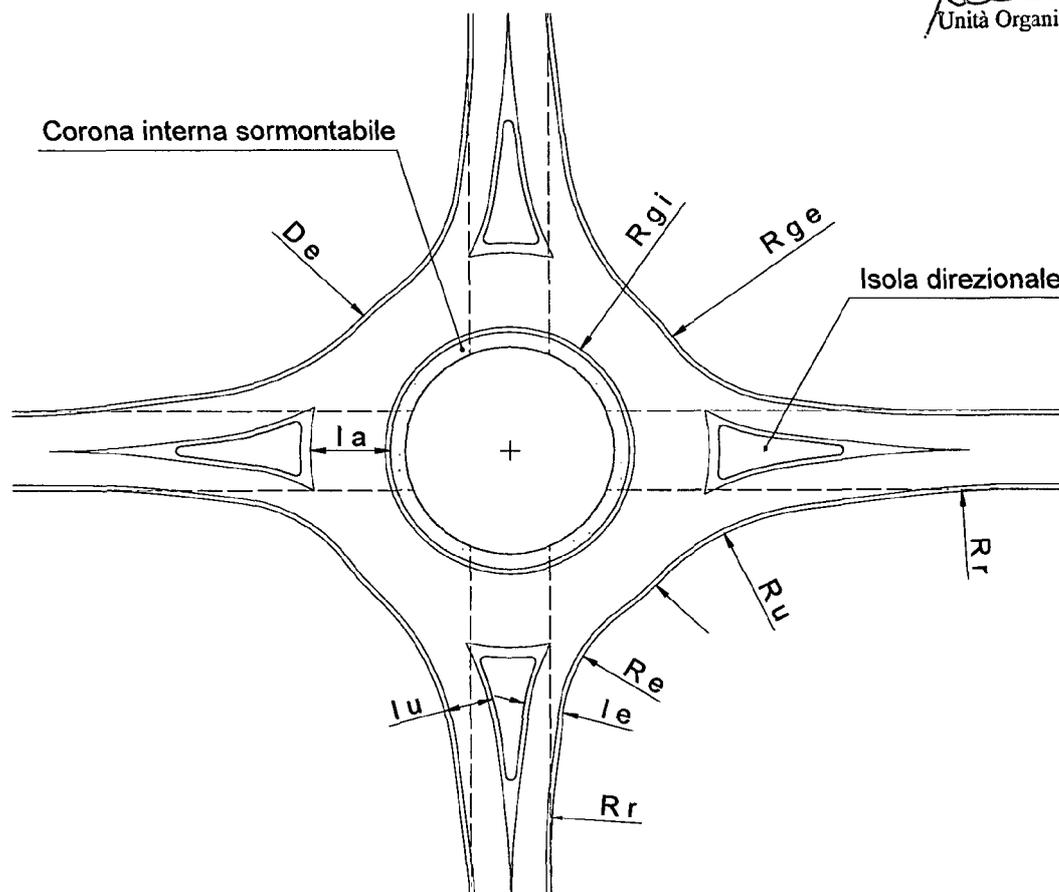


Fig. 3.A.10 Elementi di progetto delle rotonde.

3.A.9 Particolari attenzioni per le diverse tipologie di utenti

3.A.9.1 Pedoni e ciclisti

La corretta progettazione di una rotonda, così come la verifica della sua funzionalità e sicurezza - soprattutto in ambito urbano - non può prescindere da un'analisi attenta dei movimenti e dei percorsi ciclo pedonali in potenziale conflitto con i veicoli in movimento.

Se necessario si devono pertanto predisporre delle isole direzionali le quali, oltre a rinforzare la percezione della rotonda ed a separare fisicamente le correnti veicolari entranti ed uscenti, sono di basilare importanza per la protezione dei pedoni: a tal fine come già precisato, la larghezza dell'isola al bordo della rotonda non dovrebbe essere inferiore a 3 m.

I passaggi pedonali dovrebbero essere posizionati ad una distanza di 4-5 m dal bordo della corona giratoria. In questo modo:

- si allontanano i flussi veicolari circolanti internamente alla corona giratoria dagli stessi pedoni;
- non si allungano troppo i percorsi pedonali così da evitare comportamenti scorretti e pericolosi da parte dei pedoni (attraversamento fuori dalle strisce pedonali, attraversamento all'interno dell'anello rotondario, ecc.).

Sono assolutamente da escludere gli attraversamenti pedonali entro la carreggiata anulare.

In ogni caso, per tutelare la sicurezza dei pedoni, si possono utilizzare alcuni accorgimenti in fase di progettazione, quali:

- la riduzione della velocità dei veicoli in uscita attraverso una adeguata deflessione per ogni itinerario;
- la progettazione di isole spartitraffico più larghe possibile in relazione allo spazio disponibile;

- la proibizione della sosta dei veicoli sui bracci della rotatoria in prossimità dell'incrocio in modo da assicurare un'ampia visibilità;
- l'illuminazione sia dell'anello, sia delle vie di ingresso e uscita;
- l'installazione di cartelli stradali in modo tale da non nascondere alla vista dei guidatori eventuali pedoni.

3.A.9.2 Trasporto pubblico locale

Si individuano tre possibili sistemazioni per le fermate dei mezzi pubblici nelle vicinanze di una rotatoria (cfr. figg. 3.A.11 e 3.A.12):

- sulla corsia d'entrata, 20 m a monte dell'attraversamento pedonale, con apposita piazzola riservata;
- sulla corsia d'uscita, subito dopo l'attraversamento pedonale, con apposita piazzola riservata;
- sulla corsia d'entrata, un metro prima dell'attraversamento pedonale, quando il traffico è scarso e il mezzo pubblico non necessita di lunghi tempi di sosta. Tale sistemazione è però da escludere in presenza di doppia corsia d'innesto alla rotatoria, in quanto bisogna assolutamente evitare che i veicoli possano superare il mezzo pubblico a scapito della sicurezza dei pedoni.

Sono, invece, assolutamente vietate le fermate all'interno della corona giratoria.

In ambito urbano è consentito realizzare a fianco degli ingressi una zona sormontabile per consentire la fermata dei mezzi pubblici tramite un sopralzo di tale zona rispetto alla carreggiata (non superiore a 3 cm), l'utilizzo di materiali differenti rispetto alla piattaforma stradale (autobloccanti, pavé,...) ovvero un rivestimento rugoso che presenti contrasto sia di giorno che di notte rispetto all'anello e la separazione di queste zone mediante segnaletica orizzontale.

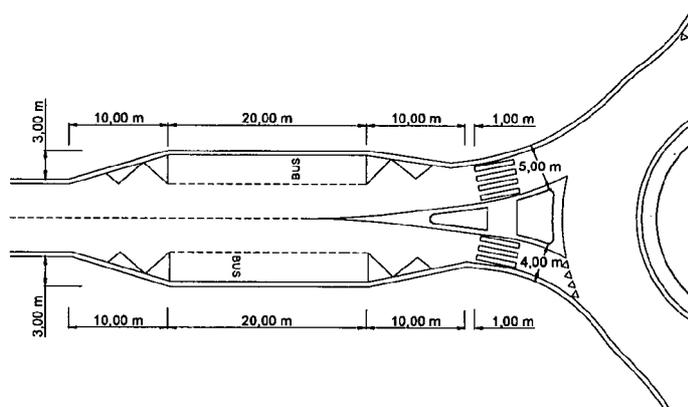


Fig. 3.A.11 Apprestamenti per i mezzi pubblici con piazzola riservata.

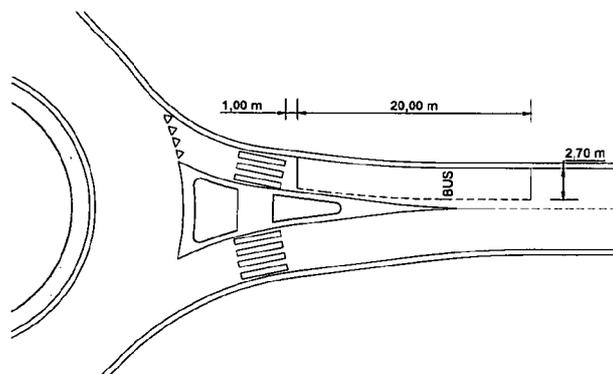


Fig. 3.A.12 Apprestamenti per i mezzi pubblici senza piazzola riservata.

3.A.9.3 Trasporti eccezionali

Si suggerisce di adottare, almeno inizialmente, le abituali regole di progettazione senza preoccuparsi dei trasporti eccezionali, potendosi, in sede di affinamento del progetto, adattare le caratteristiche geometriche dei vari elementi che compongono lo svincolo, ad esempio prevedendo zone sormontabili sull'isola centrale, sulle isole spartitraffico di entrata e uscita e sulla banchina, e definendo altresì zone prive di ostacoli.

Di fatto non è consigliabile, per ragioni di sicurezza, prevedere grandi rotatorie solo per offrire facile accesso ai veicoli eccezionali, senza rendere congruenti agli elevati raggi dell'isola centrale anche i raggi d'entrata dei vari bracci e la larghezza dell'anello: queste sistemazioni potrebbero infatti indurre gli utenti ordinari ad impegnare l'intersezione con velocità eccessive.

È bene inoltre concepire le zone sormontabili (o semi - sormontabili) in modo tale da dissuadere i veicoli leggeri a transitarvi. A tal fine si suggerisce di adottare (cfr. fig. 3.A.13):

- una contropendenza delle zone sormontabili in banchina;
- un sopralzo delle zone sormontabili rispetto alla carreggiata (non superiore a 3 cm);
- un rivestimento rugoso che presenti contrasto sia di giorno che di notte rispetto all'anello;
- una separazione di queste zone mediante segnaletica orizzontale.

E' comunque sempre opportuno effettuare una verifica dell'inserimento dinamico dei mezzi pesanti nell'area di intersezione.

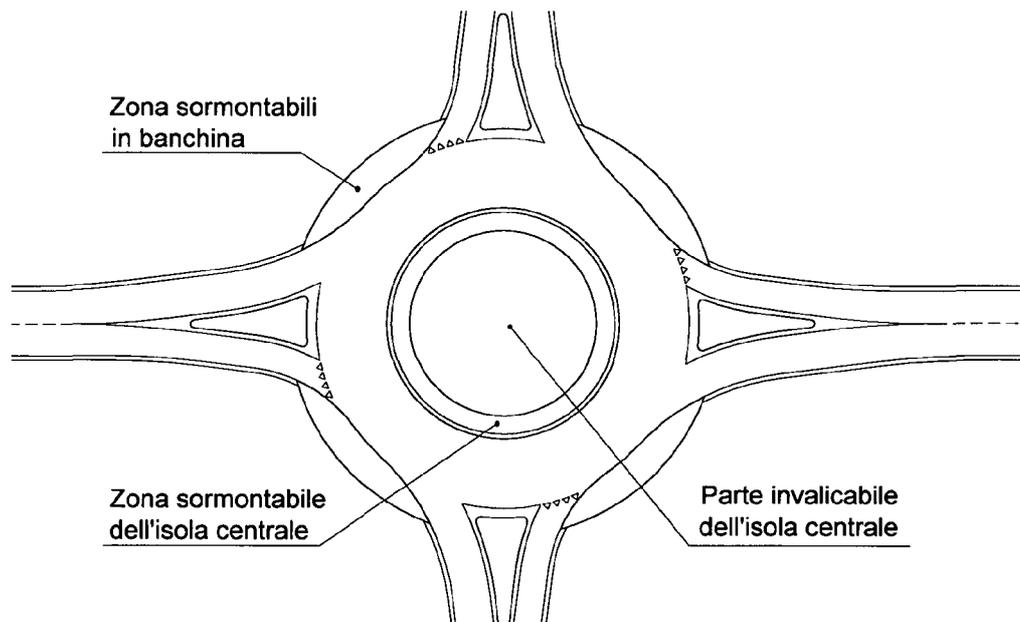


Fig. 3.A.13 Esempio di sistemazione di una rotatoria per tenere conto dei movimenti dei veicoli eccezionali.

3.A.10 Segnaletica orizzontale e verticale

I riferimenti per il progetto della segnaletica sono al Codice della Strada e al relativo Regolamento di attuazione.

In particolare si prescrive la sistemazione del segnale "rotatoria" sulla soglia della carreggiata anulare; in ambito extraurbano tale indicazione deve essere preceduta dal segnale "circolazione a rotatoria" ad una distanza di 150 m. Nel caso in cui non sia possibile rispettare questa distanza, il segnale deve essere integrato con l'apposito pannello indicante l'effettiva distanza dall'intersezione. Nelle rotatorie con regime di precedenza all'anello è necessario integrare la segnaletica descritta con il segnale "dare la precedenza" corredati dalla segnaletica orizzontale prevista.

Sull'isola centrale, in corrispondenza di ogni ingresso, deve essere posizionato il cartello di direzione obbligatoria a destra (ad esclusione delle minirotatorie con isola centrale sormontabile). Sull'isola direzionale i segnali di direzione rivolti verso la carreggiata anulare devono segnalare soltanto le direzioni in uscita. Le altre direzioni, infatti, devono essere presegnalate tramite pannelli di preavviso di intersezione a rotatoria posti possibilmente ad una distanza di 150÷300 m dall'incrocio.

I passaggi pedonali devono essere posizionati ad una distanza di 4÷5 m dal bordo della corona giratoria, mentre per ragioni di sicurezza e di facilità di circolazione si consiglia di non tracciare nell'anello le corsie di demarcazione, fatta eccezione per le rotatorie di diametro D_e maggiore di 40 m e con un anello di larghezza uguale o maggiore ai 9 m. In ogni caso la carreggiata anulare è da delimitare sia internamente che esternamente (escluse le zone d'entrata e d'uscita) con strisce continue. E' assolutamente da evitare l'installazione di dispositivi rallentatori (bande rumorose,...) sulle zone di frenatura dei veicoli in quanto diminuiscono le condizioni generali d'aderenza.

3.A.11 Barriere di sicurezza

L'utilizzo delle barriere di sicurezza nelle intersezioni a rotatoria è, nella maggior parte dei casi, da escludere. Tuttavia il loro posizionamento è consigliato per rotatorie con $D_e \geq 50$ m, a causa delle velocità di percorrenza più elevate, e in tutti i casi in cui la sicurezza della circolazione lo imponga. Le barriere devono essere opportunamente raccordate (transizioni tra i differenti tipi di barriera) e i terminali devono consentire un sufficiente assorbimento di energia; se ciò non risultasse possibile, si devono utilizzare terminali svasati e piegati nel terreno.

E' comunque sempre da escludere il posizionamento di barriere di sicurezza sull'isola centrale e sulle isole direzionali.

3.A.12 Illuminazione

L'installazione in una rotatoria di un impianto d'illuminazione deve avere come obiettivo la rottura della linearità del tracciato: evidenziando l'assetto circolare dell'intersezione si facilita la percezione e la comprensione del suo funzionamento da parte degli utenti. L'illuminazione dell'area di incrocio porta sicuramente dei benefici a condizione che siano evitati:

- "l'aggressività" dei pali dei lampioni e delle torri faro, molto pericolosi in caso di impatto per la loro elevata rigidità;
- l'abbagliamento in entrata ed il fenomeno della presenza dei cosiddetti "buchi neri" o zone d'ombra in uscita dalla rotatoria;
- la cattiva leggibilità, se la modalità di sistemazione dei lampioni inganna i conducenti circa la geometria dell'intersezione.

Non tutte le rotatorie devono essere illuminate o illuminate con la medesima tipologia e modalità d'impianto, ma è necessario adeguare la progettazione in base alla localizzazione dell'intervento:

- in *ambito urbano*: le rotatorie devono essere necessariamente illuminate in modo sistematico anche per garantire la continuità d'illuminazione all'interno di zone già illuminate. I conducenti devono, infine, cogliere la presenza di biciclette e pedoni su attraversamenti ciclo - pedonali;
- in *ambito extraurbano*: l'illuminazione non è indispensabile, ma è raccomandata se almeno uno dei bracci afferenti è illuminato o se nelle immediate vicinanze è presente una zona illuminata che possa distrarre i conducenti da un regolare approccio all'intersezione ed in ogni caso se il livello di traffico notturno confluyente assume una consistenza elevata.

Per rotatorie che presentano problemi di visibilità o di percezione in lontananza si possono utilizzare dei dispositivi speciali (boe luminose sulle testate delle isole direzionali, lampade intermittenti,...) al fine di attirare l'attenzione dei conducenti.

I supporti non devono essere d'ostacolo visuale alla segnaletica verticale, né alle entrate né ai margini della carreggiata e, come si è detto, non devono costituire pericolo in caso di incidente. Ciò impone di evitare l'installazione dei pali all'interno delle isole direzionali, sempre che queste non siano di grande ampiezza o i calcoli illuminotecnici non lo impongano.

Dal punto di vista progettuale un impianto di illuminazione per una rotatoria si compone di tre parti principali: l'illuminazione della carreggiata anulare, una installazione complementare e la creazione di una zona d'adattamento.

L'illuminazione della corona giratoria, tenuto conto della particolare condizione di simmetria delle rotatorie, può essere realizzata con l'impianto in un unico punto luce centrale o di più punti luce diffusi lungo l'anello. In particolare:

- *l'installazione di tipo centrale* si caratterizza per la presenza di un unico supporto al centro dell'isola di rotazione, denominato "torre faro".
- *l'installazione di punti luce diffusi* si caratterizza per la ripartizione dei supporti sulla circonferenza esterna dell'anello. Il numero e l'altezza dei pali dipende dalla larghezza e dal diametro della rotatoria.

In entrambi i casi è necessario completare l'illuminazione con l'installazione di altri punti luce sui bracci d'accesso alla rotatoria (lato destro) per garantire continuità con una eventuale installazione periferica sull'anello e per diminuire le deformazioni prospettiche verso sinistra.

B - LE INTERSEZIONI A RASO CANALIZZATE

3.B.1 Generalità

3.B.1.1 In quali casi è ragionevole realizzare una intersezione canalizzata

La condizione ottimale per la realizzazione di una intersezione canalizzata è la presenza di strade intersecantesi di differente gerarchia funzionale e con flussi disomogenei. Una intersezione canalizzata consente infatti:

- di privilegiare una corrente di traffico garantendo la massima fluidità sulla direttrice principale;
- di inibire, eventualmente, una determinata manovra veicolare non voluta.

E' bene inserire intersezioni a raso di tipo canalizzato di tipo parziale - che consentano cioè solo alcune manovre - quando, in prossimità della stessa (in linea generale a distanza massima di 500 m onde evitare il prodursi di manovre di svolta non consentite), esista già un'intersezione a raso di tipo rotatorio (vedi figg. 3.B.1 e 3.B.2). In questo caso, infatti, la riduzione o la totale eliminazione delle svolte a sinistra consente di:

- diminuire il numero dei punti di collisione e dei possibili conflitti veicolari contribuendo a rendere più sicura l'intersezione;
- rendere più fluide le condizioni di deflusso dell'intersezione.

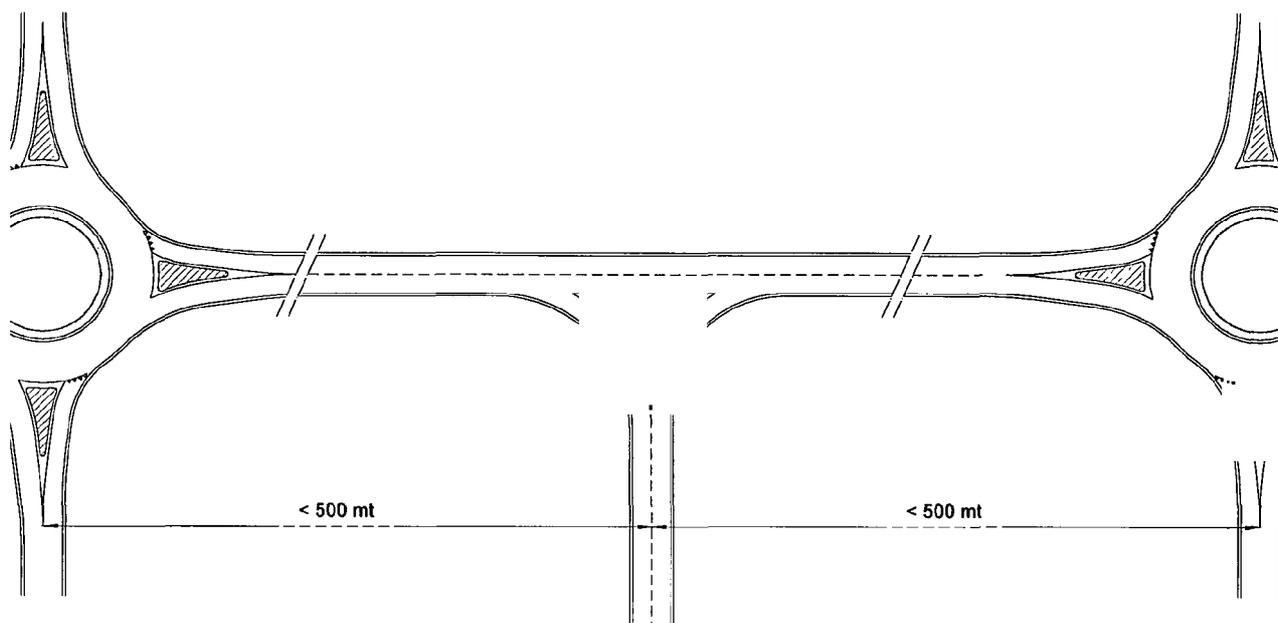


Fig. 3.B.1 Tipologia di intersezione a raso canalizzata in presenza, nelle vicinanze, di due intersezioni di tipo rotatorio

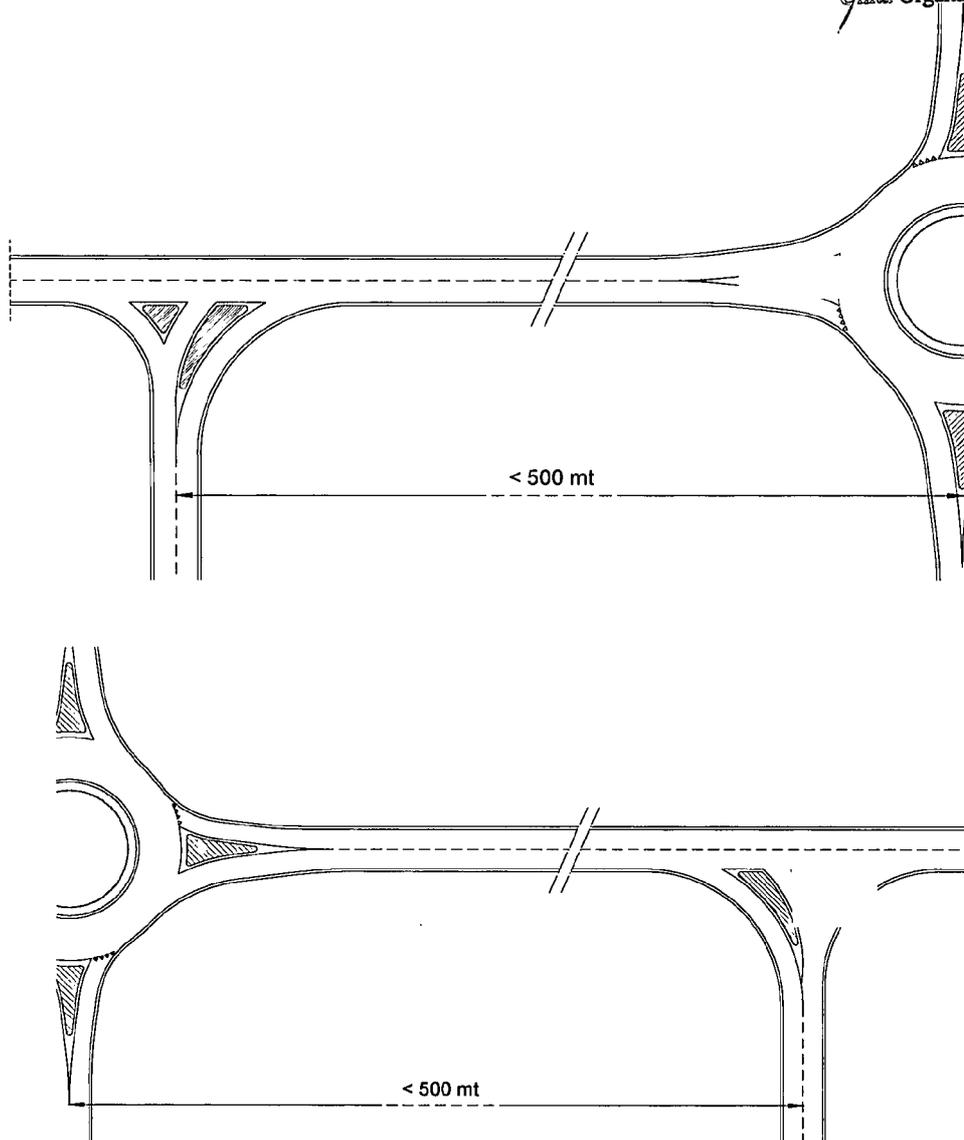


Fig. 3.B.2 Tipologie di intersezioni a raso canalizzate in presenza, nelle vicinanze, di una intersezione di tipo rotatorio

Un numero limitato di veicoli in svolta a sinistra - sia dalla principale che dalla secondaria - (tendenzialmente 400 veic/giorno) rende ragionevole la realizzazione di intersezioni canalizzate. La presenza di più elevati flussi in svolta a sinistra potrebbe rendere meno sicura l'intersezione; occorrerebbe pertanto valutare la possibilità di realizzare una rotonda.

