

5. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEGLI ELEMENTI DELLE INTERSEZIONI

5.1 – CRITERI PER L'INSERIMENTO DELLE INTERSEZIONI

La corretta collocazione delle intersezioni rappresenta un elemento fondamentale di progettazione che va verificato in base a tre condizioni:

- eventuali interferenze funzionali con intersezioni adiacenti;
- compatibilità con le condizioni planimetriche degli assi viari;
- congruenza con le condizioni altimetriche dei tracciati afferenti.

Per quanto concerne l'interferenza con i nodi viari adiacenti, la distanza minima da adottare dipende dalla tipologia della intersezione, dovendosi considerare interferente anche una parziale sovrapposizione della segnaletica di preavviso. In linea generale si deve adottare in campo extraurbano un distanziamento minimo ottimale di 500 m tra intersezioni contigue; in campo urbano non è invece definibile una distanza minima.

Per quanto concerne le condizioni planimetriche, si individuano i seguenti vincoli:

- le intersezioni non vanno realizzate in tratti di strada curvilinei con raggi inferiori a 300 m;
- gli assi delle strade intersecantesi devono formare angoli prossimi, nella zona di intersezione, a valori di 90°;
- per le intersezioni a raso l'angolazione reciproca delle strade non deve risultare inferiore comunque ad un angolo di valore pari a 70°;
- sulle rampe e lungo gli apprestamenti per le manovre di entrata ed uscita non è consentita la realizzazione di accessi, passi carrabili o aree di sosta e fermata veicolare.

Per quanto concerne le condizioni altimetriche, si individuano i seguenti vincoli:

- le intersezioni non devono essere realizzate in prossimità di dossi o sacche nelle quali non è possibile assicurare le distanze di visuale libera di cui al punto 5.8;

- per le intersezioni a raso i rami di interconnessione devono avere pendenze longitudinali non superiori del 2% rispetto alle livellette delle strade confluenti.

Per le intersezioni a raso l'elemento fondamentale di verifica funzionale è rappresentato dalla visibilità, la cui trattazione viene esplicitamente proposta al punto 5.8.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche degli elementi costituenti le intersezioni, separatamente per le intersezioni lineari a raso, per le rotatorie e per le intersezioni a livelli sfalsati. Le tipologie di intersezioni lineari a raso vanno adottate quando una strada ha diritto di priorità rispetto all'altra, mentre vanno adottati schemi a rotatoria nel caso di intersezioni di strade entrambe prioritarie; in altre parole, caratteristica distintiva delle rotatorie rispetto ad altri tipi di intersezioni a raso è quella di non attribuire priorità ad alcuna delle strade che si intersecano: essa è pertanto particolarmente idonea in quelle situazioni in cui tali strade sono dello stesso livello gerarchico.

5.2 – INTERSEZIONI LINEARI A RASO

La progettazione ottimale degli incroci lineari si attua garantendo la ortogonalità (o quanto meno angoli superiori a 70°) tra gli assi afferenti alla zona di incrocio. Si può procedere a tale fine o correggendo il tracciato della secondaria in modo da portare l'angolo di intersezione con la principale a 90° o creando uno schema a baionetta, senz'altro preferibile all'incrocio a X, purché sia possibile distanziare gli assi in modo da garantire una corretta segnaletica (fig. 5.1).