3.B.1.2 Quali caratteristiche consentono una maggiore sicurezza

Alcune cautele e attenzioni in fase di progetto possono aumentare gli standard di sicurezza delle intersezioni canalizzate. In particolare occorre garantire:

- **la maggiore semplicità di realizzazione e funzionamento**, ovvero:
 - dimensioni contenute e normalizzate dei singoli elementi geometrici (corsie di accumulo, corsie di immissione,...);
 - uno scostamento progressivo dalle traiettorie passanti;
- **l'assenza di ostacoli rigidi** lungo le traiettorie di possibile fuoriuscita dei veicoli, in particolare sulle isole direzionali o divisionali;

- una buona percezione e leggibilità dell'intersezione tramite un corretto disegno degli elementi geometrici e un corretto posizionamento della segnaletica verticale;
- l'utilizzo di traiettorie veicolari ben definite e "obbligate" per evitare velocità operative troppo elevate incompatibili con la sicurezza.
- la riduzione delle possibili aree di collisione tra i veicoli;
- il corretto dimensionamento degli elementi compositivi l'intersezione anche al fine di consentire una diminuzione della velocità in ingresso e un rapido abbandono dell'intersezione in uscita per i veicoli provenienti/diretti dalle/alle strade secondarie;
- la realizzazione di isole insormontabili per la delimitazione delle zone escluse dalle manovre veicolari, anche al fine di inibire manovre non consentite la cui proibizione, con la sola segnaletica orizzontale e verticale, potrebbe essere disattesa.

3.B.2 Configurazione geometrica e allineamento degli assi stradali

La progettazione ottimale degli incroci lineari si attua preferibilmente garantendo la ortogonalità (o quantomeno angoli superiori a 70°) tra gli assi afferenti alla zona di incrocio. Si può procedere a tale fine o correggendo il tracciato della secondaria o creando uno schema a baionetta (purché sia possibile distanziare gli assi di almeno 100 m) (fig. 3.B.3).

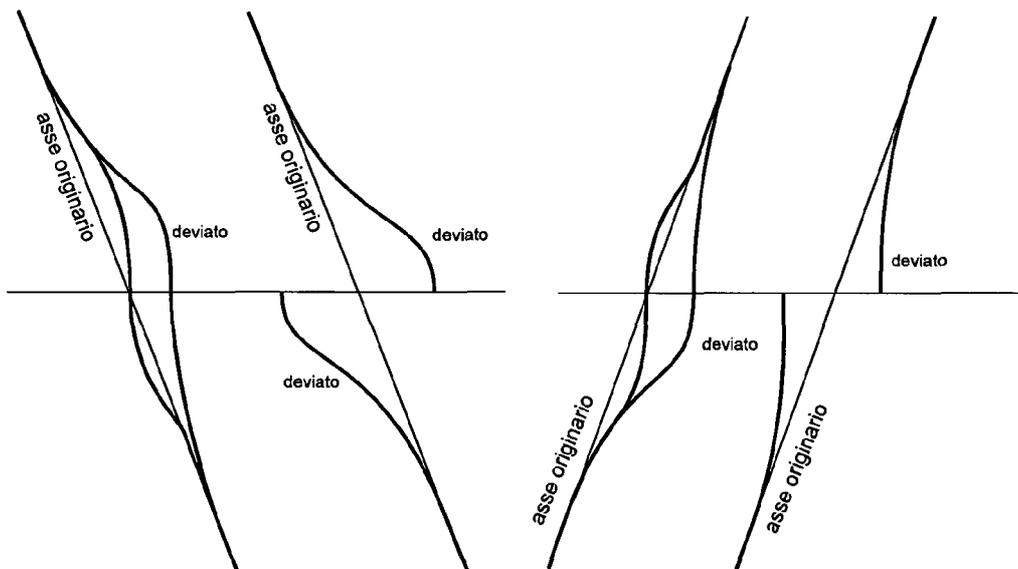


Fig. 3.B.3 Rettifica d'asse della secondaria

3.B.3 Diverse tipologie di intersezioni canalizzate a raso

E' possibile distinguere le intersezioni a raso canalizzate in funzione degli elementi progettuali e compositive che le contraddistinguono. Si possono avere:

- corsie di accumulo specializzate per le svolte a sinistra dalla strada principale, eventualmente protette;
- corsie di decelerazione per la svolta a destra dalla strada principale;
- corsie di accelerazione per la svolta a destra dalla secondaria;
- corsie di immissione nella mezzera della strada principale destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria.

La scelta delle differenti tipologie compositive avviene in funzione dei flussi veicolari presenti o previsti, dei vincoli ambientali presenti, dei bracci confluenti al nodo e delle loro caratteristiche di sicurezza.

In ordine al tipo di regolazione, le suddette intersezioni possono poi essere così ulteriormente suddivise:

- intersezioni con precedenza regolata dal segnale "dare precedenza";
- intersezioni con precedenza regolata dal segnale "fermarsi e dare precedenza" (STOP);
- intersezioni regolate da impianti semaforici.

Le intersezioni a raso canalizzate si possono prevedere su strade:

- extraurbane secondarie (C);
- urbane di scorrimento (D);
- urbane di quartiere (E);
- locali extraurbane (F_{ex});
- locali urbane (F_{urb}).

3.B.4 Visibilità e percezione

3.B.4.1 Visibilità

La trattazione delle condizioni di visibilità negli incroci a raso impone la verifica differenziata tra le manovre di svolta, aventi la precedenza, e le traiettorie veicolari non prioritarie e quindi destinate a condizioni di flusso interrotto a favore del passaggio di altri veicoli. La metodologia qui descritta non possiede carattere di cogenza, anche se risulta auspicabile che tutte le nuove intersezioni possano avere tali requisiti progettuali.

Per le traiettorie prioritarie - traiettorie aventi precedenza sulle altre - si devono mantenere all'interno dell'intera area di svincolo le medesime condizioni di visibilità previste dalla specifica normativa per gli assi stradali; la presenza dell'intersezione non può difatti costituire deroga agli standard usuali in rapporto alla visibilità del tracciato.

Per le manovre non prioritarie - la cui regolamentazione avviene con segnali di stop o di precedenza - le verifiche vengono sviluppate secondo il criterio dei triangoli di visibilità relativi ai punti di conflitto di intersezione generati dalle correnti veicolari: all'interno del triangolo non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato.

La verifica globale circa le condizioni di visibilità dell'intersezione richiede pertanto di considerare tutti i triangoli relativi ai punti di collisione; l'ubicazione degli eventuali nuovi vincoli esterni all'area di svincolo sarà da determinarsi in considerazione dell'involuppo dei segmenti relativi ai singoli triangoli.

Al fine di garantire il regolare funzionamento delle intersezioni a raso risulta essenziale procedere sempre ad una gerarchizzazione viaria delle manovre in modo da articolare le varie correnti veicolari in principali e secondarie; ne consegue la necessità di introdurre segnali di precedenza o di stop per ogni punto di collisione, evitando di porre in essere situazioni di semplice precedenza a destra senza regolazione segnaletica.

Nel caso in cui non possa essere garantita la visibilità sui triangoli così costruiti si rende necessario regolare l'intersezione mediante segnale di stop sulla strada secondaria con il contestuale inserimento di specchi parabolici che facilitino l'avvistamento dei veicoli sulla principale.

I parametri da acquisire per le verifiche di visibilità sono i seguenti:

- determinazione del tempo di manovra;
- individuazione della velocità di riferimento;
- collocazione planimetrica dei punti di osservazione;
- collocazione altimetrica dei riferimenti visivi.

3.B.4.1.1 Il tempo di manovra

La sicurezza dell'intersezione impone che l'utente impegnato nelle traiettorie prive di diritto di precedenza possa disporre del tempo necessario per verificare la presenza di veicoli in arrivo sulla strada principale, per decidere sulla manovra da compiere, per eseguire e completare l'attraversamento e lo sgombero dell'area di incrocio.

Si definisce pertanto tempo di manovra il periodo intercorrente tra l'approccio del veicolo nell'area di visibilità dell'incrocio e l'ultimazione della manovra di sgombero relativa al punto di collisione considerato. Il tempo di manovra si compone pertanto di fasi psico-tecniche e di fasi cinematiche ed il suo valore dipende anche dai seguenti elementi:

- larghezza trasversale dell'arteria principale;
- tipo di regolazione segnaletica.

In via generale e semplificativa si possono adottare per il tempo di manovra 6 secondi per le manovre regolate da stop e 12 secondi per le manovre regolate da precedenza.

Una ulteriore implementazione dei tempi di manovra deve prevedersi nei casi, per quanto possibile da evitarsi, in cui le traiettorie siano soggette a pendenze longitudinali superiori al 2%. In questi casi si incrementa il tempo di 1 secondo per ogni punto percentuale di pendenza eccedente il 2%.

3.B.4.1.2 La velocità di riferimento

Il lato maggiore del triangolo di visibilità corrisponde al prodotto della velocità di riferimento per il tempo di manovra. Si definisce velocità di riferimento il valore cinematico cui corrispondono le condizioni ordinarie di circolazione da considerarsi più impegnative ai fini della sicurezza dell'intersezione.

Per la determinazione della velocità di riferimento può articolarsi secondo tre criteri alternativi:

- strade di nuova realizzazione: si adotta il valore relativo al diagramma di velocità;
- strade esistenti: si adotta il valore prescritto dalla segnaletica stradale, quello massimo ammissibile dal Codice della Strada ovvero quello del 85-esimo percentile.

3.B.4.1.3 Collocazione planimetrica dei punti di osservazione

I punti caratteristici per le verifiche di visibilità vanno assunti sulla mezzeria delle traiettorie veicolari a cui si riferiscono.

In caso di regolazione mediante segnale di precedenza, il vertice del triangolo di visibilità relativo alla direzione secondaria si pone ad una distanza di 20 m dal ciglio della strada principale.

In caso di regolazione mediante segnale di stop il vertice del triangolo di visibilità relativo alla direzione secondaria si pone ad una distanza di 3 m dalla linea di arresto.

3.B.4.1.4 Collocazione altimetrica dei riferimenti visivi

Il punto di osservazione convenzionale per le verifiche di visibilità viene posto altimetricamente ad una quota di 1,10 m al di sopra del piano viabile, in corrispondenza delle posizioni planimetriche indicate nel paragrafo precedente.

Nessun ostacolo alla visione diretta e continua dei veicoli confluenti può perforare il piano virtuale individuato dalla superficie congiungente i tre vertici del triangolo di visibilità come sopra definito. Non si considerano ostacoli visivi elementi discontinui (pali di illuminazione, segnaletica, ecc..) aventi larghezze in orizzontale inferiori a 0,80 m.

3.B.4.1.5 La distanza di visibilità principale

Il lato maggiore del triangolo viene rappresentato dalla distanza di visibilità principale D , quale viene espressa dalla formula:

$$D = v \times t$$

dove: D = distanza di visibilità principale [m]
 v = velocità di riferimento [m/s]
 t = tempo di manovra [s]

3.B.4.1.6 Indicazioni generali

Per i nuovi interventi sono da escludere le intersezioni site in corrispondenza di una curva, come pure vanno attentamente verificate le condizioni di eventuali raccordi altimetrici che potrebbero determinare sia effetti negativi sulla visibilità sia disagi per le percezioni delle velocità dei veicoli in approccio (ad esempio quando la secondaria si raccorda in una concavità della principale).

In prossimità di una intersezione ogni oggetto situato al contorno stradale è suscettibile di mascherare la visibilità. Si considerano ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi una delle dimensioni planimetriche superiori a 0,80 m.

3.B.4.2 Percezione

In ogni caso, nei casi di insufficiente visibilità in uno o più rami dell'incrocio, è necessario procedere ad interventi atti a potenziare la leggibilità del nodo nel senso di facilitare all'utente la rapida comprensione del funzionamento delle intersezioni così da permettere agli utenti in avvicinamento di adeguare il proprio comportamento di guida (ad esempio rallentando e cedendo la precedenza) in relazione al comportamento tenuto o che si presume verrà tenuto dagli altri automobilisti.

Favoriscono certamente la percezione delle "singolarità" del tracciato e della zona di interscambio:

- una visibilità della zona di intersezione adeguata alle velocità di approccio veicolari;
- l'impiego di geometrie di svincolo il più possibili vicine agli schemi tipo;
- una segnaletica semplice, ben posizionata e di facile comprensione;
- la presenza di elementi strutturali o di riferimenti specifici che avvertono dell'avvicinamento ad un'area di interscambio (isole di separazione delle corsie, ecc).

La lettura del tracciato può, nondimeno, essere facilitata dal paesaggio che può essere opportunamente "costruito" così da fornire, ad esempio, una visualizzazione anticipata delle vie secondarie (figg. 3.B.4 e 3.B.5).

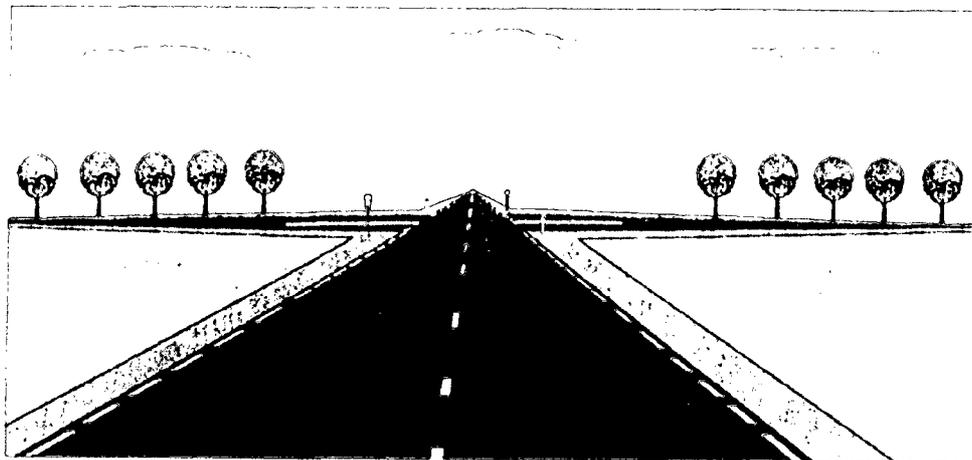


Fig. 3.B.4 Visualizzazione della strada secondaria mediante un allineamento trasversale.

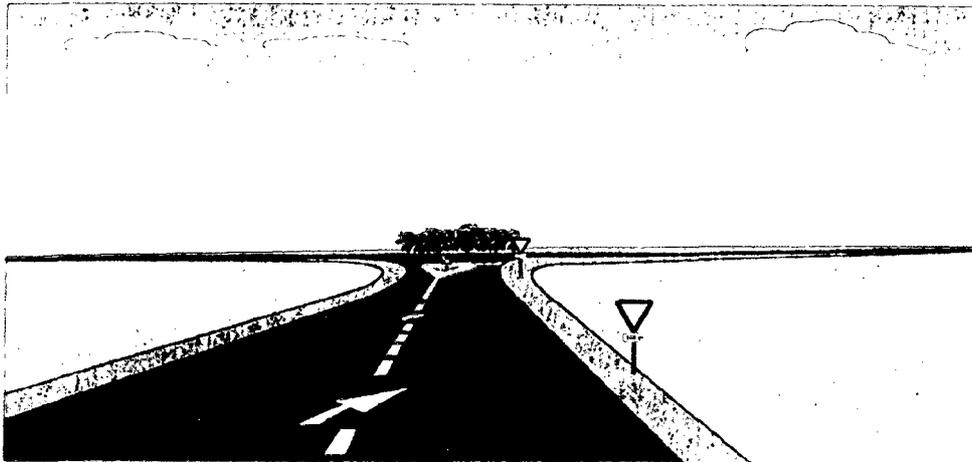


Fig. 3.B.5 Schermo di vegetazione che blocca la visuale sul ramo secondario di un'intersezione a T.

Tali sistemazioni, ovviamente, devono essere studiate in modo da non compromettere la sicurezza dell'intersezione riducendo, ad esempio, la visibilità dell'area di incrocio.

3.B.5 Pendenze e scolo acque meteoriche

In linea generale, nella impostazione progettuale dell'area di svincolo, occorre:

- eliminare le zone piane all'interno dell'intersezione mediante la sistematica adozione sia di pendenze longitudinali sia di pendenze trasversali;
- individuare i punti di recapito dei compluvi mediante caditoie o scarichi laterali in modo da delimitare sia le singole superfici scolanti sia i percorsi delle acque meteoriche sulla pavimentazione.

3.B.6 Geometria degli elementi

Per la sistemazione delle vie di preselezione e delle isole di traffico delle intersezioni a raso canalizzate sono necessarie delle modifiche planimetriche del tracciato stradale, la creazione di opportuni allargamenti e/o restringimenti della carreggiata stradale dei bracci confluenti all'intersezione, l'inserimento di adeguate isole di traffico.

Un'intersezione a raso canalizzata si compone di tutti o di parte dei seguenti elementi geometrici (vedi figura 3.B.6):

- *corsie di accumulo* sulla mezzeraia stradale destinate ad agevolare le svolte a sinistra dalla principale. Consistono nell'allargamento trasversale della carreggiata in modo da consentire la fermata dei veicoli in attesa di svolta senza interrompere il flusso passante lungo la medesima direzione di provenienza e si compongono di quattro parti: un tratto di raccordo, un tratto di manovra, un tratto di decelerazione ed un tratto di accumulo;
- *corsie di decelerazione* destinate ad agevolare le svolte a destra dalla principale. Consistono nell'allargamento laterale della carreggiata in modo da consentire che la manovra di uscita dei veicoli a bassa velocità dalla corrente passante non ne ostacoli in misura significativa le condizioni di deflusso portando i veicoli al di fuori delle traiettorie passanti;
- *corsie di accelerazione* destinate ad agevolare le svolte a destra dalla strada secondaria. Consistono nell'allargamento laterale della carreggiata principale in modo da consentire la manovra di uscita dei veicoli in inserimento sulla corrente passante senza significativo condizionamento del flusso passante;
- *corsie di immissione nella mezzeraia* della strada principale, destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria.

Le larghezze dei singoli elementi modulari sono le seguenti:

- corsie destinate alle traiettorie passanti: si mantiene il calibro corrente;
- corsie specializzate per funzioni di accumulo e immissione in mezzera: si adotta un valore minimo di 3,25 m, riducibile fino a 2,50 m se non sono percorse da significativo traffico pesante o da mezzi adibiti al trasporto pubblico, e massimo di 4,00 m;
- corsie di decelerazione/accelerazione; si adotta un valore minimo di 3,25 m, riducibile fino a 2,50 m se non sono percorse da significativo traffico pesante o da mezzi adibiti al trasporto pubblico, e massimo di 3,75 m.

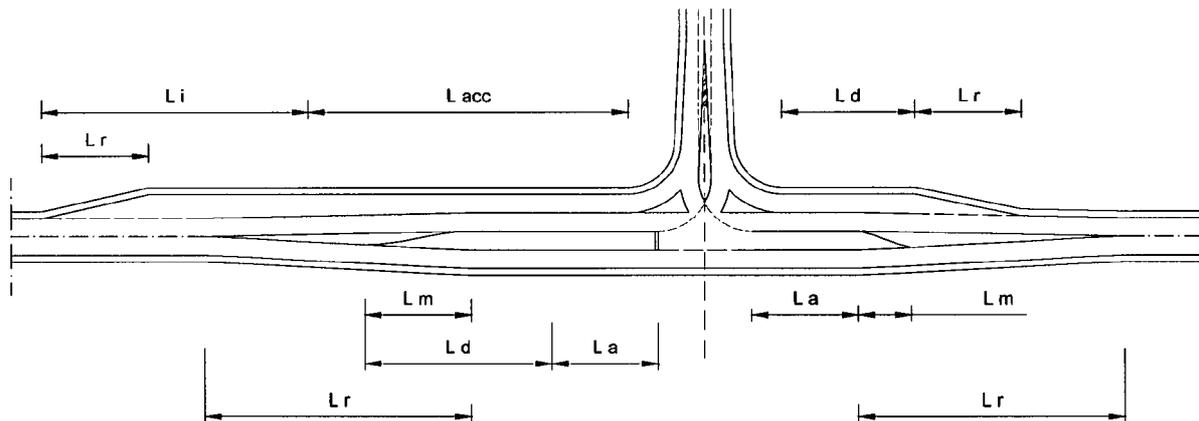


Fig. 3.B.6 Elementi geometrici compositivi di un'intersezione canalizzata.

3.B.6.1 Corsie di accumulo

Le corsie di accumulo nella mezzera stradale si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di quattro elementi:

- un tratto di raccordo;
- un tratto di manovra;
- un tratto di decelerazione;
- un tratto di accumulo, in funzione della tipologia di intersezione e dell'eventuale obbligo di arresto per la presenza di un impianto semaforico/segnalatica stradale;

secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.7.

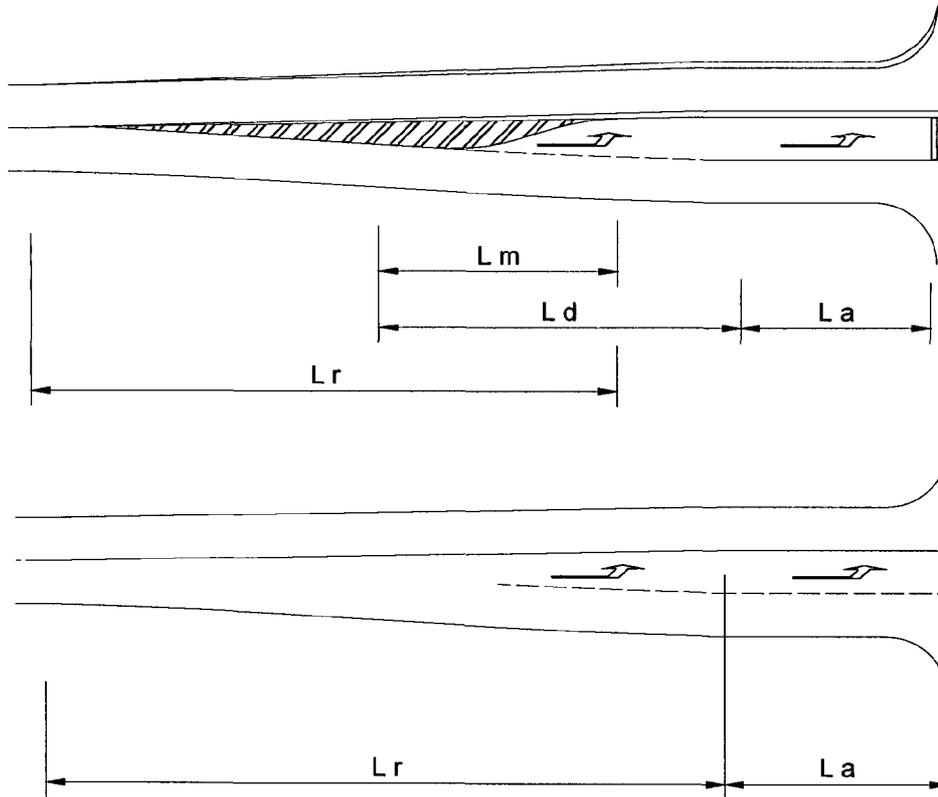


Fig. 3.B.7 Modalità di costruzione delle intersezioni canalizzate con corsie di svolta a sinistra

Tratto di raccordo

Sulla strada principale è necessario inserire un tratto di raccordo in modo che sia immediatamente e chiaramente riconoscibile la presenza dell'intersezione e che gli utenti siano invitati ad adattare la loro velocità (vedi fig. 3.B.8). Il suo corretto dimensionamento è differente in funzione del differente contesto - ambito urbano ovvero extraurbano - in cui si realizza l'intersezione. La lunghezza del tratto di raccordo L_r dipende dalla velocità di progetto V_p e dall'allargamento d della carreggiata stradale secondo le seguenti formule:

$$L_r = 0,6 \times V_p \sqrt{d'} \quad \text{ambito extraurbano}$$

$$L_r = 0,45 \times V_p \sqrt{d'} \quad \text{ambito urbano/strade extraurbane secondarie (strade di tipo E ed F)}$$

con $L_{r \min} = 20 \text{ m}$

dove:

V_p = velocità di progetto [km/h]

d = allargamento complessivo [m]

d' = allargamento della semicarreggiata ove inserire la corsia di accumulo centrale [m]

con, tendenzialmente, $d' \geq d/2$

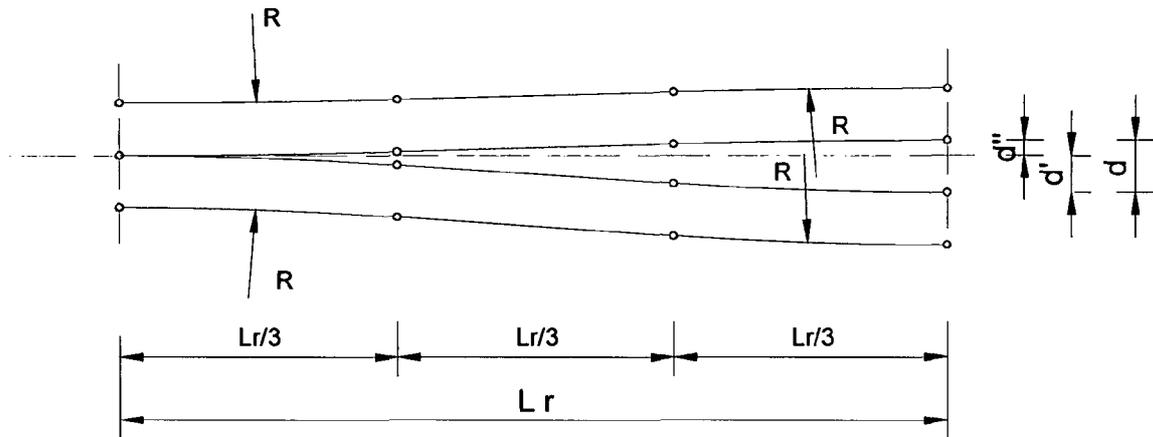


Fig. 3.B.8 Tratto di raccordo

Tratto di manovra

Il tratto di manovra L_m , in ambito extraurbano, deve avere una estensione di 30-40 m. Può essere ridotta a 20 m nel caso in cui la velocità di progetto V_p è minore di 60 km/h (vedi tabella 3.B.1).

Velocità di progetto	Lunghezza del tratto L_m [m]	
	Ambito extraurbano	Ambito urbano
$80 \text{ km/h} < V_p \leq 100 \text{ km/h}$	40	-
$60 \text{ km/h} < V_p \leq 80 \text{ km/h}$	30	30
$V_p \leq 60 \text{ km/h}$	20-30	20

Tab. 3.B.1 Lunghezza del tratto di manovra in funzione della velocità di progetto e dell'ambito attraversato.

In ambito urbano si fa riferimento ai valori in tabella 3.B.1. In corrispondenza di ambiti caratterizzati dalla presenza di vincoli rilevanti, è possibile ridurre la lunghezza di tale tratto ovvero, al limite, escluderlo inserendo bruscamente la corsia di svolta a destra, o a sinistra, per permettere una maggiore estensione della zona di accumulo dei veicoli. Se il tratto di manovra è escluso, nel caso di svolta a sinistra, è necessario realizzare un'isola di canalizzazione insormontabile.

Tratto di decelerazione

La decelerazione di un veicolo in svolta dalla strada principale avviene utilizzando, come rappresentato nelle figure 3.B.7 e 3.B.8, anche i tratti di raccordo e di manovra. Il tratto di decelerazione L_d si raccorda con l'eventuale successivo tratto di accumulo.

La formula generale per il calcolo del tratto L_d è data da:

$$L_d = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 \left(a \pm \frac{i}{10} \right)}$$

dove:

L_d = lunghezza necessaria per la variazione cinematica [m]

V_1 = velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso da cui provengono i veicoli in uscita, per le strade esistenti;
- $0,75 \times V_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]);

V_2 = velocità minore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità di progetto corrispondente al raggio R della curva di deviazione verso la strada secondaria nel caso in cui non sia necessaria la fermata dei veicoli;
- in un valore nullo se il tratto successivo è destinato all'accumulo dei veicoli in svolta e pertanto potrebbe essere occupato da una coda;

a = decelerazione assumibile fino a $2,5 \text{ m/s}^2$

i = pendenza longitudinale

Per garantire maggiore agio alle manovre di uscita dalla corrente principale va precisato che almeno metà della lunghezza della tratta di decelerazione L_d deve venir realizzata in complanarità e parallelismo con la corsia di provenienza, accettandosi per la fase terminale di decelerazione anche un tratto curvilineo purché di curvatura compatibile con la velocità istantanea ipotizzata nella fase di decelerazione.

Tratto di accumulo

Il tratto di accumulo si raccorda con il tratto di decelerazione e termina con la linea di arresto o del "dare precedenza".

Nelle intersezioni semaforizzate la lunghezza L_a di tale tratto è in funzione del tempo di attesa.

Nelle intersezioni regolate a precedenza, invece, una lunghezza di 20 m è in genere sufficiente dove le manovre per la svolta a sinistra sono limitate. In casi del tutto eccezionali (ambito urbano o zone edificate) può essere anche ridotto, garantendo comunque la possibilità di accumulo per due autoveicoli ($L_a = 12 \text{ m}$). Una metodologia di dimensionamento più corretta si basa sullo studio del fenomeno di attesa dei veicoli in procinto di effettuare la svolta a sinistra.

Si consideri il comportamento dell'autista di un veicolo il quale, giunto alla linea di STOP ubicata alla estremità di una corsia di accumulo, è in attesa di attraversare la corrente di senso opposto per eseguire la sua manovra di svolta a sinistra. Egli osserva gli intervalli fra i veicoli della corrente da attraversare e, non appena giudica uno di questi sufficientemente ampio, esegue la sua manovra. L'ampiezza dell'intervallo accettato varia da un autista all'altro in funzione delle sue caratteristiche: età, sesso, condizioni psicologiche. Alcuni autisti accettano un intervallo solo quando è tanto ampio da garantire una manovra sicura, altri accettano intervalli alquanto più piccoli, eventualmente costringendo al rallentamento il veicolo che sopraggiunge nella corrente da attraversare.

Si può definire per ogni automobilista un *intervallo critico* T , tale che tutti gli intervalli ad esso inferiori vengono rifiutati, mentre quelli più grandi sono accettati. L'intervallo critico è distribuito in maniera aleatoria nella popolazione dei conducenti, ed esistono tecniche sperimentali che consentono di calcolarne la legge di probabilità. Nello studio dei fenomeni di attesa riguardanti la geometria stradale si suppone per semplicità che l'intervallo critico sia lo stesso per tutti i conducenti, uguale alla mediana della effettiva distribuzione di probabilità. I risultati di numerose misure sperimentali concordano nell'assegnare ad esso un valore compreso fra 7 e 8 secondi.

Nella progettazione delle corsie di accumulo due sono i parametri che devono essere calcolati: il numero medio di veicoli in attesa e il tempo medio di attesa. Il primo parametro è necessario per calcolare la lunghezza della zona di accumulo, il secondo per conoscere il livello di servizio della soluzione progettuale adottata e le sue caratteristiche di sicurezza.

In un fenomeno di attesa gli elementi che ne determinano le caratteristiche sono la portata che alimenta la coda ed il *tempo di servizio*, cioè il tempo che un utente giunto alla testa della coda deve aspettare prima di potersi allontanare. Nel caso delle zone di accumulo alle intersezioni la portata che alimenta la coda è quella che svolta a sinistra, mentre si dimostra che nella generalità dei casi il tempo di servizio s è dato dalla somma dell'intervallo critico più gli intervalli della corrente da attraversare che vengono rifiutati. Il tempo di servizio è quindi una variabile aleatoria, i cui parametri della legge di probabilità sono funzioni dell'intervallo critico T e della portata Q_1 della corrente da attraversare. Nelle figure 3.B.9 e 3.B.10 sono riportati l'andamento del tempo medio di attesa e del numero medio di veicoli in attesa in funzione della portata Q_2 della corrente che svolta a sinistra, per un intervallo critico T di 7 secondi e per diversi valori della portata Q_1 della corrente da attraversare.

Per calcolare la lunghezza della zona di accumulo partendo dal numero di veicoli in attesa si ritiene che ciascuno di essi occupi un tratto di 6 m della zona di accumulo.

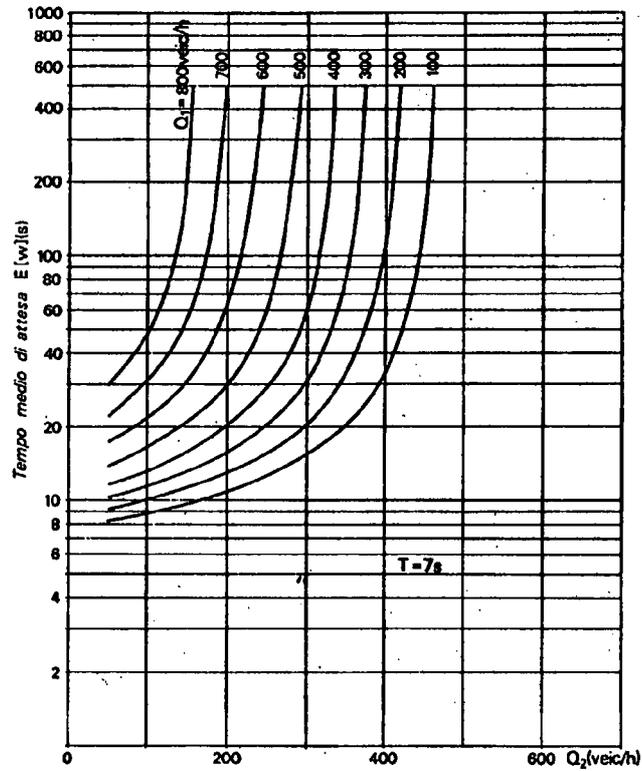


Fig. 3.B.9 Tempo medio di attesa in una corsia di accumulo

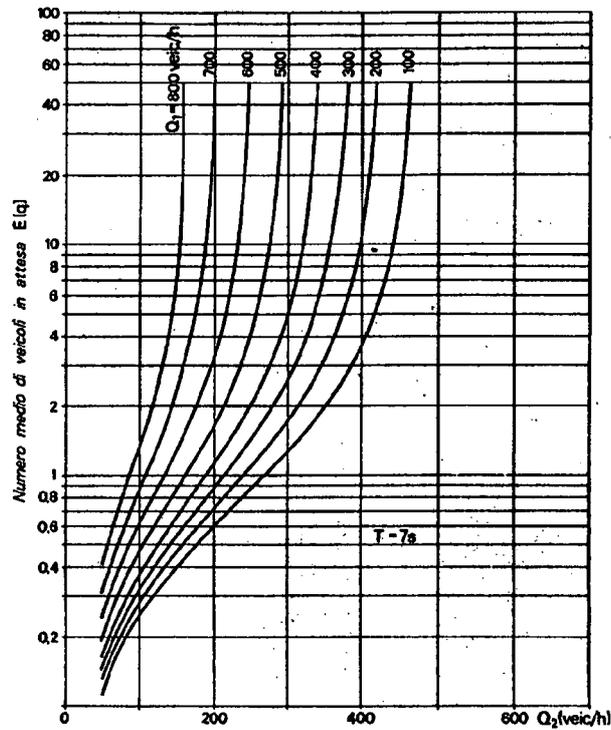


Fig. 3.B.10 Numero medio di veicoli in attesa in una corsia di accumulo

3.B.6.2 Corsie di decelerazione

Le corsie di decelerazione si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di tre elementi:

- un tratto di manovra;
- un tratto di decelerazione;
- un eventuale tratto di accumulo, in funzione della tipologia di intersezione e dell'eventuale obbligo di arresto per la presenza di un impianto semaforico/segnaletica stradale.

Le corsie di decelerazione destinate ad agevolare le svolte a destra dalla principale vengono realizzate secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.11

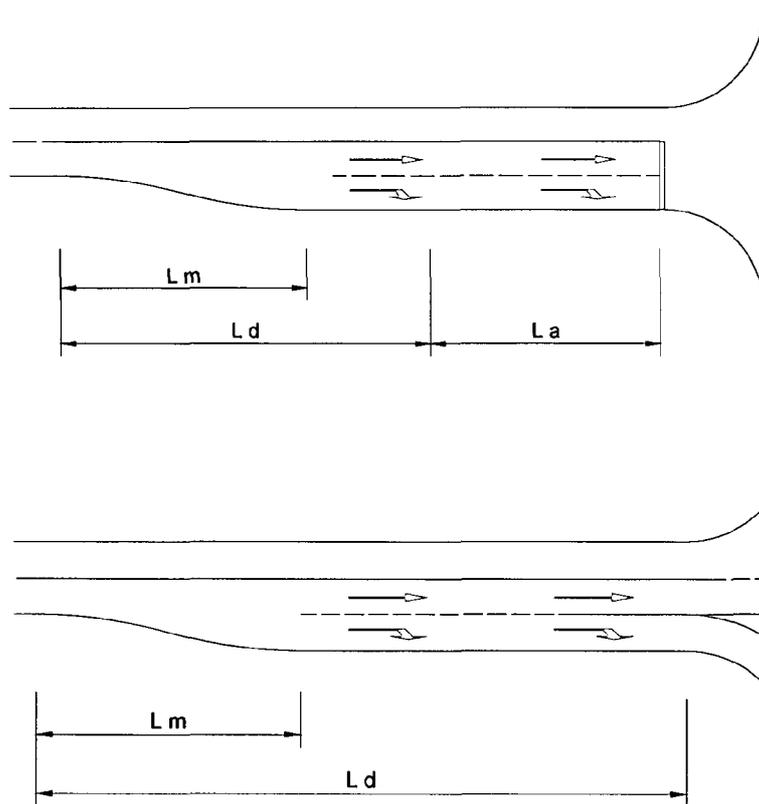


Fig. 3.B.11 Modalità di costruzione delle intersezioni canalizzate con corsie di svolta a destra

Tratto di manovra

La lunghezza del tratto di manovra L_m varia in funzione della velocità di progetto. Indicativamente i valori da utilizzare sono:

- 75 m per $V_p > 80$ km/h;
- 50 m per 60 km/h $< V_p \leq 80$ km/h;
- 20 m per $V_p \leq 60$ km/h.

Tratto di decelerazione e di accumulo

Il tratto di decelerazione ed, eventualmente, di accumulo vengono realizzati con riferimento alle regole di dimensionamento delle diverse tratte delle corsie di accumulo di cui al paragrafo 3.B.6.1. E' preferibile che il tratto di decelerazione sia parallelo all'asse principale.

3.B.6.3 Corsie di accelerazione

Le corsie di accelerazione si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di tre elementi:

- un tratto di accelerazione;
- un eventuale tratto di immissione;
- un tratto di raccordo;

secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.12.

In luogo del metodo cinematico di seguito proposto è possibile calcolare la lunghezza dei singoli elementi anche con altre metodologie (metodi probabilistici, semiempirici,...).

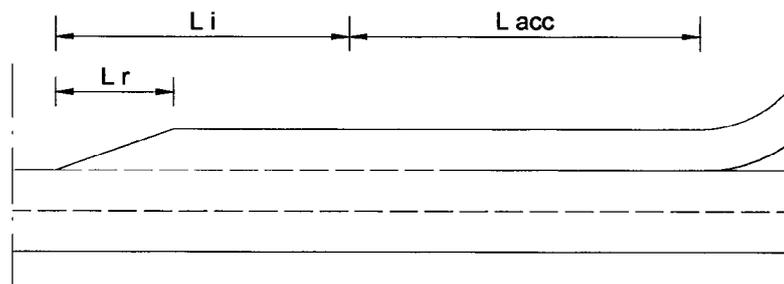


Fig. 3.B.12 Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

Tratto di accelerazione

La formula generale per il calcolo del tratto di accelerazione L_{acc} viene assunta nella seguente espressione:

$$L_{acc} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 \left(a \pm \frac{i}{10} \right)}$$

dove:

L_{acc} = lunghezza necessaria per la variazione cinematica [m]

V_1 = velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso della strada sulla quale la corsia si immette, per le strade esistenti;
- $0,75V_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di immissione nel flusso veicolare assumibile con velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]);

V_2 = velocità di progetto corrispondente al raggio R della curva della rampa di provenienza [km/h]

a = accelerazione assumibile fino a 1 m/s^2

i = pendenza longitudinale

Tratto di immissione

Il tratto di immissione L_i permette ai veicoli provenienti dalla secondaria di trovare un intervallo utile al fine di immettersi sulla strada principale. In linea di massima una lunghezza di 150 m è sempre sufficiente; con velocità di progetto V_p minore di 80 km/h può essere ridotta fino a 50 m (e al limite, in corrispondenza di flussi poco consistenti, essere pari a 0 m).

La lunghezza di immissione può essere in alternativa calcolata anche considerando i flussi di traffico presenti o attesi. Si può pertanto considerare nullo il valore di L_i fino a flussi nell'ora di punta pari a 800 veic/h. Per valori superiori la lunghezza di immissione è data da:

$$L_i = \frac{N - 800}{100} \times V_1$$

dove:

N = flusso della corrente principale dove si immette la corsia [veic/h]. In caso di strada a più corsie si assume N pari a:

- per 2 corsie: 60% del flusso complessivo della corrente principale;
- per 3 corsie: 40% del flusso complessivo della corrente principale;
- per 4 corsie: 30% del flusso complessivo della corrente principale;

V_1 = velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso della strada sulla quale la corsia si immette, per le strade esistenti;
- $0,75 \times V_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di immissione nel flusso veicolare assumibile con velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]).

Tratto di raccordo

La lunghezza del tratto di raccordo L_r varia in funzione della velocità di progetto. Indicativamente i valori da utilizzare sono:

- 75 m per $V_p > 80$ km/h;
- 50 m per 60 km/h $< V_p \leq 80$ km/h;
- 20 m per $V_p \leq 60$ km/h.

3.B.6.4 Zone di scambio

Si definisce *scambio* su una carreggiata stradale l'attraversamento reciproco, lungo una significativa lunghezza della carreggiata, di due correnti di traffico che procedono nella stessa direzione. Nelle intersezioni stradali fenomeni di scambio si verificano quando una rampa di immissione precede una rampa di uscita, e le due rampe sono collegate da una corsia ausiliaria formata dalla unione delle due corsie di immissione e di decelerazione, in modo da dar luogo ad un allargamento della carreggiata rispetto alla sua sezione corrente. In questo caso lo scambio avviene fra il flusso di immissione che percorre la corsia ausiliaria e intende trasferirsi nella carreggiata corrente e il flusso di uscita che percorre la carreggiata corrente e vuole trasferirsi sulla corsia ausiliaria (fig. 3.B.13).

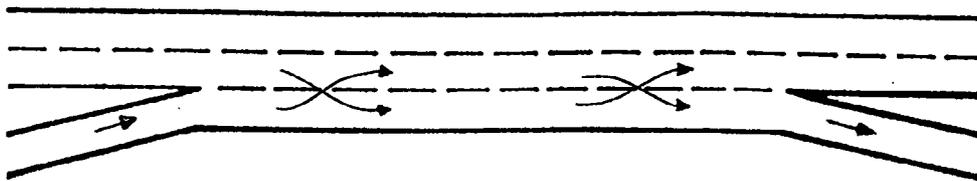


Fig. 3.B.13 Zona di scambio in una intersezione stradale

La *zona di scambio* è formata dal tratto di carreggiata in cui è stato eseguito l'allargamento. Essa è percorsa dall'insieme dei flussi di immissione e di uscita (*flusso di scambio*) e di quello lungo la carreggiata corrente che non è interessato alle manovre di immissione e di uscita (*flusso non di scambio*). La lunghezza della zona di scambio è convenzionalmente definita come la distanza fra il punto ubicato nel triangolo di immissione dove la distanza fra il margine destro della carreggiata corrente dista 0.60 m dal margine sinistro della rampa di immissione, ed il punto del triangolo di uscita dove i due margini distano m 3.60 (fig. 3.B.14).

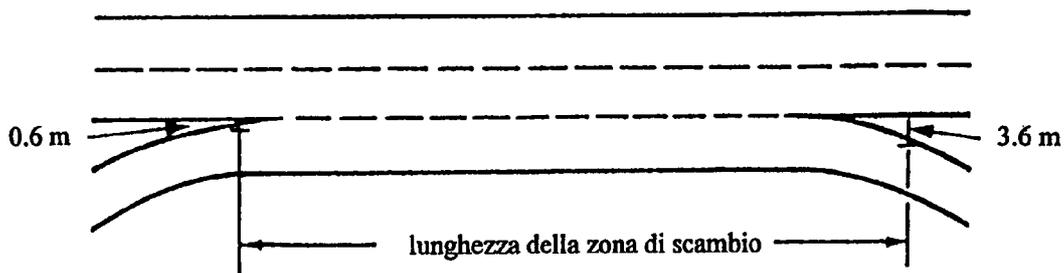


Fig. 3.B.14 Lunghezza di una zona di scambio

Il metodo di progetto delle zone di scambio qui riportato è quello proposto dall'Highway Capacity Manual. Si tratta di un metodo di verifica: assegnate le caratteristiche geometriche della zona di scambio (lunghezza e numero di corsie a disposizione del flusso totale, di scambio e non di scambio), se ne calcola il livello di servizio.

In generale la geometria delle zone di scambio è tale che entrambi i flussi, di scambio e non di scambio, riescono a mantenere la stessa velocità media. Nel caso in cui la larghezza di carreggiata a disposizione del flusso di scambio risultasse insufficiente, la velocità di quest'ultimo potrebbe risultare alquanto inferiore a quella del flusso non di scambio: in questo caso si dice che il funzionamento della zona di scambio è *vincolato*.

Il punto di partenza del calcolo del livello di servizio di una zona di scambio è il calcolo della velocità media dei due flussi, di scambio e non di scambio, mediante la relazione:

$$v_i = 24 + \frac{v - 16}{1 + w} \quad (1)$$

dove:

- v_i = velocità (km/h) del flusso di scambio ($i = s$) o non di scambio ($i = ns$)
- v = velocità di circolazione libera nel tratto di carreggiata che attraversa la zona di scambio
- w = fattore di intensità di scambio, il quale è una misura dell'attività di scambio.

Il fattore w viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$w = \frac{a(1+V)^b (f/N)^c}{(L/0.3)^d} \quad (2)$$

dove:

- V = rapporto fra il flusso di scambio f_s e il flusso totale f nella zona di scambio. I flussi sono misurati in autovetture equivalenti per ora.
- N = numero complessivo di corsie della zona di scambio.
- L = lunghezza in metri della zona di scambio.

Funzionamento della zona di scambio	Coefficienti in v_s				Coefficienti in v_{ns}			
	a	b	c	d	a	b	c	d
Non vincolato	0.226	2.20	1.00	0.90	0.020	4.00	1.30	1.00
Vincolato	0.280	2.20	1.00	0.90	0.020	4.00	0.88	0.60

Tab. 3.B.2 Coefficienti della formula (2)

I coefficienti a , b , c , d sono forniti dalla Tab. 3.B.2 per la velocità di scambio v_s e non di scambio v_{ns} , nei due casi di funzionamento vincolato e non vincolato della zona di scambio. Si ritiene che in una zona di scambio avente la configurazione della fig. 3.B.13 la larghezza di carreggiata a

disposizione del flusso di scambio sia uguale a 1.4 corsie. Il numero di corsie necessario per un funzionamento non vincolato è dato dalla relazione:

$$N_s = \frac{2.19 \cdot N \cdot V^{0.571} (L/30)^{0.234}}{(v_s / 1.6)^{0.438}} \quad (3)$$

Se risulta $N_s > 1,4$ il funzionamento è vincolato.

Il calcolo ha inizio assumendo che il funzionamento sia non vincolato. Si leggono nella Tab. 3.B.2 i coefficienti a, b, c, d relativi a questa ipotesi, e si calcolano mediante la (1) le velocità v_s e v_{ns} dei flussi di scambio e non di scambio. Si calcola quindi mediante la (3) il numero N_s di corsie necessario per un funzionamento non vincolato. Se risulta $N_s > 1,4$ si ripete il calcolo di v_s e v_{ns} introducendo nella (1) i valori dei coefficienti a, b, c, d relativi al funzionamento vincolato.

Si calcola infine la velocità media nello spazio v_m (km/h) nella zona di scambio mediante la relazione:

$$v_m = \frac{\frac{f_s + f_{ns}}{v_s + v_{ns}}}{\frac{f_s}{v_s} + \frac{f_{ns}}{v_{ns}}} \quad (4)$$

e quindi la densità veicolare D in auto/km per corsia:

$$D = \frac{f / N}{v_m} \quad (5)$$

Il livello di servizio nella zona di scambio, definito secondo la metodologia dell'Highway Capacity Manual per le carreggiate autostradali, è indicato nella tabella 3.B.3 in funzione della densità veicolare D .

Densità	Livello di servizio
6.25	A
12.50	B
17.50	C
22.00	D
≤ 27.00	E
> 27.00	F

Tab. 3.B.3 Livelli di servizio delle zone di scambio

La trattazione svolta considera la situazione più diffusa nelle ordinarie zone di scambio, in cui le correnti vengono ad intrecciarsi all'interno di un'unica corsia dedicata, cui si può anche destinare una sezione trasversale allargata, ma sempre unica, al fine di favorire la trasversalità delle traiettorie conflittuali.

In linea generale non si ritiene consigliabile l'adozione di schemi di intersezione dove i flussi di scambio siano così elevati o cinematicamente importanti da richiedere una duplicazione in senso trasversale delle corsie destinate all'intreccio delle traiettorie, in quanto la disponibilità di un doppio canale di scorrimento appare antitetica ad una precisa costrizione della manovra in termini ristretti e con velocità moderate. In tali casi il modello comportamentale di riferimento per il calcolo dei tratti necessari si modifica rispetto alla trattazione illustrata, riportandosi sostanzialmente ad una casistica intermedia tra l'intreccio veicolare ed una marcia per file parallele.

Pur venendo esaminata tale situazione nell'Highway Capacity Manual, non si ritiene conveniente introdurre la trattazione di altri schemi di tratti di scambio, che dovrebbero limitarsi a casi del tutto particolari e quindi non generalizzabili quali soluzioni tecniche di corrente riferimento Ciò anche in

considerazione delle notevoli lunghezze (comunque superiori a 400-500 m complessivi) che richiederebbero tali tratti di scambio "morbido" e pluricorsia, senza considerare le difficoltà di una corretta interpretazione, da parte dell'utenza, del comportamento ottimale.

3.B.6.5 Corsie di immissione nella mezzeria stradale

E' possibile realizzare corsie di immissione nella mezzeria della strada principale destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria. In questo caso per poter eseguire tale manovra non si deve attendere che si presenti un intervallo sufficiente da entrambe le correnti di traffico sulla principale affrontando la manovra in due momenti differenti: una prima manovra impegnando la corsia di immissione nella mezzeria della principale, una seconda inserendosi nel flusso della principale.

Questa soluzione, per motivi inerenti la sicurezza della circolazione, è utilizzabile indicativamente soltanto nel caso in cui i flussi di traffico sulla strada principale siano elevati (> 8.000 veic/giorno) e le manovre di svolta a sinistra dalla secondaria non siano trascurabili (> 200 veic/giorno).

Le corsie di immissione nella mezzeria della strada principale si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di tre elementi:

- un tratto di accumulo;
- un tratto di manovra;
- un tratto di raccordo.

secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.15.

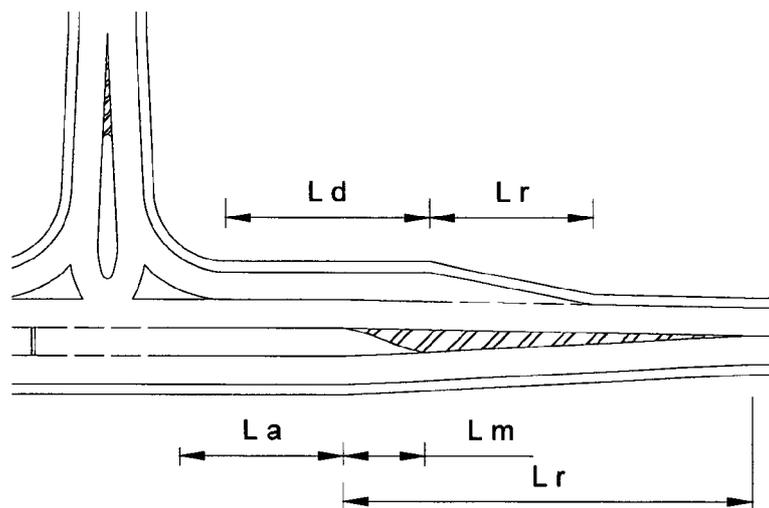


Fig. 3.B.15 Modalità di costruzione delle corsie di immissione nella mezzeria della strada principale

Tratto di accumulo

Una lunghezza di almeno 15÷20 m del tratto di accumulo L_a è in genere sufficiente dove le manovre per la svolta a sinistra dalla secondaria sono limitate. Occorre invece effettuare uno studio più approfondito per il suo dimensionamento nel caso in cui i flussi veicolari in svolta a sinistra siano rilevanti.

Tratto di manovra

Un tratto di manovra di lunghezza L_m massima di 10 m è sempre sufficiente in quanto consente uno stacco ben marcato per l'inserimento sulla corsia passante.

Tratto di raccordo

Da dimensionare secondo quanto stabilito al precedente paragrafo 3.B.6.1.

3.B.6.6 Allargamento della banchina pavimentata nelle intersezioni a T

Per gli incroci a T il livello minimo di intervento è rappresentato dall'allargamento della banchina pavimentata in modo da garantire una larghezza utile di banchina e corsia almeno di 5 m (vedi fig. 3.B.16).

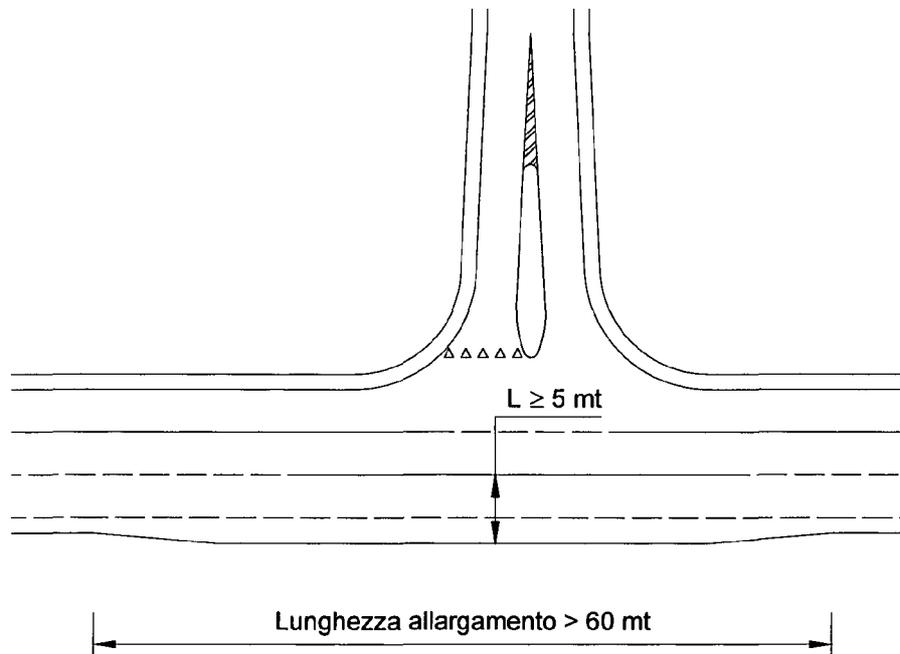


Fig. 3.B.16 Allargamento della banchina pavimentata

3.B.6.7 Geometria dei margini stradali

Per l'andamento dei cigli della carreggiata principale (tratti di manovra e di raccordo), in corrispondenza di allargamenti o restringimenti della stessa si adotta lo schema compositivo di fig. 3.B.6.17 che suddivide l'intero percorso di passaggio in tre tratti uguali. Tale soluzione rappresenta un punto di equilibrio tra opposte esigenze; infatti nel caso generale, sia in allargamento sia in restringimento, la traiettoria teorica è costituita da una successione di curva e controcurva, che determinano un flesso di riallineamento all'asse dalla posizione trasversale iniziale a quella finale. Il flesso teorico richiederebbe però l'abbandono dell'elemento rettilineo che è di semplice materializzazione in favore di curve a raggio variabile non facilmente traducibile a livello di segnaletica.

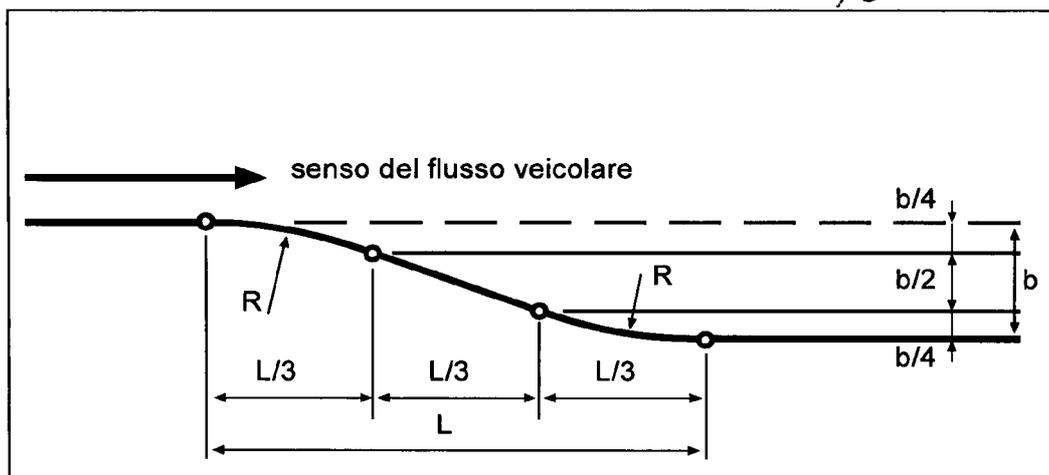


Fig. 3.B.6.17 Elementi della linea di ciglio

I tre tratti hanno le seguenti caratteristiche:

- un primo tratto curvilineo, cui corrisponde una deviazione (misurata in senso trasversale) pari ad $\frac{1}{4}$ dello spostamento totale;
- un secondo tratto rettilineo, in tangenza al precedente, cui corrisponde una deviazione pari a $\frac{1}{2}$ dello spostamento trasversale totale;
- un terzo tratto curvilineo, di curvatura opposta al primo, cui corrisponde una deviazione pari a $\frac{1}{4}$ dello spostamento totale.

Per quanto attiene il raggio di curvatura dei due tratti curvilinei simmetrici si adotta la seguente formulazione:

$$R = L^2 / 4,5 \times b$$

dove:

- L = lunghezza complessiva del tratto di raccordo (maggiore di 30-40 m)
- b = spostamento del ciglio in senso trasversale tra gli estremi del raccordo

3.B.6.8 Criteri di inserimento delle diverse tipologie di intersezioni a raso canalizzate

In relazione ad alcune specifiche casistiche, nelle tabelle seguenti si definiscono dei criteri puramente indicativi di inserimento delle diverse tipologie di elementi geometrici costituenti un'intersezione a raso canalizzata in funzione dei flussi veicolari sulla strada principale e di quelli inerenti le manovre di svolta.

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a sinistra dalla principale		
	< 100 veicoli/giorno	100-400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotonda
> 8.000 veicoli/giorno	Allargamento della banchina pavimentata	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotonda

Criteri di inserimento di elementi per svolte a sinistra negli incroci lineari a T dalla principale

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a sinistra dalla principale		
	< 200 veicoli/giorno	200÷400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotatoria
> 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente oppure corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotatoria

Criteri di inserimento di elementi per svolte a sinistra negli incroci lineari a X dalla principale

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a destra dalla principale		
	< 100 veicoli/giorno	100÷400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 10.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Pseudocorsia di raccordo di uscita ¹	Corsia di decelerazione
> 10.000 veicoli/giorno	Pseudocorsia di raccordo di uscita ¹	Corsia di decelerazione	Corsia di decelerazione

Criteri di inserimento di elementi per svolte a destra negli incroci lineari a X e a T dalla principale

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a sinistra dalla secondaria		
	< 200 veicoli/giorno	200÷400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale oppure rotatoria
> 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente oppure corsia di immissione nella mezzzeria stradale	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale oppure rotatoria

Criteri di inserimento di elementi per svolte a sinistra negli incroci lineari a T dalla secondaria

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a destra dalla secondaria		
	< 100 veicoli/giorno	100÷400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 10.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Mantenimento della sezione corrente	Corsia di accelerazione
> 10.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia di accelerazione	Corsia di accelerazione

Criteri di inserimento di elementi per svolte a destra negli incroci lineari a X e a T dalla secondaria

¹ Per pseudocorsia di raccordo si intende l'allargamento progressivo della sezione stradale principale mediante la creazione di un tratto di raccordo di larghezza crescente fino al calibro di corsia.

3.B.6.9 Isole di canalizzazione

Le isole di canalizzazione o isole di traffico, siano esse materializzate² o realizzate tramite segnaletica orizzontale, assolvono a molteplici funzioni tra le quali:

- contribuire alla riduzione delle possibili aree di conflitto tra i veicoli evitando la possibilità di effettuare manovre incontrollate o l'uso improprio della sede stradale;
- inibire le manovre veicolari non consentite;
- regolare le velocità operative veicolari;
- controllare gli angoli delle traiettorie veicolari;
- semplificare i punti di collisione;
- delineare i flussi principali;
- proteggere fisicamente i veicoli nelle zone di accumulo;
- consentire l'eventuale attraversamento dei pedoni in sicurezza.

In particolare, l'isola materializzata sulla secondaria ha anche altre precise ed importanti funzioni progettuali:

- interrompe l'impressione di continuità della via con obbligo di precedenza o stop;
- induce al rallentamento o all'arresto dei veicoli;
- determina le traiettorie di immissione o attraversamento della principale;
- migliora la percezione dell'incrocio per gli utenti della principale;
- governa le traiettorie in uscita dalla principale.

3.B.6.8.1 Isole divisionali

Le isole divisionali, solitamente di forma allungata, sono generalmente utilizzate per separare corsie con senso di circolazione opposto. La loro larghezza minima dovrebbe essere pari a 1÷1,2 m, soprattutto se servono anche per la protezione fisica dei pedoni.

Per evitare che possano costituire una sorpresa per i conducenti, è necessario che la lunghezza dell'isola sia accuratamente studiata anticipando i dispositivi di segnalamento, soprattutto in presenza di una curva.

3.B.6.8.2 Isole a goccia

La costruzione geometrica dell'isola a goccia sulla secondaria deve essere studiata in funzione delle differenti traiettorie veicolari di svolta. Il suo corretto inserimento avviene calcolando i raggi di svolta a sinistra in entrata e in uscita, anche in funzione della presenza o meno di isole divisionali sulla strada principale (vedi fig. 3.B.18). Possono essere inseriti successivamente gli elementi relativi ai calibri di corsia nonché alle isole accessorie direzionali, il cui inserimento va previsto preferibilmente in presenza di corsie specializzate per la decelerazione o l'immissione. La testa dell'isola in prossimità della strada principale deve essere arretrata da essa almeno di una distanza pari alla larghezza della banchina.

Anche per l'isola a goccia della secondaria è richiesta la realizzazione di un manufatto materializzato e non transitabile, pur suggerendo la adozione di cordoli di tipo sormontabile per non ostacolare le eventuali traiettorie anomale ed eccezionali di veicoli pesanti. Va comunque escluso in ogni caso una realizzazione mediante semplice approntamento segnaletico orizzontale.

² Nel caso di realizzazione di manufatti materializzati e non transitabili si suggerisce la adozione di cordoli di tipo sormontabile per non ostacolare le eventuali traiettorie anomale ed eccezionali di veicoli pesanti.

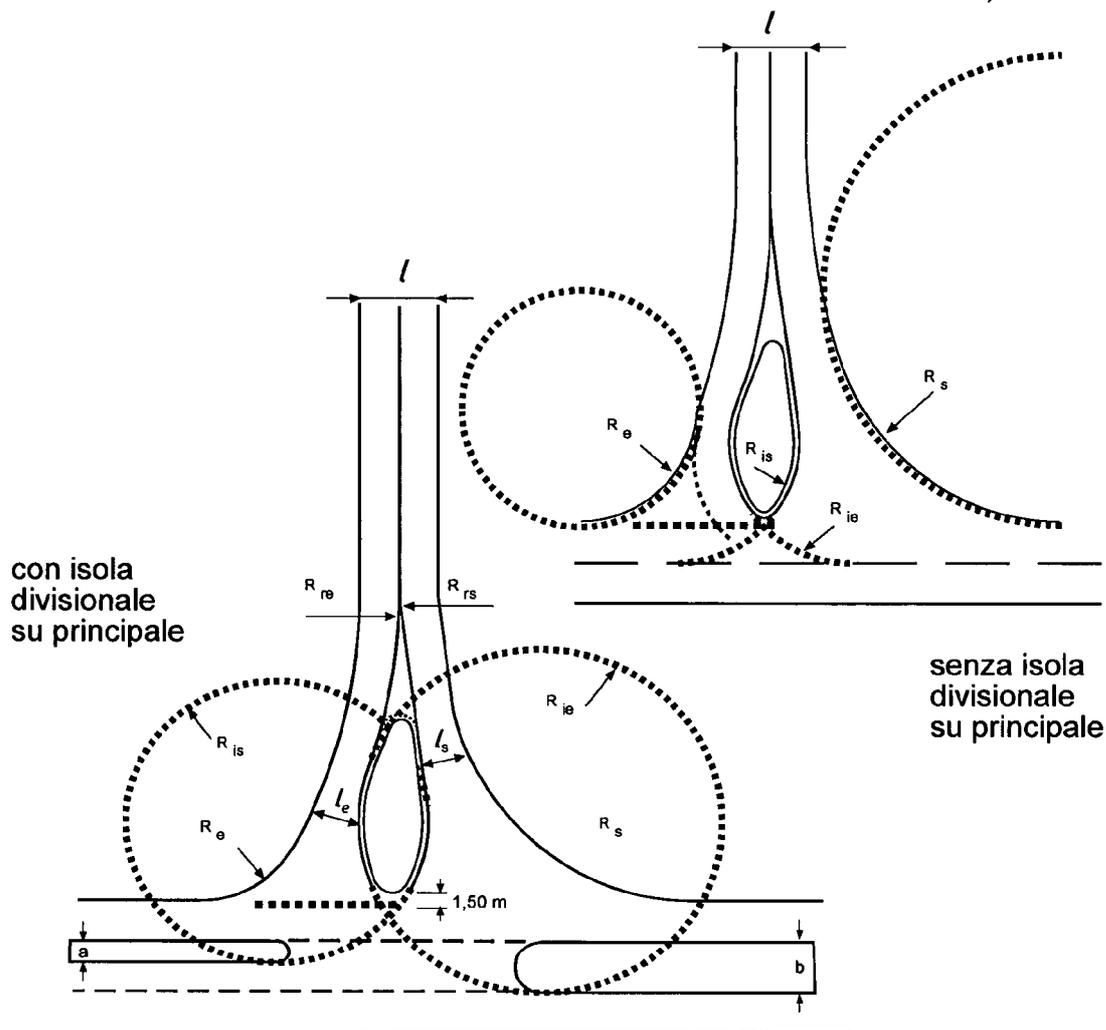


Fig. 3.B.18 Esempio di tracciamento dell'isola a goccia

3.B.6.8.3 Isole direzionali

Le isole direzionali possono assumere forme e dimensioni differenti a seconda delle funzioni svolte nell'area di svincolo. La forma più comune è quella triangolare per l'indirizzamento del traffico di svolta a destra, separandolo da quello passante.

Le isole direzionali devono essere disposte in modo che la traiettoria corretta sia chiara e facile a seguirsi. È da escludere pertanto l'utilizzo di un numero elevato di queste isole, soprattutto se di ridotte dimensioni, in quanto possono ingenerare confusione nell'utente della strada.

3.B.6.8.4 Isole salvapedone

Le isole salvapedone (o salvagente) sono destinate al riparo e alla sosta dei pedoni in corrispondenza di attraversamenti pedonali o fermate del trasporto pubblico collettivo. La lunghezza minima dell'isola salvapedone dovrebbe essere almeno pari a 4,5 m; deve essere sempre rialzata o opportunamente delimitata e protetta.

3.B.7 Particolari attenzioni per le diverse tipologie di utenti

3.B.7.1 Pedoni e ciclisti

Le intersezioni a raso collocate in area urbana devono essere opportunamente attrezzate per l'esercizio del traffico pedonale: gli attraversamenti devono essere protetti ed ubicati in modo da assicurare ai pedoni la visibilità della maggior parte possibile dell'intersezione. Un'elevata circolazione pedonale può tuttavia imporre la regolazione con semaforo dell'intersezione per motivi di sicurezza.

In ambito extraurbano, in caso di una presenza pedonale modesta e non continuativa nell'arco della giornata, la ricerca della massima sicurezza andrebbe impostata sul frazionamento e sulla separazione dei tratti di attraversamento, portando gli itinerari dei pedoni ad intercettare una sola corrente di flusso per volta; mediante un appropriato disegno ed una idonea distribuzione delle isole di traffico dovrebbero crearsi, all'interno dell'area di svincolo, appositi spazi protetti di rifugio dove il pedone può attendere, senza pericolo alcuno, di affrontare il successivo attraversamento.

La creazione di isole di rifugio impone precise indicazioni progettuali in ordine alla loro materializzazione con cordoli insormontabili nonché a protezioni aggiuntive di massima sicurezza e percettibilità per l'utenza veicolare. In linea generale i percorsi pedonali protetti devono essere concentrati in modo da non avere più di un attraversamento completo per singola arteria considerata, da localizzare in corrispondenza delle correnti veicolari, tra quelle afferenti al nodo, meno importanti per volume di traffico e di velocità di percorrenza.

I criteri ispiratori per la sicurezza del traffico ciclistico si basano sui seguenti presupposti:

- limitazione delle aree di collisione con il traffico veicolare mediante la concentrazione degli attraversamenti pedonali e veicolari in un numero minimo di punti adeguatamente attrezzati;
- separazione fisica e funzionale delle vie ciclabili dalle corsie destinate al transito veicolare, anche mediante l'introduzione di un dislivello;
- eliminazione tendenziale di qualsiasi promiscuità di percorso fra i percorsi ciclabili e quelli pedonali, da tenersi materialmente separati per la sicurezza degli utenti più esposti;
- introduzione di accorgimenti planimetrici e di attrezzatura del piano viabile per la limitazione e il controllo della velocità ciclabile nei punti di attraversamento a raso.

Ai fini di un approccio sistematico al disimpegno del traffico ciclistico in un'intersezione a raso di tipo lineare è opportuno distinguere gli approntamenti progettuali per le diverse manovre possibili:

- *traiettorie ciclabili passanti rispetto al nodo*: i percorsi delle due ruote devono continuare ed essere segnalati nella zona di incrocio se con diritto di precedenza, devono venir interrotti se con obbligo di precedenza. Negli attraversamenti di flussi veicolari significativi è opportuno creare zone mediane protette o adottare regolazione semaforica dedicata; in tal caso la linea di arresto dei percorsi ciclabili dovrebbe essere avanzata rispetto alle corsie veicolari;
- *traiettorie ciclabili con svolte a sinistra*: vanno previste e privilegiate corsie di preselezione evitando comunque la commistione con svolte veicolari simili. Possono prevedersi in casi particolari anche percorsi di tipo indiretto, con attraversamenti concentrati, in presenza di arterie a carreggiate con due o più corsie passanti per senso di marcia.

3.B.7.2 Trasporto pubblico locale

Alle fermate dei mezzi di trasporto pubblico devono essere destinate piazzole opportunamente attrezzate e dimensionate poste al di fuori dei tratti curvilinei dei raccordi per la svolta a destra.

In assenza di piazzole dedicate, per motivi di sicurezza occorre evitare il posizionamento dell'attraversamento pedonale davanti alla fermata del mezzo pubblico se non in presenza di un'isola salvapedone che inibisca la possibilità di sorpasso. Tale sistemazione è soprattutto da escludere in presenza di doppia corsia, in quanto bisogna assolutamente evitare che i veicoli possano superare il mezzo pubblico a scapito della sicurezza dei pedoni.

3.B.7.3 Trasporti eccezionali

Occorre evidenziare che di fatto non è consigliabile, per ragioni di sicurezza, prevedere ampi spazi solo per offrire facile accesso ai veicoli eccezionali in quanto queste sistemazioni potrebbero indurre gli utenti ordinari ad impegnare l'intersezione con velocità eccessive.

È bene inoltre concepire le eventuali zone sormontabili (o semi - sormontabili) in modo tale da dissuadere i veicoli leggeri a transitarvi. A tal fine si suggerisce di adottare:

- un sopralzo delle zone sormontabili rispetto alla carreggiata (non superiore a 3 cm);
- un rivestimento rugoso che presenti contrasto sia di giorno che di notte rispetto alla carreggiata stradale;
- una separazione di queste zone mediante segnaletica orizzontale.

E' comunque sempre opportuno effettuare una verifica dell'inserimento dinamico dei mezzi pesanti nell'area di intersezione.

3.B.8 Segnaletica orizzontale e verticale

I riferimenti per il progetto della segnaletica sono al Codice della Strada e al relativo Regolamento di attuazione.

3.B.9 Barriere di sicurezza

Laddove necessarie, le barriere devono essere opportunamente raccordate (transizioni tra i differenti tipi di barriera) e i terminali devono consentire un sufficiente assorbimento di energia; se ciò non risultasse possibile, si devono utilizzare terminali svasati e piegati nel terreno.

E' in linea di massima da escludere il loro posizionamento sulle isole di canalizzazione.

3.B.10 Illuminazione

L'installazione in una intersezione di un impianto d'illuminazione deve facilitare la percezione e la comprensione del suo funzionamento da parte degli utenti. L'illuminazione dell'area di incrocio porta sicuramente dei benefici a condizione che siano evitati:

- "l'aggressività" dei pali dei lampioni, molto pericolosi in caso di impatto per la loro elevata rigidità;
- l'abbagliamento in entrata ed il fenomeno della presenza dei cosiddetti "buchi neri" o zone d'ombra in uscita dall'intersezione;
- la cattiva leggibilità, se la modalità di sistemazione dei lampioni inganna i conducenti circa la geometria dell'intersezione.

Non tutte le intersezioni canalizzate devono essere illuminate o illuminate con la medesima tipologia e modalità d'impianto, ma è necessario adeguare la progettazione in base alla localizzazione dell'intersezione:

- in *ambito urbano*: le intersezioni canalizzate devono essere necessariamente illuminate in modo sistematico anche per garantire la continuità d'illuminazione all'interno di zone già illuminate. I conducenti devono, infine, cogliere la presenza di biciclette e pedoni su attraversamenti ciclo - pedonali;
- in *ambito extraurbano*: l'illuminazione non è indispensabile, ma è raccomandata se almeno uno dei bracci afferenti è illuminato o se nelle immediate vicinanze è presente una zona illuminata che possa distrarre i conducenti da un regolare approccio all'intersezione ed in ogni caso se il livello di traffico notturno confluyente assume una consistenza elevata.

Per le intersezioni canalizzate che presentano problemi di visibilità o di percezione in lontananza si possono utilizzare dei dispositivi speciali (boe luminose sulle testate delle eventuali isole divisionali, lampade intermittenti,...) al fine di attirare l'attenzione dei conducenti.

I supporti non devono essere d'ostacolo visuale alla segnaletica verticale, né alle entrate né ai margini della carreggiata e, come si è detto, non devono costituire pericolo per la circolazione. Ciò impone di evitare l'installazione dei pali all'interno delle eventuali isole divisionali, sempre che queste non siano di grande ampiezza o i calcoli illuminotecnici non lo impongano.

Le intersezioni urbane si devono adeguatamente illuminare con impianti in grado di fornire un livello di luminanza, in rapporto a quelle ambientali, tale da non procurare disturbi visivi all'utenza

stradale e dotati di sorgenti luminose e di elementi rifrattori realizzati in modo tale da non ingenerare un abbagliamento debilitante verso gli automobilisti in transito o influire negativamente sulla leggibilità delle segnalazioni.

Il livello di luminanza delle varie zone dell'intersezione non dovrebbe essere omogeneo così da evidenziare i punti di collisioni più importanti e/o gli attraversamenti pedonali.

4. INTERSEZIONI A LIVELLI SFALSATI

4.1 Generalità

Le intersezioni a livelli sfalsati possono eliminare attese e ritardi e realizzare una elevata sicurezza di circolazione, laddove siano ben progettate ed opportunamente dimensionate.

A fronte di tali aspetti vantaggiosi, occorre considerare alcuni elementi negativi, quasi tutti riconducibili all'aspetto tecnico-economico, ma anche correlati ad aspetti estetici e morfologici in relazione all'ambiente circostante. Ciò è vero sia in ambito urbano, ove le edificazioni preesistenti rendono talvolta impossibile l'inserimento dei manufatti che realizzano lo sfalsamento altimetrico e le rampe, sia in zone poco antropizzate, dove si può determinare un significativo impatto paesaggistico.

In caso di intersezioni non omogenee, cioè tra strade aventi caratteristiche operative o classificazione funzionale differente, si può ricorrere a soluzioni di sfalsamento parziale, cioè a soluzioni che riservano traiettorie protette alle relazioni di traffico principali e risolvono le altre con intersezioni a raso.

4.2 Caratteristiche geometriche delle rampe di svicolo

4.2.1 Velocità di progetto

Per definire le caratteristiche planoaltimetriche delle rampe occorre preliminarmente individuarne gli intervalli di velocità di progetto.

Alcune indicazioni per le loro individuazioni viene fornita nella tab. 4.1 dove si correlano le tipologie fondamentali di rampe con la classificazione delle strade afferenti al nodo, attribuendo gli intervalli cinematici di progetto. In linea generale le velocità di riferimento per la geometria delle rampe variano tra un minimo di 30 km/h ed un massimo di 80 km/h, ma si suggerisce di adottare comunque valori cinematici dell'ordine del 60-70% rispetto alle velocità di progetto delle arterie confluenti nel nodo.

Le migliori prestazioni cinematiche sono espresse dalle rampe curvilinee dirette, mentre per le rampe indirette vengono ammessi riferimenti cinematici ridotti, con ulteriori specificazioni per differenziare le traiettorie di uscita dalle correnti principali rispetto a quelle di immissione, da ritenersi suscettibili di valori prestazionali più ridotti in termini di velocità di riferimento.

Tra le tipologie di rampa si è ritenuto opportuno introdurre anche quelle rettilinee dirette dove cioè le limitazioni alla velocità di progetto non derivano da vincoli di traiettorie curvilinee ma richiedono provvedimenti segnaletici ed altre indicazioni di carattere prescrittivo.

<i>Tipi di rampe</i>	<i>Incroci A/A, A/B, B/A</i>	<i>Incroci A/C, B/B, C/A, C/B, altro</i>
Curvilinea diretta	50-80 km/h	40-60 km/h
Curvilinea semidiretta	40-70 km/h	40-60 km/h
Curvilinea indiretta	in uscita da A: 40 km/h in entrata su A: 30 km/h	in uscita: 40 km/h in entrata: 30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h	40-70 km/h

Tab. 4.1 Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

4.2.2 Caratteristiche planoaltimetriche

I parametri fondamentali per il disegno geometrico delle rampe sono indicati nella tab. 4.2; i raggi planimetrici da adottare variano tra un minimo di 25 e un massimo di 250 m.

Per quanto riguarda inoltre la pendenza massima delle livellette, oltre alla differenziazione tra percorsi in salita anziché in discesa, si ammettono valori fino all'8% per gli incroci meno importanti e fino al 6% per quelli dovranno essere caratterizzati da migliori indici prestazionali.

La pendenza trasversale assume il valore minimo del 2,5% (per il deflusso dell'acqua meteorica), con un massimo, in curva, del 6%.

Velocità di progetto (km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo (m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max salita (%)	7,0		5,0			
Pendenza max discesa (%)	8,0		6,0			
Raggi minimi verticali convessi (m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi (m)	250	500	750	1000	1400	2000
Pendenza trasversale minima (%)	2,5					
Pendenza trasversale max (%)	6,0					
Visibilità longitudinale minima (m)	25	35	50	70	90	115

Tab. 4.2 Caratteristiche planoaltimetriche delle rampe

4.3 Dimensionamento funzionale delle corsie di svincolo

Larghezza delle corsie

La larghezza dei canali di traffico (corsie) previsti nell'incrocio viene fissata in base ai seguenti criteri:

- mantenimento dei margini di sicurezza riferibili alle corsie delle singole arterie afferenti al nodo;
- adeguamento della dimensione trasversale alle prestazioni cinematiche caratteristiche delle singole traiettorie servite;
- adeguamento della dimensione trasversale alle mutate direzioni di flusso dalle traiettorie adiacenti e contigue.

Le larghezze dei singoli elementi modulari sono le seguenti:

- corsie specializzate per funzioni cinematiche laterali (decelerazione ed accelerazione): si adotta un valore minimo di 3,25 m e massimo di 3,75 m;
- rampe monosenso lateralmente confinate: si adotta il valore minimo di 6,50 m pavimentati, di cui 1,00 m per la banchina sinistra, 4,00 m per la corsia di marcia e 1,50 m per la banchina destra; nel caso i flussi di traffico previsti esigano più di 1 corsia di marcia, in luogo della corsia di 4,00 m si potranno inserire 2 corsie da 3,25 m ciascuna;
- rampe bisenso lateralmente confinate: si adotta il valore di 9,00 m (1,00 di banchina + 3,50 di corsia + 3,50 di corsia + 1,00 di banchina).

In situazioni di elevata curvatura, caratterizzate da raggi di traiettoria in mezzeria inferiori a 15,00 m, si deve assumere il valore maggiore dell'intervallo di larghezza indicato per i singoli elementi compositivi. Per raggi planimetrici superiori la scelta all'interno dell'intervallo è correlata all'incidenza del traffico pesante.

L'allargamento delle corsie specializzate si sviluppa nella transizione da corsie adiacenti e complanari alla carreggiata verso corsie lateralmente delimitate dove la maggiore dimensione, come indicata in prosieguo, è funzionale a consentire il superamento da parte dei flussi di traffico dei veicoli eventualmente in panne lungo le rampe.

Lunghezze dei tratti specializzati

La lunghezza dei singoli elementi viene fissata in base ai seguenti criteri:

- analisi delle diverse fasi del movimento veicolare all'interno dei tratti specializzati;
- articolazione dei tratti in due o più segmenti omogenei per funzione;
- attribuzione di specifici tempi o spazi per ciascuna funzione svolta;
- acquisizione di modelli cinematici e/o comportamentali nel complesso dei tratti.

Si dovranno considerare, in particolare:

- **le corsie di accelerazione**, sempre obbligatorie nelle intersezioni a livelli sfalsati, per consentire ed agevolare l'immissione dei veicoli sulla strada principale (per il dimensionamento si veda il paragrafo 3.B.6.3);
- **le corsie di decelerazione**, sempre obbligatorie nelle intersezioni a livelli sfalsati, per l'uscita dalla strada principale in modo da non provocare rallentamenti ai veicoli non interessati da tale manovra (per il dimensionamento si veda il paragrafo 3.B.6.2);
- **le zone di scambio**, che si hanno quando una rampa di immissione precede una rampa di uscita e le due rampe sono collegate da una corsia ausiliaria formata dalla unione delle due corsie di immissione e di decelerazione, in modo da dar luogo ad un allargamento della carreggiata rispetto alla sua sezione corrente. In questo caso lo scambio avviene fra il flusso di immissione che percorre la corsia ausiliaria e intende trasferirsi nella carreggiata corrente e il flusso di uscita che percorre la carreggiata corrente e vuole trasferirsi sulla corsia ausiliaria (per il dimensionamento si veda il paragrafo 3.B.6.4).

Geometria dei margini stradali

Per l'andamento dei cigli della carreggiata principale nelle intersezioni a livelli sfalsati si veda il paragrafo 3.B.6.7.

4.4 Pendenze e scolo delle acque meteoriche

Si ritiene particolarmente importante affrontare tale problematica in quanto la definizione delle intersezioni a livelli sfalsati comporta l'adozione di una dimensione trasversale rilevante che costituisce una modifica sostanziale di impostazione rispetto alla sezione stradale corrente dove il riferimento all'asse longitudinale, con il meccanismo pressoché automatico della rotazione della falda trasversale, non porta a considerare la specificità areale del deflusso meteorico.

In linea generale, nella impostazione progettuale del problema, vanno seguiti i seguenti criteri:

- tendenziale eliminazione di zone piane all'interno dell'intersezione mediante la sistematica adozione sia di pendenze longitudinali sia di pendenze trasversali;
- sistematica individuazione planimetrica di tutte le zone pavimentate con pendenza trasversale critica ($-2,5\% < p < +2,5\%$);
- definizione sistematica delle linee di compluvio e di displuvio derivanti dalla combinazione delle pendenze, evitando la concentrazione della raccolta meteorica mediante linee di deflusso ortogonali alle principali traiettorie veicolari passanti;
- individuazione dei punti di recapito dei compluvi o mediante caditoie o mediante scarico laterale in modo da delimitare sia le singole superfici scolanti sia i percorsi delle acque meteoriche sulla pavimentazione;

E' consigliata una rappresentazione mediante reticoli isometrici per visualizzare in assonometria il complesso delle falde scolanti sull'intera area di incrocio, così dedicando una specifica elaborazione grafica al problema.

4.5 Segnaletica orizzontale e verticale

I riferimenti per il progetto della segnaletica sono al Codice della Strada e al relativo Regolamento di attuazione.

4.6 Barriere di sicurezza

Laddove necessarie, le barriere devono essere opportunamente raccordate (transizioni tra i differenti tipi di barriera) e i terminali devono consentire un sufficiente assorbimento di energia; se ciò non risultasse possibile, si devono utilizzare terminali svasati e piegati nel terreno.

4.7 Illuminazione

Le intersezioni sono punti cruciali di una rete stradale. Esse perciò, più ancora dei tronchi stradali rettilinei, devono avvantaggiarsi dei benefici indotti da una corretta illuminazione.

L'illuminazione dovrebbe rivelare l'esistenza della intersezione, le direzioni delle strade che vi confluiscono e si dipartono da essa, la posizione di eventuali ostacoli, ostruzioni o impianti situati nelle immediate vicinanze della sede stradale, nonché il movimento di veicoli nei pressi dell'area della intersezione.

Il criterio attualmente più diffuso posto a base del dimensionamento degli impianti di illuminazione stradale è quello della luminanza.

Secondo la pubblicazione CIE 115/95, il livello di luminanza dovrebbe essere di un grado più elevato di quello previsto per la strada più importante dell'intersezione.



Allegato alla deliberazione
n. 20823 del 16 FEB. 2005

Ing. Marco Cesca
Dirigente
Unità Organizzativa Viabilità



Regione Lombardia

Infrastrutture e Mobilità

ALLEGATO B

Linee Guida

ELABORATI PROGETTUALI

1. INTRODUZIONE

La progettazione stradale si sviluppa a seguito dello studio e della pianificazione dell'assetto territoriale in relazione alle esigenze di mobilità.

La pianificazione territoriale, allo scopo di migliorare il rapporto tra domanda ed offerta di trasporto, individua, sulla base di esigenze socio-economiche e tenendo conto degli aspetti storici, culturali ed ambientali, possibili tracciati infrastrutturali.

2. LE FASI PROGETTUALI

La progettazione si sviluppa secondo tre successivi livelli di definizione.

La prima fase è costituita dal *Progetto preliminare* nell'ambito del quale vengono studiati i possibili inserimenti dell'infrastruttura nel territorio tenendo conto delle sue peculiarità con indicazione del tracciato prescelto e vengono effettuati i primi calcoli sommari delle spese necessarie per la realizzazione dell'opera.

La seconda fase è costituita dal *Progetto definitivo* nell'ambito del quale vengono effettuate le indagini specialistiche preliminari ed i calcoli preliminari della sovrastruttura e delle opere d'arte.

L'ultima fase riguarda il *Progetto esecutivo* nell'ambito del quale viene definito compiutamente l'intervento da realizzare con i calcoli statici definitivi ed i dettagli delle opere d'arte.

Questi tre livelli possono essere preceduti dallo studio di fattibilità che costituisce la relazione tra gli strumenti di pianificazione e le fasi di attuazione dell'opera. Nello studio di fattibilità vengono già individuate le possibili soluzioni di tracciato e le prime considerazioni di carattere tecnico sulla base della conoscenza del territorio.

3. DOCUMENTAZIONE RELATIVA AI VARI STADI DELLA PROGETTAZIONE

Nelle tabelle seguenti si elencano i documenti/elaborati tecnici che, salva diversa determinazione del responsabile del procedimento, devono costituire il progetto a seconda delle relative fasi di approfondimento. I documenti richiesti si distinguono in due tipologie: quelli da sviluppare per tutte le tipologie di interventi stradali e quelli relativi agli interventi in cui risulta necessario uno specifico approfondimento.

3.1 Il Progetto Preliminare

DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOTE
Documenti per tutte le tipologie di interventi stradali.	Relazione illustrativa	Descrizione dell'intervento nel contesto territoriale, paesaggistico e della rete viabilistica con indicazione delle ragioni della scelta della soluzione proposta rispetto alle altre eventuali esistenti considerando in stretta relazione i profili: <ul style="list-style-type: none"> a) tecnico: relativamente alla sicurezza, alle condizioni del traffico alla miglior collocazione delle opere d'arte e all'inserimento urbanistico-paesaggistico b) economico: relativamente ai costi di realizzazione.
	Relazione tecnica	Definizione delle caratteristiche generali del progetto, del quadro territoriale, idrologico, idrogeologico, geologico, geotecnico, socio-economico, urbanistico - insediativo ed istituzionale in cui il progetto si inserisce, delle sue motivazioni e finalità dirette ed indirette e delle sue possibili connessioni con altri interventi e opere.
	Studio di prefattibilità ambientale inclusivo di una relazione storico_archeologica	Compatibilità con i piani paesaggistici, territoriali ed urbanistici allegando eventuali studi storico-archeologici
	Relazione geologica, geomorfologica geotecnica idrogeologica e idrografica	
	Corografia generale	Contiene l'indicazione dell'area di intervento in scala adeguata.
	Planimetria stato di fatto in scala	1:10.000 (comunque non inferiore a 1:25.000)
	Planimetria di inquadramento in scala 1:25000	Contiene l'indicazione del tracciato individuato e delle eventuali alternative esaminate con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, ai confini amministrativi. Se sono necessarie più corografie, va redatto anche un quadro d'insieme a scala inferiore.
	Planimetrie di progetto	Scala opportuna
	Planimetrie di tracciamento	Scala opportuna
	Inquadramento urbanistico	Indicazione dell'interazione tra il tracciato scelto e il contesto urbanistico. Stralcio del PRG e per i tracciati di interesse almeno provinciale stralcio del PTCP
Profili longitudinali	Scala opportuna	

	Sezioni tipo in scala 1:100	
	Sezioni trasversali più caratteristiche scala 1:100 o 1:200	
	Opere d'arte principali nelle opportune scale	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Opere d'arte ricorrenti nelle opportune scale	Calcoli statici. Rappresentazione grafica con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Impianti tecnologici	Rappresentazioni grafiche in scala opportuna. Verifiche per le opere di continuità idraulica
	Tipologie dei caselli (planimetria)	
	Planimetria degli svicoli e delle intersezioni in scala di dettaglio opportuna	
	Indicazioni per la stesura dei Piani di Sicurezza	
	Quadro economico	Relativo a tutte le spese sostenute comprese le somme a disposizione dell'amministrazione appaltante.
	Computo metrico estimativo sommario	
Documenti ulteriori per interventi in cui risulti necessario specifico approfondimento.	Profilo idrogeologico in scala 1:25000/1:500	
	Indagini geotecniche	Calcoli preliminari sulla stabilità del rilevato stradale, delle ripe, scarpate e gallerie
	Diagrammi di velocità	
	Sezioni stratigrafiche in scala 1:50000/1:100	
	Indice dei servizi interferiti	
	Planimetria dei servizi interferenti in scala 1:5000	
	Capitolato speciale prestazionale	Specificazione delle opere principali e specializzate con importi. Indicazione degli elementi in cui l'intervento è suddivisibile.
	Fotodocumentazione stato di fatto	
	Fotopiano con individuazione del tracciato in scala 1:10000	
	Monografie relative ad elementi particolari	
	Documentazione inerente le deroghe	

3.2 Il Progetto Definitivo

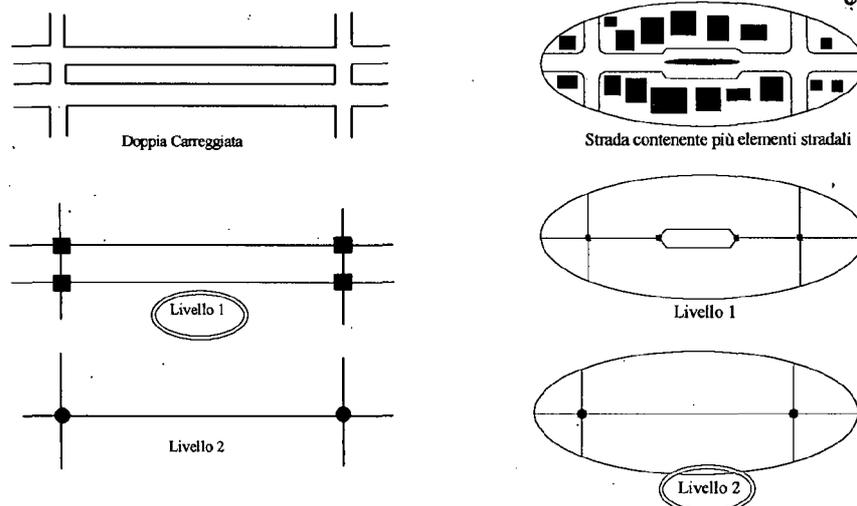
DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOTE
Documenti per tutte le tipologie di interventi stradali.	Relazione descrittiva	Illustrazione delle soluzioni progettuali con particolare riferimento al progetto preliminare evidenziando le scelte adottate e le eventuali modifiche in relazione alle indagini svolte.
	Relazione geologica, geotecnica e idraulica, idrologica, sismica	Descrizione dettagliata e, ove previsti, risultati delle relative indagini
	Corografia generale	Contiene l'indicazione dell'area di intervento in scala adeguata.
	Planimetria stato di fatto in scala	1:10.000 (comunque non inferiore a 1:25.000)
	Planimetria di inquadramento in scala 1:25000	Contiene l'indicazione del tracciato individuato e delle eventuali alternative esaminate con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, ai confini amministrativi. Se sono necessarie più corografie, va redatto anche un quadro d'insieme a scala inferiore.
	Planimetrie di progetto	Scala opportuna
	Planimetrie di tracciamento	Scala opportuna
	Diagrammi di velocità	
	Planimetria degli svincoli e delle intersezioni	Scala di dettaglio opportuna
	Studio di inserimento urbanistico con tavola di inquadramento in scala 1:25000	Indicazione dell'interazione tra il tracciato scelto e il contesto urbanistico.
	Profili longitudinali	Scala opportuna
	Sezioni tipo in scala 1:100	
	Sezioni trasversali più caratteristiche scala 1:100 o 1:200	
	Disciplinare prestazionale descrittivo degli elementi tecnici	Specificazione delle opere principali e specializzate con importi. Descrizione degli elementi progettuali in cui l'intervento è suddivisibile, della forma e dimensione dell'intervento e dei suoi principali componenti
	Calcolo preliminare e dimensionamento della sovrastruttura	La sovrastruttura deve essere dimensionata in base al traffico pesante previsto, alle caratteristiche dei materiali costituenti gli strati e della portanza del sottofondo.
Calcolo preliminare delle opere d'arte principali	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico	
Calcolo preliminare e dimensionamento dei sistemi di drenaggio delle acque	Descrizione, rappresentazioni grafiche, calcoli preliminari	
Calcolo preliminare delle opere d'arte minori ricorrenti	Calcoli statici. Rappresentazione grafica con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico	

	Calcoli preliminari e dimensionamento degli impianti di pertinenza stradale accessori	Illuminazione, ventilazione, soccorso. Descrizione, rappresentazioni grafiche, calcoli preliminari
	Calcoli preliminari e dimensionamento degli impianti tecnologici	Descrizione, rappresentazioni grafiche, calcoli preliminari
	Elementi e specifiche grafiche del piano di manutenzione	Modalità di fruizione (soprattutto per gli impianti tecnologici) Indicazione dei livelli prestazionali minimi, dei programmi di manutenzione
	Piano particellare di esproprio	
	Quadro economico	Riferito alla spesa complessiva dell'intervento comprese le somme accessorie
	Computo metrico estimativo	
Documenti ulteriori per interventi in cui risulti necessario specifico approfondimento.	Studio di impatto ambientale (ove previsto) ovvero studio di fattibilità ambientale	
	Sezioni stratigrafiche in scala 1:50000/1:100	
	Calcoli geotecnici preliminari	
	Planimetria e profili delle interferenze con servizi (pubblici o privati), accessi privati	Scala opportuna
	Relazioni tecniche specialistiche	Per la soluzione di questioni specialistiche
	Fotodocumentazione stato di fatto	
	Profilo geognostico con indicazione dei saggi, sondaggi e prelievi eseguiti	
	Documentazione inerente le deroghe	

3.3 Il Progetto Esecutivo

DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOTE
Documenti per tutte le tipologie di interventi stradali.	Relazione generale	Descrizione dei criteri adottati per la definizione delle scelte progettuali esecutive con riferimento alle soluzioni del progetto definitivo. Indicazione delle indagini, rilievi effettuati per la riduzione di imprevisti Riferimenti specifici ad elaborati grafici e a prescrizioni del capitolato speciale d'appalto per descrizioni riguardanti particolari costruttivi e per le verifiche dei livelli qualitativi e di sicurezza.
	Planimetria di inquadramento in scala 1:25000	Contiene l'indicazione del tracciato con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, ai confini amministrativi. Se sono necessarie più corografie, va redatto anche un quadro d'insieme a scala inferiore.
	Planimetrie di progetto	Scala opportuna
	Planimetrie di tracciamento	Scala opportuna
	Planimetria degli svincoli e delle intersezioni in scala di dettaglio opportuna	
	Profili longitudinali	Scala opportuna
	Sezioni tipo in scala 1:100	
	Sezioni trasversali in scala 1:100 o 1:200	
	Calcolo esecutivo della sovrastruttura	
	Calcolo esecutivo delle opere d'arte principali	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture comprendenti la relazione di calcolo, l'analisi dei carichi, le verifiche statiche, le norme di riferimento, la descrizione dei particolari dei componenti della struttura. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Calcolo esecutivo dei sistemi di drenaggio delle acque	Descrizione particolareggiata dei componenti, disegni, calcoli esecutivi.
	Calcolo esecutivo delle opere d'arte minori ricorrenti	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture comprendenti la relazione di calcolo, l'analisi dei carichi, le verifiche statiche. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Impianti di pertinenza stradale accessori	Illuminazione, ventilazione, soccorso. Descrizione, disegni, calcoli esecutivi
Impianti tecnologici	Descrizione particolareggiata dei componenti, disegni, calcoli esecutivi. Indicazione delle caratteristiche qualitative dei macchinari, dei materiali e delle apparecchiature.	
Piano di manutenzione	Descrizione nel dettaglio dell'attività di manutenzione. Modalità di fruizione (soprattutto per gli impianti tecnologici). Indicazione dei livelli prestazionali minimi dell'infrastruttura e del programma di manutenzione per il mantenimento di tali livelli.	

	Piano di sicurezza e coordinamento	Analisi e valutazione dei rischi dei processi di lavorazione
	Cronoprogramma	Indicazione dettagliata delle fasi di esecuzione
	Elenco prezzi unitari ed eventuali analisi	
	Quadro economico	Riferito alla spesa complessiva dell'intervento comprese le somme accessorie
	Computo metrico estimativo definitivo	Indicazione di tutti i costi parametrici. Suddivisione delle opere a corpo e a misura.
Documenti ulteriori per interventi in cui risulti necessario specifico approfondimento	Sezioni stratigrafiche in scala 1:50000/1:100	
	Calcoli geotecnici esecutivi	
	Planimetria e profili delle interferenze con servizi (pubblici o privati), accessi privati	Scala opportuna
	Relazioni specialistiche	Per la soluzione di questioni specialistiche
	Indagini specialistiche	
	Quantità caratteristiche delle opere	
	Documentazione inerente le deroghe	



A sinistra - L'esempio si riferisce ad una strada a doppia carreggiata: la schematizzazione si colloca in corrispondenza del Livello 1 del GDF (livello di maggior dettaglio).

A destra - In questo caso la separazione di carreggiata non è significativa ai fini della rappresentazione dell'elemento stradale e della sua schematizzazione per l'analisi dei flussi di traffico: la schematizzazione si colloca al Livello 2 del GDF (livello più sintetico).

Figura 1: Esempi di schematizzazione del tracciato e confronto con la rappresentazione dei Livelli 1 e 2 del GDF. Tranne per piccole eccezioni, è richiesto il rispetto del livello di maggior dettaglio (Livello 1).

Elaborati richiesti

Per ogni alternativa in valutazione è richiesto il file formato *dxf* o *shapefile* del tracciato di progetto (file *tracciato_n_x⁴*), acquisito in corrispondenza dell'asse stradale di ogni singola carreggiata comprensivo di tutte le eventuali rampe di svincolo georeferenziato. Si deve acquisire una polilinea in corrispondenza della mezzeria della carreggiata (verso concorde con le progressive chilometriche per le strade a doppio senso di marcia, concorde con la direzione di marcia quando il senso è unico). Il campo *layer⁵* deve indicare se l'arco si riferisce all'opera principale (OP), ad uno svincolo⁶ (SV) o a un'opera secondaria (OS) necessaria alla funzionalità dell'opera principale.

Per tutti i casi di digitalizzazione diretta con supporto diverso dalla CTR, è necessario fornire la tabella acquisizione che descrive la modalità di acquisizione del tracciato (proprietà ereditate direttamente dal supporto utilizzato per la digitalizzazione). Nel caso di UTM-WGS84 il file *tracciato* deve comunque essere restituito anche in Gauss Boaga.

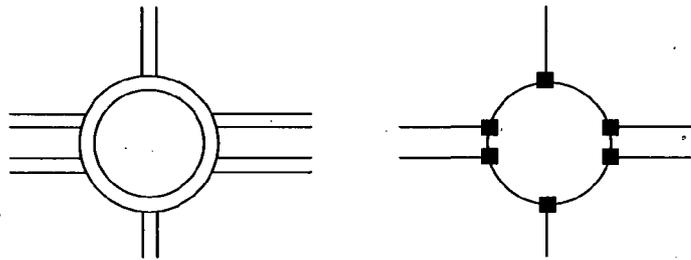
Tabella: ACQUISIZIONE.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	Valori esemplificativi
SUPPORTO	<i>nome del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	CT, ortofoto, ...
SIST_RIF	<i>sistema di riferimento del supporto</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. Gauss Boaga 2. UTM-WGS84
PRODUTTORE	<i>nominativo del produttore del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Comune di
DATA	<i>data della restituzione del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 10 caratteri	01-01-2004
DATA_AGG	<i>data dell'ultimo aggiornamento del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 10 caratteri	01-01-2005
SCALA	<i>scala di acquisizione del dato</i>	Numero di 5 cifre	5000; 10000; 25000;...

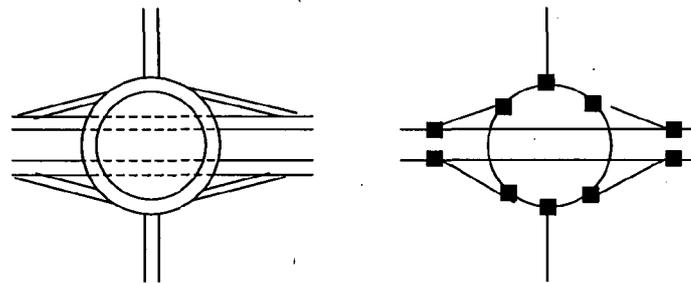
⁴ Dove *n* indica il numero dell'alternativa (valorizzato solo se si è in presenza di più alternative) e *x* il sistema di riferimento (assume i valori: G per Gauss-Boaga, W per UTM-WGS84).

⁵ Per i tracciati in formato *dxf* è prevista la presenza del campo *layer* che qualifica ogni oggetto lineare in esso contenuto. Si suggerisce, quindi, di impostare il file di lavoro (con programmi CAD) gestendo i dati sui tre livelli (layers) indicati.

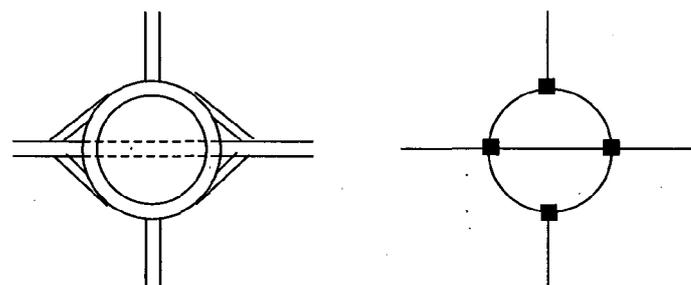
⁶ Si definisce *svincolo* un incrocio complesso a più livelli (svincoli veri e propri, innesti e rotonde complesse); è rappresentato da uno o più archi del tracciato.



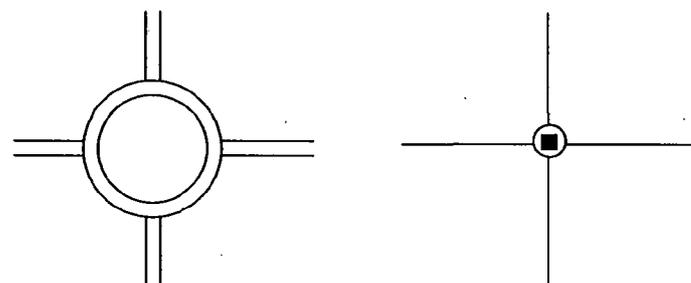
Tipo 1: Incrocio a raso con rotonda tra strada a 1 carreggiata e strada a 2 carreggiate.



Tipo 2: Incrocio a due livelli con rotonda tra strada a 1 carreggiata e strada a 2 carreggiate.



Tipo 3: Incrocio a due livelli con rotonda tra due strade a 1 carreggiata.



Tipo 4: Incrocio a raso con rotonda tra due strade a 1 carreggiata: in questo caso l'intersezione può essere riassunta in un punto solo se rispetta almeno uno dei seguenti criteri:

1. la rotonda è di diametro inferiore a 25 m (criterio dimensionale);
2. all'intersezione appartengono strade non classificate di livello regionale (criterio funzionale).

Legenda:	■ inizio/fine arco;	○ nodo intersezione.
-----------------	---------------------	----------------------

Figura 2: : Esempi di schematizzazione di incroci con rotonda: a sinistra è rappresentata la situazione reale, a destra la sua schematizzazione.

TIPO 2 – Appartengono a questa tipologia gli interventi su strade appartenenti alle seguenti tipologie tecnico-funzionali (art. 2 del Codice della Strada):

A - Autostrade (extraurbane ed urbane)

B - Strade extraurbane principali

dalla fase progettuale preliminare. In questo caso è obbligatorio acquisire il progetto dopo un rilievo e rappresentare l'intervento modellato secondo alcuni criteri che lo rendano compatibile con le logiche di un sistema geografico.

Sistema di riferimento per l'acquisizione

Per tutti gli interventi su strade classificate A e B dal livello progettuale preliminare, il rilievo e gli elaborati di progetto devono essere prodotti sia in coordinate cartografiche piane UTM-WGS84 che in coordinate piane Gauss Boaga⁷.

Si richiede che le operazioni di rilevamento (topografiche, GPS o fotogrammetriche) siano impostate su almeno tre vertici tridimensionali, appositamente materializzati in modo stabile e permanente, appartenenti all'area di progetto⁸.

Trasformazione in Gauss Boaga

Gli elaborati di progetto prodotti in UTM-WGS84 dovranno essere trasformati nel sistema cartografico piano Gauss Boaga con l'impiego dei software VERTO e VERTO GIS (nella loro ultima versione) e dei grigliati di trasformazione prodotti dall'IGM⁹.

Rappresentazione cartografica

Una delle finalità della trasformazione in Gauss Boaga è quella di poter generare delle rappresentazioni del progetto congruenti (cioè sovrapponibili) all'attuale Carta Tecnica Regionale (CTR) alla scala 1:10000.

Si specifica a tale proposito che non devono essere mai introdotte modificazioni alle geometrie di rilievo per adattarlo alla CTR. Nel caso la discordanza geometrica fra rilievo e supporto cartografico sia notevole (superiore al graficismo alla scala 1:10000) sarà necessario segnalare il fatto con apposita breve relazione¹⁰.

Criteri di rappresentazione geometrica della rete stradale

Analogamente agli interventi di tipo 1, è richiesto il rispetto del Livello 1 dello standard europeo GDF, con alcune semplificazioni per gli incroci complessi.

Elaborati richiesti

La Figura 3 fornisce uno schema logico della modellazione richiesta per il progetto che viene presentato. Per ogni progetto occorre produrre sia shapefile di tipo puntuale (punti_rilevati_x, punti_notevoli_x, intersezioni_x) che di tipo lineare (rete_tracciato_x).

Gli elementi costitutivi degli shapefiles vengono poi classificati attraverso i valori assunti da alcuni campi (attributi di ogni arco o punto, verranno descritti in dettaglio in seguito). In alcuni casi è prevista l'associazione di un'anagrafica a questi elementi.

⁷ I nomi dei files che verranno prodotti avranno la struttura: *nome_x* dove *nome* è il nome del file (definito in seguito) e *x* indica il sistema di riferimento (assume i valori: G per Gauss-Boaga, W per UTM-WGS84).

⁸ Tali vertici possono essere determinati con modalità GPS rispetto alla rete di raffittimento regionale IGM95 (rete esistente) o alla rete GPS della Provincia di Milano (rete esistente), fino all'attivazione del "Servizio Regionale di Posizionamento sul territorio lombardo". Nel caso si utilizzino la rete regionale di raffittimento IGM95 o la rete GPS della Provincia di Milano, si colleghino almeno 3 vertici di tali reti. Nel caso si utilizzino le stazioni permanenti regionali, si impieghino le registrazioni delle 3 stazioni permanenti più vicine al sito interessato dalla progettazione. Ogni informazione sul Servizio Regionale di Posizionamento sul territorio lombardo è disponibile accedendo al portale: www.cartografia.regione.lombardia.it.

⁹ Si richiede che siano usati i programmi e i parametri ufficiali di trasformazione precedentemente citati. Per progetti su strade di tipologia A e B dal preliminare in poi non sono accettati rilievi (e di conseguenza progetti) calcolati direttamente in coordinate Gauss Boaga.

¹⁰ Teoricamente l'inserimento di un rilievo espresso in Gauss Boaga, non dovrebbe produrre problemi di congruenza con la cartografia esistente. Considerando però la significativa evoluzione tecnologica dalla data di realizzazione della CTR ad oggi, è possibile incappare in problemi di incongruenza geometrica fra rilevamenti e supporto cartografico.

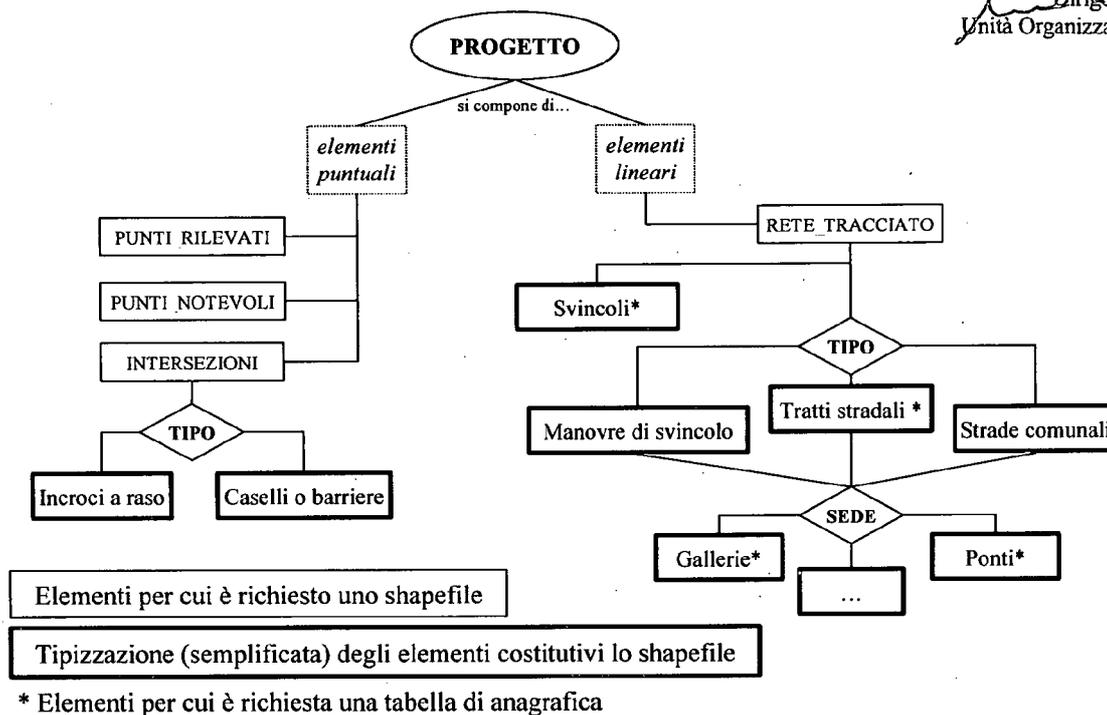


Figura 3: Schema logico a base della modellazione dei progetti stradali.

Per gli tutti gli interventi stradali in fase preliminare, definitiva o esecutiva, dovrà essere presentato il file formato *shapefile* contenente la copertura di alcuni **punti** significativi **rilevati** tramite rilievi GPS (almeno i 3 vertici fondamentali devono essere rilevati con GPS come fossero dei vertici di raffittimento). In particolare per ogni punto occorre indicare la localizzazione in coordinate geografiche ellissoidiche WGS 84 (sistema di riferimento adottato per l'acquisizione), secondo lo schema indicato nella tabella seguente.

Shape: PUNTI_RILEVATI

Tipo: puntuale

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_RIL	Identificativo univoco ¹¹ del punto significativo rilevato	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COORD_X	Coordinata X rilevata (WGS 84)	Numero di 10 cifre di cui 3 decimali	Inserimento diretto del valore
COORD_Y	Coordinata Y rilevata (WGS 84)	Numero di 10 cifre di cui 3 decimali	Inserimento diretto del valore
COORD_Z	Coordinata Z rilevata (WGS 84)	Numero di 10 cifre di cui 3 decimali	Inserimento diretto del valore

Si richiede di presentare un file formato *shapefile* della *rete_tracciato_x* di progetto acquisita come polilinea in corrispondenza della mezzzeria di ogni carreggiata. La rete di tracciato è composta da un insieme topologicamente corretto di archi e si configura come un grafo orientato e connesso. Il verso è concorde con le progressive chilometriche per gli archi a doppio senso di marcia, concorde con la direzione di marcia quando il senso è unico (rampe di svincolo, doppie carreggiate,...).

Appartengono al tracciato sia l'opera principale (completa di controstrade) che le opere secondarie. Ogni arco è univocamente definito dal codice numerico FID.

Si ha un nuovo arco in corrispondenza di scambi di flusso, oppure quando si verifica la variazione di almeno uno dei seguenti attributi (campi della tabella degli attributi *rete_tracciato_x.shp*¹²):

- tipologia di intervento;
- classe geometrica stradale;

¹¹ Si osservi che, per tutti gli identificativi, l'univocità è richiesta all'interno di ogni elaborato di progetto.

¹² I campi assumono i valori elencati nelle tabelle di anagrafica presentate in seguito.

- classe funzionale regionale;
- n° di corsie per carreggiata;
- n° di sensi di marcia per carreggiata;
- larghezza carreggiata;
- tipo di sede¹³.

Tutti gli archi terminali della rete_tracciato_x iniziano in corrispondenza di un punto notevole (punto di inizio dell'intervento principale o delle sue opere secondarie).

La tabella seguente descrive il formato richiesto dei dati e i valori assumibili da ogni campo¹⁴. Nel caso in cui il valore sia "enumerato" (set predefinito di valori), si richiede di compilare la tabella con il numero relativo¹⁵.

Attraverso il campo TIPOARCO gli archi del tracciato si distinguono in:

- archi appartenenti a *strade comunali* ("SC" – strade secondarie di competenza comunale e controstrade che si estendono parallele all'asse stradale per oltre 1000 m dall'ultimo arco appartenente all'area di svincolo vera e propria);
- archi appartenenti a *tratti stradali*¹⁶ ("TS" – archi di autostrade, statali e provinciali);
- archi che completano la descrizione delle manovre di svincolo, ma non appartenenti al tratto (*manovre di svincolo*: valore "SV")¹⁷.

Gruppi di archi che appartengono alla stessa area di svincolo (incrocio) devono essere qualificati con lo stesso codice identificativo univoco (SZ_EID). Analogamente occorre qualificare ogni tratto stradale: l'identificativo univoco del tratto stradale deve essere precisato nel campo TS_EID¹⁸.

Le Figure 4 e 5 riportano alcuni esempi di schematizzazione di svincoli e di attribuzione dell'attributo TIPOARCO.

¹³ E' ritenuto significativo un arco su ponte/viadotto o galleria se è di lunghezza uguale o superiore a 20 m.

¹⁴ Nella compilazione dei campi occorre considerare alcune regole:

- ✓ tutti gli archi appartenenti ad un'area di svincolo devono essere classificati come "Nuovo svincolo", in particolare quest'ultima è l'unica tipologia attribuibile agli archi di manovra di svincolo;
- ✓ se la strada è classificata A1 o A2 la carreggiata non può essere unica,
- ✓ se la carreggiata è ascendente o discendente il senso deve essere unico;
- ✓ se la strada è a doppio senso, le corsie devono essere almeno due.

Per approfondimenti si può consultare la documentazione integrativa accedendo all'area operatori del sito della Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità: www.trasporti.regione.lombardia.it.

¹⁵ Ad esempio se l'arco rappresenta una rampa di svincolo ed è in viadotto:

- ✓ il campo strato è di tipo "svincolo" e nella tabella degli attributi di tracciato si indicherà: TIPOARCO=SV;
- ✓ il campo sede è di tipo "su ponte o viadotto" e nella tabella degli attributi si indicherà: SEDE=6.

¹⁶ Si definisce *tratto stradale*, un'aggregazione unifilare di archi consecutivi, appartenenti ad uno stesso percorso amministrativo.

¹⁷ La scelta di differenziare i rami di svincolo puramente di manovra dagli altri agevola la rappresentazione sintetica del tracciato dell'intervento.

¹⁸ Un arco che ricade in un'area di svincolo può partecipare sia ad uno svincolo che a un tratto stradale (e in tal caso vengono valorizzati sia SZ_EID che TS_EID), ma nel campo "TIPOARCO" prevale la sua appartenenza al tratto.

Shape: RETE TRACCIATO_x

Tipo: lineare

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
FID	identificativo univoco di arco	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
TIPOARCO	tipologia di arco (Fig. 4 e 5)	Stringa alfanumerica di 2 caratteri	Assume i valori: ✓ TS (tratti stradali) ✓ SC (strade comunali) ✓ SV (manovre di svincolo)
TIPO_INT	tipologia di intervento (Fig. 6)	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. Riqualfica in sede 2. Nuovo tratto 3. Nuovo tratto con sdoppiamento di carreggiata 4. Nuovo svincolo
CLASS_G ¹⁹	classe geometrica (da codice della strada)	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. A1 (autostrade, ambito extraurbano) 2. A1 (autostrade, ambito urbano) 3. A2 (autostrade) 4. B (extraurbane principali) 5. C (extraurbane secondarie) 6. D (urbane di scorrimento) 7. E (urbane di quartiere) 8. F (locali)
CLASS ²⁰	classe funzionale regionale	Stringa alfanumerica di 2 caratteri	Assume i valori: ✓ R1 (di interesse regionale di 1° livello) ✓ R2 (di interesse regionale di 2° livello) ✓ P1 (di interesse provinciale di 1° livello) ✓ P2 (di interesse provinciale di 2° livello) ✓ L (di interesse locale)
CARR	caratterizzazione della carreggiata	Stringa alfanumerica di 4 caratteri	Assume i valori: ✓ ASC (carreggiata ascendente concorde con il senso crescente delle progressive chilometriche) ✓ DISC (carreggiata discendente concorde con il senso decrescente delle progressive chilometriche) ✓ UNI (unica carreggiata)
CORSIE	n° di corsie per carreggiata	Numero di 2 cifre	Inserimento diretto del valore
SENSO	n° di sensi di marcia per carreggiata	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. 1 senso di marcia 2. 2 sensi di marcia
LARGH	larghezza carreggiata	Numero di 4 cifre di cui 2 decimali	Inserimento diretto del valore
SEDE	tipo di sede	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. A raso 2. In rilevato 3. In trincea 4. A mezzacosta 5. In galleria 6. Su ponte o viadotto
PROG	progressive chilometriche nom. del nodo terminale dell'arco percorso nel verso delle progressive chilometriche (in metri)	Numero di 6 cifre	Inserimento diretto del valore
ID_P	Identificativo univoco di ponte/viadotto	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
ID_G	Identificativo univoco di galleria	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
SZ_EID ²¹	Identificativo univoco di svincolo	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
TS_EID ²²	Identificativo univoco del tratto stradale	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore

¹⁹ La compilazione dei campi CLASS_G e CARR non è obbligatoria solo nel caso in cui l'arco sia di tipo "SV".

²⁰ Per approfondimenti si veda la D.G.R. 24 ottobre 2003 - n. VII/14739: "Adozione di criteri per la classificazione funzionale e la qualificazione della rete viaria che interessa il territorio regionale ai sensi dell'articolo 3 della LR. 9/2001".

²¹ Il campo SZ_EID deve essere sicuramente (ma non esclusivamente) compilato in tutti i casi in cui l'arco sia di tipo "SV" (Fig.5).

²² Il campo TS_EID deve essere compilato se e solo se l'arco è di tipo "TS" (Fig.5).

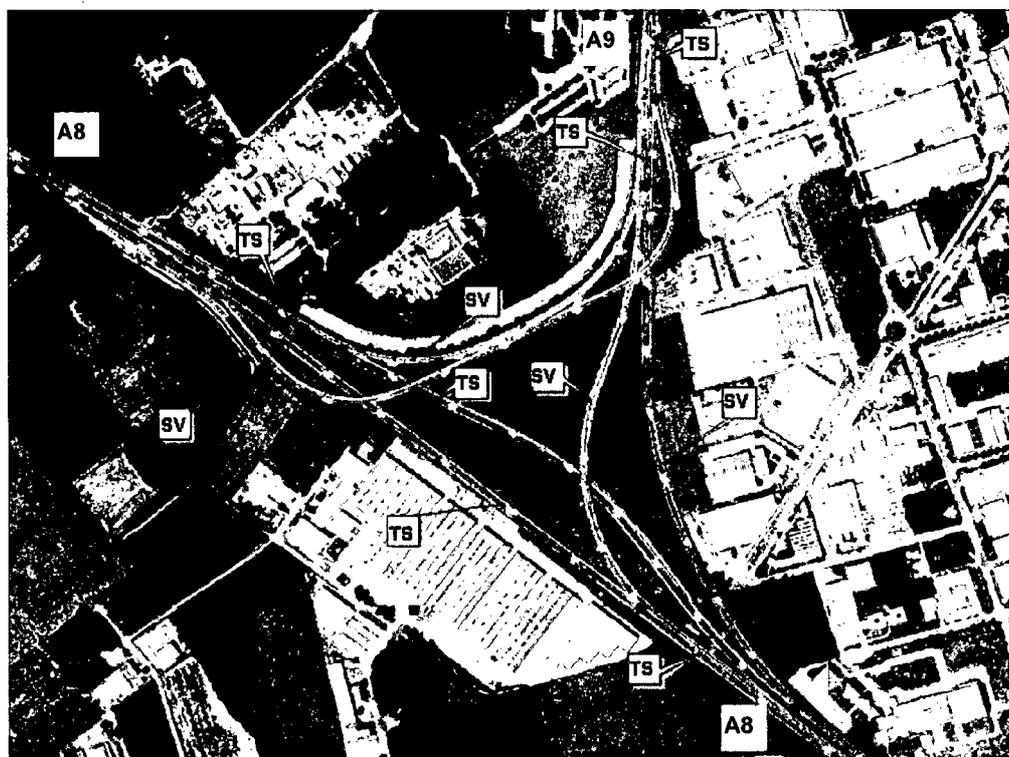
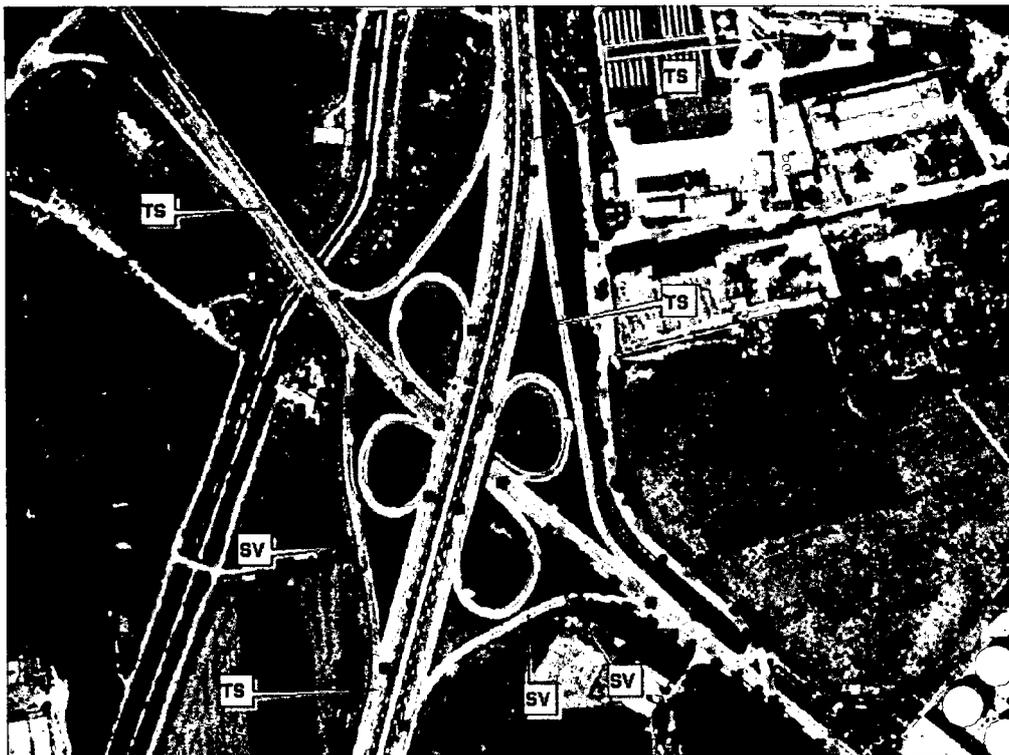


Figura 4: Esempi di schematizzazione di incroci complessi (svincoli). Dall'alto: svincolo con quadrifoglio completo; confluenza di due tratti autostradali: innesto della A9 nella A8.

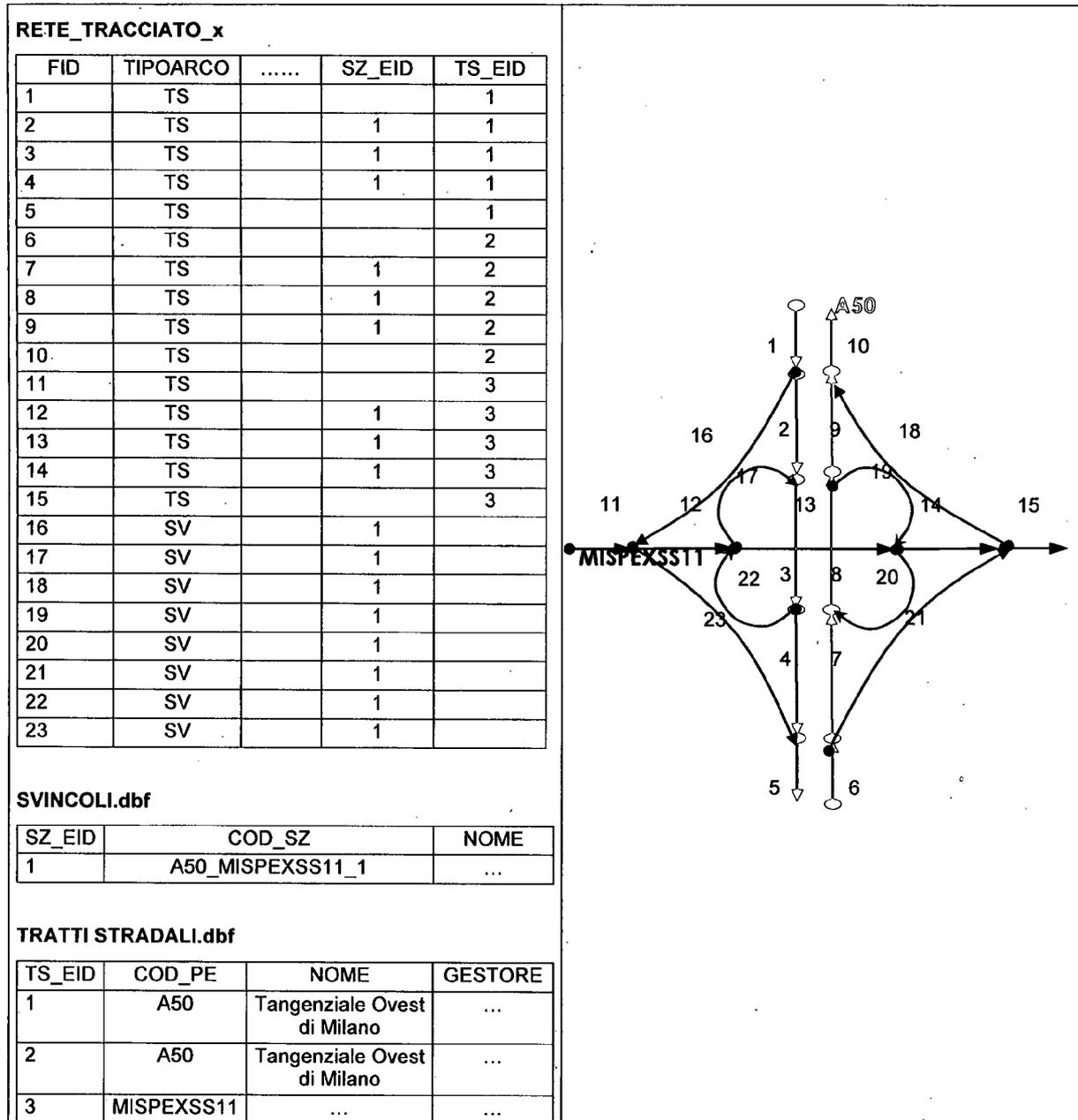


Figura 5: Esempio di schematizzazione di svincolo con quadrifoglio completo e tabelle correlate.

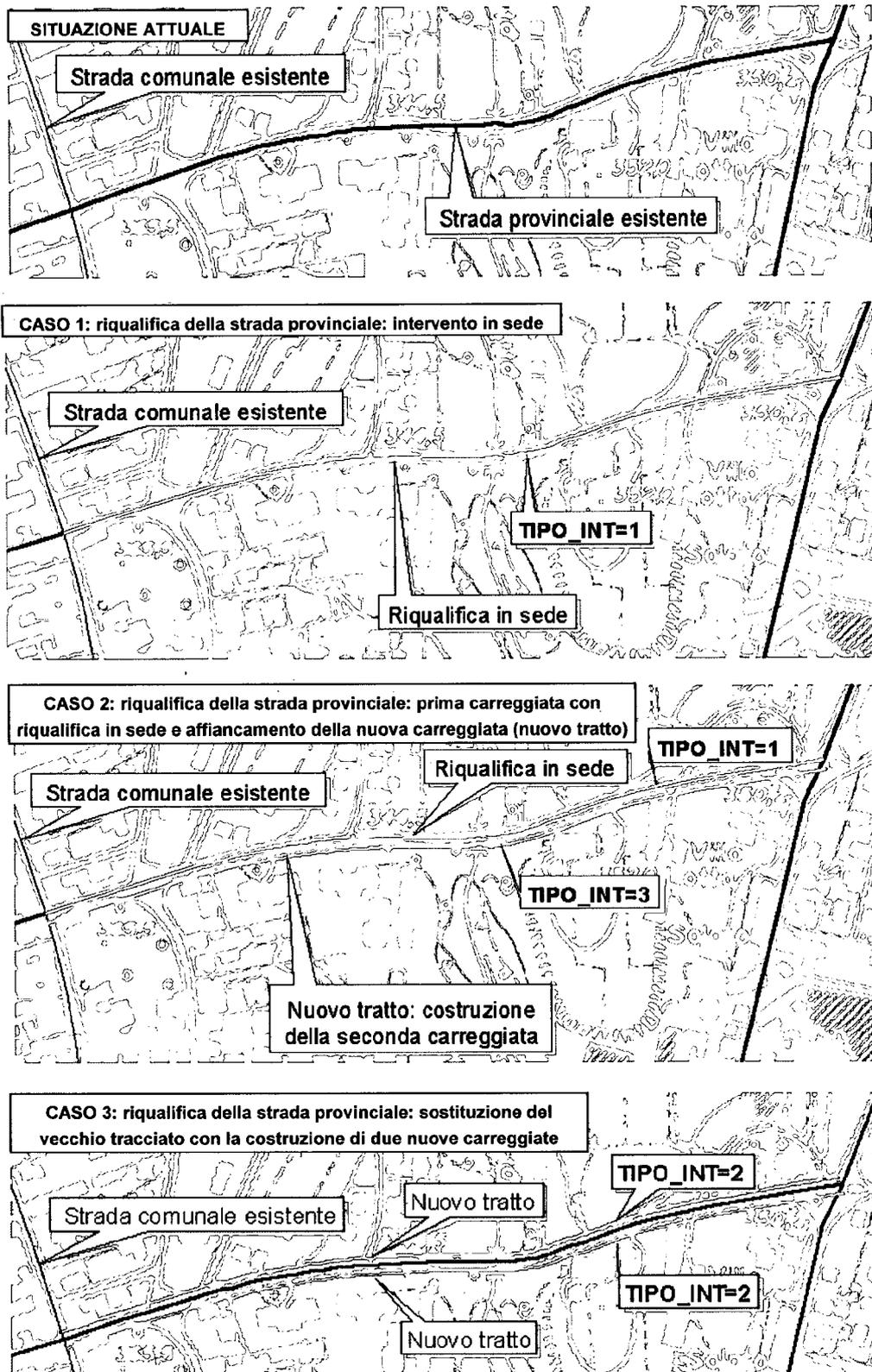


Figura 6: Esempio di attribuzione della tipologia di intervento. La situazione attuale comprende una strada comunale ed una provinciale; l'intervento in oggetto (in rosso) riguarda la strada provinciale.

A completamento della rappresentazione geometrica dell'intervento, si richiede la compilazione di alcune tabelle di anagrafica che identificano e caratterizzano gli archi di tracciato che compongono gli oggetti lineari ponti, gallerie, svincoli e tratti stradali:

- per i ponti e i viadotti: **ponti.dbf**;
- per le gallerie: **gallerie.dbf**;
- per gli svincoli complessi che non sono rappresentati da un unico nodo, ma comprendono più archi: **svincoli.dbf**;
- per i tratti stradali: **tratti_stradali.dbf**.

Il campo COD segue le regole di codifica stabilite per il Catasto Strade della Regione Lombardia (Allegato 1 dell'Allegato F del documento conclusivo): Direzione Infrastrutture e Mobilità della Regione Lombardia e IReR, *Progetto per la definizione delle specifiche della struttura informatica di base del catasto stradale della Regione Lombardia - Allegato F, SISTEMA INFORMATIVO STRADE*, Milano, Giugno 2001²³. Il campo nome è invece "libero".

Nel caso in cui occorra identificare dei tratti stradali o opere d'arte già esistenti è essenziale utilizzare le codifiche già definite. A tal fine le tabelle ufficiali di riferimento, così come la classificazione attuale della rete stradale regionale, sono consultabili accedendo all'area operatori del sito della Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità: www.trasporti.regione.lombardia.it.

Tabella: PONTI.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_P	<i>Identificativo univoco di ponte/viadotto</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_P	<i>Sigla del ponte</i>	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	<i>Denominazione dello ponte/viadotto</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore
TIPO_OST	<i>Tipologia di ostacolo superato</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>Su terreno naturale</i> 2. <i>Su corso d'acqua</i> 3. <i>Su strada</i> 4. <i>Su ferrovia</i> 5. <i>Misto</i>

Tabella: GALLERIE.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_G	<i>Identificativo univoco di galleria</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_G	<i>Sigla della galleria</i>	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	<i>Denominazione della galleria</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore
TIPO_G	<i>Tipologia di galleria</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>Galleria naturale aperta</i> 2. <i>Galleria naturale chiusa</i> 3. <i>Galleria artificiale aperta</i> 4. <i>Galleria artificiale chiusa</i> 5. <i>Paramassi/paravalanghe</i>

Tabella: SVINCOLI.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
SZ_EID	<i>Identificativo dello svincolo</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_SZ	<i>Sigla dello svincolo</i>	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	<i>Denominazione dello svincolo</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore

²³ La documentazione è consultabile accedendo all'area operatori del sito della Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità: www.trasporti.regione.lombardia.it.

Tabella: TRATTI STRADALI.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
TS_EID	Identificativo univoco di tratto stradale	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_PE	Sigla del percorso amministrativo	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	Denominazione percorso amministrativo	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore
GESTORE ²⁴	Denominazione gestore del tratto stradale	Stringa alfanumerica di 40 caratteri	Inserimento diretto del valore

Lo shapefile puntuale **intersezioni_x.shp** è composto dalle intersezioni con la rete viaria esistente o di progetto e che sono state riassunte in un punto (si tratta delle proiezioni di caselli²⁵ o barriere²⁶ e degli incroci a raso che non vengono rappresentati nella loro geometria ed estensione, ma sono ridotti a nodi del grafo). La presenza di un'intersezione determina una discontinuità del tracciato, quindi comporta la generazione di almeno 2 archi distinti. L'intersezione tra strade diverse collassa in un punto se si tratta di un'effettiva intersezione a raso oppure se si tratta di un incrocio a raso con rotondina tra due strade a 1 carreggiata e solo se rispetta almeno uno dei seguenti criteri (Figura 3):

1. la rotondina è di diametro inferiore a 25 m (criterio dimensionale);
2. all'intersezione appartengono strade non classificate di livello regionale (criterio funzionale).

Per ogni elemento puntuale occorre indicare il tipo di intersezione: il campo tipo assume il valore 1 se il punto rappresenta un incrocio a raso senza rotondina, 2 per un incrocio a raso con rotondina, 5 per un casello in corrispondenza di una barriera, 6 per un casello semplice.

La tabella seguente descrive il formato dei dati da rispettare e i valori assumibili da ogni campo. Nel caso in cui il valore sia "enumerato" (set predefinito di valori), si richiede di compilare la tabella con il numero relativo.

Shape: INTERSEZIONI_x

Tipo: puntuale

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_S	identificativo univoco dell'intersezione	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
TIPO_S	tipo di intersezione	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. Incrocio a raso senza rotondina 2. Incrocio a raso con rotondina 5. Casello con barriera 6. Casello
SEMAF ²⁷	presenza di semaforizzazione	Numero di 1 cifra	Enumerato 0. No 1. Si

Lo shape file puntuale **punti_notevoli_x.shp** contiene i nodi della rete indicati come significativi in quanto rappresentano il punto di inizio dell'intervento; è richiesto di indicare la progressiva chilometrica nominale.

Shape: PUNTI_NOTEVOLI_x

Tipo: puntuale

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_PN	identificativo univoco punto notevole	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
PROG	progressiva chilometrica del punto in metri	Numero di 6 cifre	Inserimento diretto del valore

²⁴ Per le provinciali il gestore viene indicato con la sigla maiuscola della provincia (MI...), per le statali si indicherà ANAS, per le autostrade la denominazione in maiuscolo (ad esempio: AUTOS_SPA, SERRAVALLE...).

NB: le comunali non sono tratti stradali (non sono valorizzate come TS).

²⁵ Si definisce *casello* l'infrastruttura fisica per la riscossione del pedaggio, collocata in corrispondenza svincoli di entrata o uscita e che non interferisce con il flusso principale.

²⁶ Si definisce *barriera* l'infrastruttura fisica per la riscossione del pedaggio che presuppone un'interruzione del flusso principale.

²⁷ La compilazione del campo SEMAF è richiesta solo se l'intersezione è di tipo "Incrocio a raso senza rotondina".

Allegato alla deliberazione
n. 20823 del 16.FEB.2005

Ing. Marco Cesca
Dirigente
Unità Organizzativa Viabilità



Regione Lombardia

Infrastrutture e Mobilità

ALLEGATO C

**Linee Guida
ANALISI DI TRAFFICO**

1. LO STUDIO DI TRAFFICO: GENERALITA' E OBIETTIVI

Un aspetto fondamentale nella progettazione stradale è la valutazione degli effetti in termini di traffico delle soluzioni progettuali previste. Obiettivo generale di uno studio di traffico è da un lato quantificare i volumi di traffico previsti nell'asse stradale in progetto, determinando il corrispondente livello di servizio e, dall'altro, descrivere i nuovi assetti dei flussi sulla rete stradale interessata dall'intervento.

2. STUDIO DI TRAFFICO E FASI PROGETTUALI

In relazione alle fasi progettuali individuate nell'Allegato C della presente deliberazione si ritiene necessaria la redazione di uno studio di traffico sia nell'eventuale fase che precede la progettazione (lo Studio di Fattibilità) sia nelle fasi progettuali del Progetto Preliminare e Definitivo, con obiettivi e scale di analisi coerenti con le finalità di ciascuna di esse.

In particolare gli obiettivi specifici delle analisi di traffico per i singoli momenti che precedono la realizzazione dell'opera sono:

- Studio di fattibilità¹

Valutazione degli effetti trasportistici dell'intervento in esame attraverso il confronto con l'opzione di non intervento e individuazione delle possibili alternative di tracciato, specificandone livelli di traffico e condizioni di deflusso. Particolare rilievo assumono le variazioni di traffico determinate dall'intervento sulla rete stradale e sul sistema domanda-offerta nel suo complesso, se necessario anche in relazione a modalità di trasporto differenti da quella privata.

- Progetto Preliminare

Quantificazione dei flussi di traffico, in funzione delle caratteristiche tecnico-funzionali adottate, definendo i relativi livelli di servizio attesi ed evidenziando le soluzioni progettuali per le criticità individuate.

- Progetto Definitivo

Analisi degli aspetti di carattere più puntuale e individuazione delle soluzioni progettuali di dettaglio quali intersezioni o opere d'arte, valutando i flussi veicolari determinati dalle eventuali varianti sopraggiunte dopo la fase di progettazione preliminare.

¹ Qualora tale Studio non venisse predisposto, quanto da specificare in esso dovrà essere ricompreso nell'ambito del progetto preliminare.

3. CONTENUTI

Lo studio di traffico deve essere sviluppato secondo i metodi della modellistica dei trasporti, con dettagliate analisi di rete negli scenari di domanda/offerta relativi all'opera in progetto. L'analisi modellistica deve riguardare lo specifico periodo di punta previsto per l'infrastruttura in progetto, consentendo successivamente di ricavare i volumi di traffico medi giornalieri (TGM).

Pertanto i passaggi metodologici da seguire per la ricostruzione del quadro domanda/offerta, rispettivamente nello scenario attuale e nello scenario progettuale, sono i seguenti:

- Scenario attuale

- Definizione della domanda

Ricostruzione della matrice origine/destinazione – sia dei veicoli leggeri sia dei veicoli pesanti - per l'area di studio nell'intervallo temporale di modellizzazione, a partire dalle banche dati più aggiornate disponibili, eventualmente integrate da indagini o rilievi specifici. I metodi di costruzione, aggiornamento o stima della matrice devono essere esplicitati.

- Definizione dell'offerta

Individuazione dell'area di studio, in cui verosimilmente si esauriscono gli effetti dell'intervento, estrazione del grafo di rete secondo una scala coerente con il livello di analisi e attribuzione delle caratteristiche funzionali (tipologie d'arco, capacità, funzioni di costo, curve di deflusso) necessarie alla modellizzazione dell'offerta. I criteri di strutturazione del modello di offerta devono essere esplicitati.

- Assegnazione della domanda all'offerta

Assegnazione della matrice origine/destinazione alla rete di offerta nell'intervallo temporale prescelto e validazione del modello attraverso il confronto statistico dei flussi assegnati e dei flussi rilevati in un numero significativo di sezioni di verifica. Analisi e valutazione degli assetti di rete attuali, con indicazione delle eventuali criticità trasportistiche. La tecnica di assegnazione e i risultati della calibrazione del modello devono essere esplicitati.

Scenario di progetto

- Previsione della domanda futura

Ricostruzione della matrice origine/destinazione – sia dei veicoli leggeri sia dei veicoli pesanti – relativa allo scenario temporale di entrata in esercizio dell'infrastruttura in progetto, sulla base delle variazioni socioeconomiche, territoriali e di ripartizione modale previste nell'area di studio. In relazione alla natura dell'intervento si dovrà valutare l'opportunità di considerare ulteriori scenari di domanda, riferiti a periodi successivi all'entrata in esercizio. I metodi di stima e le ipotesi adottate devono essere esplicitati.

- Definizione dell'offerta futura

Costruzione del grafo di offerta riferito agli scenari temporali definiti per la domanda (entrata in esercizio dell'intervento ed eventuali successivi) in cui siano contemplati tutti le infrastrutture in programma all'anno di riferimento e, in relazione al livello di progettazione, le eventuali alternative progettuali in esame.

- Assegnazione della domanda alla rete e analisi dei risultati

Assegnazione della matrice origine/destinazione alla rete di offerta e quantificazione dei flussi di traffico attesi negli scenari temporali definiti. Nella relazione e/o nelle tavole esplicative devono essere riportati per le alternative progettuali in esame:

- I flussi dell'ora di punta;
- il Traffico Giornaliero Medio;
- i livelli di servizio attesi.

L'analisi dei risultati dovrà valutare quantitativamente gli effetti dell'intervento in relazione a obiettivi e vincoli progettuali, attraverso l'utilizzo di indicatori di congestione quali velocità medie di rete, rapporto flusso/capacità, tempi di accessibilità, etc..

4. ELEMENTI TECNICI INERENTI I LIVELLI DI SERVIZIO DEGLI ASSI STRADALI

Il Livello di Servizio

Il Livello di Servizio (LdS) di una tratta stradale è una misura della qualità del deflusso veicolare in quella tratta. Esistono sei livelli di servizio: A, B, C, D, E, F. Essi descrivono tutto il campo delle condizioni di circolazione, dalle situazioni operative migliori (LdS A) alle situazioni operative peggiori (LdS F).

In maniera generica, i vari LdS definiscono i seguenti stadi di circolazione:

- LdS A: circolazione libera, cioè ogni veicolo si muove senza alcun vincolo ed in libertà assoluta di manovra entro la corrente: massimo comfort, flusso stabile;
- LdS B: il tipo di circolazione può considerarsi ancora libera ma si verifica una modesta riduzione nella velocità e le manovre cominciano a risentire della presenza degli altri utenti: comfort accettabile, flusso stabile;
- LdS C: la presenza degli altri veicoli determina vincoli sempre maggiori nel mantenere la velocità desiderata e nella libertà di manovra: si riduce il comfort rimanendo il flusso ancora stabile;
- LdS D: si restringe il campo di scelta della velocità e la libertà di manovra; si ha elevata densità ed insorgono problemi di disturbo: si abbassa il comfort ed il flusso può divenire instabile;

LdS E: il flusso si avvicina al limite della capacità compatibile e si riducono la velocità e la libertà di manovra: il flusso diviene instabile in quanto anche modeste perturbazioni possono causare fenomeni di congestione;

LdS F: flusso forzato: il volume veicolare smaltibile si abbassa insieme alla velocità; si verificano facilmente condizioni instabili di deflusso fino all'insorgere di forti fenomeni di accodamento.

I modelli di valutazione di riferimento

La stima del Livello di Servizio di un asse stradale in costruzione e della rete su cui esso avrà ricadute di carattere trasportistico è effettuata facendo riferimento a specifici modelli analitici.

Tra i modelli, quelli che riscontrano la maggiore credibilità a livello internazionale sono quelli contenuti nell'Highway Capacity Manual nelle sue versioni 1985 e 2000 (di seguito indicati semplicemente come HCM 1985 ed HCM 2000).

Le ipotesi alla base dei modelli – i limiti di valutazione

Sia il HCM 1985 sia il HCM 2000 stimano il LdS delle strade in relazione a condizioni di deflusso ininterrotto, ovvero in relazione a correnti veicolari nell'ambito delle quali gli elementi interni ed esterni alla stessa corrente sono tali da non determinare interruzioni della circolazione o da imporre variazioni della velocità dei mezzi.

Questi modelli, quindi, forniscono indicazioni che, pur potendo considerare – nel caso dell'HCM 2000 – la presenza di intersezioni, descrivono bene solo le condizioni di deflusso degli assi stradali in cui le interferenze non perturbano in modo significativo l'andamento veicolare (situazioni caratterizzate da incroci con viabilità poco trafficate, parti degli assi stradali distanti da nodi significativi, etc.).

Ambiti di analisi

Alla luce di quanto detto sopra, quindi, se è necessario sviluppare analisi relativamente alla qualità di gestione dei flussi di una specifica tratta stradale, in corrispondenza di condizioni di deflusso di tipo ininterrotto, i modelli HCM 1985 e HCM 2000 danno una corretta e puntuale interpretazione del LdS delle strade.

Nel caso in cui si voglia comprendere il livello di congestionamento di una rete complessa le stime (mediante l'uso dei modelli HCM 1985 e HCM 2000) dei LdS delle singole tratte che la compongono rappresenta un elemento di valutazione solo indicativo ma sempre molto utile.

Per contro non ha alcuna valenza tecnica l'utilizzo dei sopra citati modelli nell'ambito di elementi di tracciato in cui il traffico risulta fortemente condizionato dalla presenza di intersezioni. In questo caso, essendo proprio l'intersezione l'elemento condizionante la qualità della circolazione, risulta più opportuno condurre specifiche valutazioni in relazioni alla capacità di gestione dei flussi dei nodi (in tal senso sono di riferimento le indicazioni contenute nell'Allegato B "Caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione delle aree di intersezione" oltre a tutte altre le specifiche modellizzazioni delle intersezioni presenti in letteratura).

Proposte per la valutazione dei Livelli di Servizio nell'ambito lombardo – adattamento dei modelli HCM al “caso Lombardia”

I modelli HCM 1985 e 2000 nascono da rilievi e considerazioni tecniche inerenti prevalentemente la circolazione veicolare negli Stati Uniti. Questo dato di partenza implica che, come indicato negli stessi manuali HCM, è necessario adattare le modalità di analisi di questi modelli al caso “Lombardia”:

In relazione alle specifiche condizioni della rete stradale lombarda, delle peculiarità dell'utenza veicolare (caratteristiche personali e del parco veicolare), nonché del carico veicolare che tipicamente interessa le infrastrutture della Lombardia si propone:

- per le strade a carreggiate separate: di recepire *in toto* le metodologie dell'HCM 1985;
- per le infrastrutture a carreggiata unica: di applicare i seguenti adattamenti:

HCM 1985:

- utilizzare un valore della Capacità pari a 3200 veicoli / ora (anziché 2800 veicoli /ora)
- utilizzare come parametro di riferimento per il passaggio da un LdS al successivo dei rapporti Flussi / Capacità del 20% superiori rispetto a quelli indicati nella metodologia statunitense;

HCM 2000:

- valutare il LdS sempre in funzione del solo parametro $PTSF^2$ con valori di riferimento per il passaggio da un LdS al successivo pari al: 40% (tra LdS A e LdS B), 60% (tra LdS B e LdS C), 77% (tra LdS C e LdS D), 88% (tra LdS D e LdS E).

In ragione di quanto sopra indicato, si determinano in corrispondenza di condizioni di deflusso ideali³, le seguenti portate di servizio⁴:

Carreggiate separate

LdS	HCM 1985	
	Flusso / Capacità	Flusso (veicoli/ora)
A	0,35	~700
B	0,54	~1100
C	0,77	~1550
D	0,93	~1850
E	> 0,93	-

I flussi indicati sono flussi per corsia e, nel caso dell'HCM 1985, sono relativi a strade con velocità di progetto pari a 112 km/h.

² Percent Time-Spent-Following ovvero la percentuale media del tempo totale di spostamento in cui i veicoli devono viaggiare in plotone dietro ad altri veicoli più lenti in ragione dell'impossibilità di superarli.

³ Per potersi poi ricondurre alle condizioni reali è necessario applicare tutti i fattori correttivi indicati dagli specifici modelli. Detti fattori considerano le caratteristiche geometriche delle strade (sezione ed andamento planoaltimetrico), la tipologia del traffico (mezzi e guidatori), la distribuzione direzionale dei flussi, la frequenza delle interconnessioni, etc.

⁴ Flusso massimo gestibile con un determinato Livello di Servizio.

Carreggiata unica (ed una corsia per senso di marcia)

LdS	HCM 1985		HCM 2000	
	Flusso / Capacità	Flusso (veicoli/ora)	PTSF (%)	Flusso (veicoli/ora)
A	0,18	~575	40	~575
B	0,32	~1042	60	~1042
C	0,52	~1650	77	~1650
D	0,77	~2450	88	~2450
E	> 0,77	-	> 88	-

I flussi sopra indicati sono flussi bidirezionali.

LdS e progettazione

Ribadendo che i modelli inerenti la valutazione dei LdS degli assi stradali risultano applicabili adeguatamente solo in condizioni di flusso ininterrotto, si propongono di seguito alcune considerazioni indicative circa il LdS da perseguire nell'ambito della progettazione di strade comunque riconducibili a questa casistica. In questi ed in tutti gli altri casi si evidenzia comunque che una buon progetto delle intersezioni (supportato anche dallo sviluppo di specifici studi analitici) rappresenta un elemento fondamentale e necessario.

A livello del tutto generale è opportuno costruire nuove strade ovvero adeguare le esistenti considerando come valore di riferimento per la progettazione il raggiungimento di un LdS C (medio su ogni singola tratta omogenea dell'infrastruttura) in corrispondenza dell'ora di punta "tipica" della strada.

In considerazione di specifici vincoli di natura territoriale ed economica, ma soprattutto in ragione dei generali benefici al traffico che un'arteria può comunque creare nell'ambito della rete in cui si va ad inserire, è possibile accettare anche progetti con LdS inferiori (pari a D) purché supportati da uno studio di traffico che evidenzi l'opportunità della realizzazione della strada.

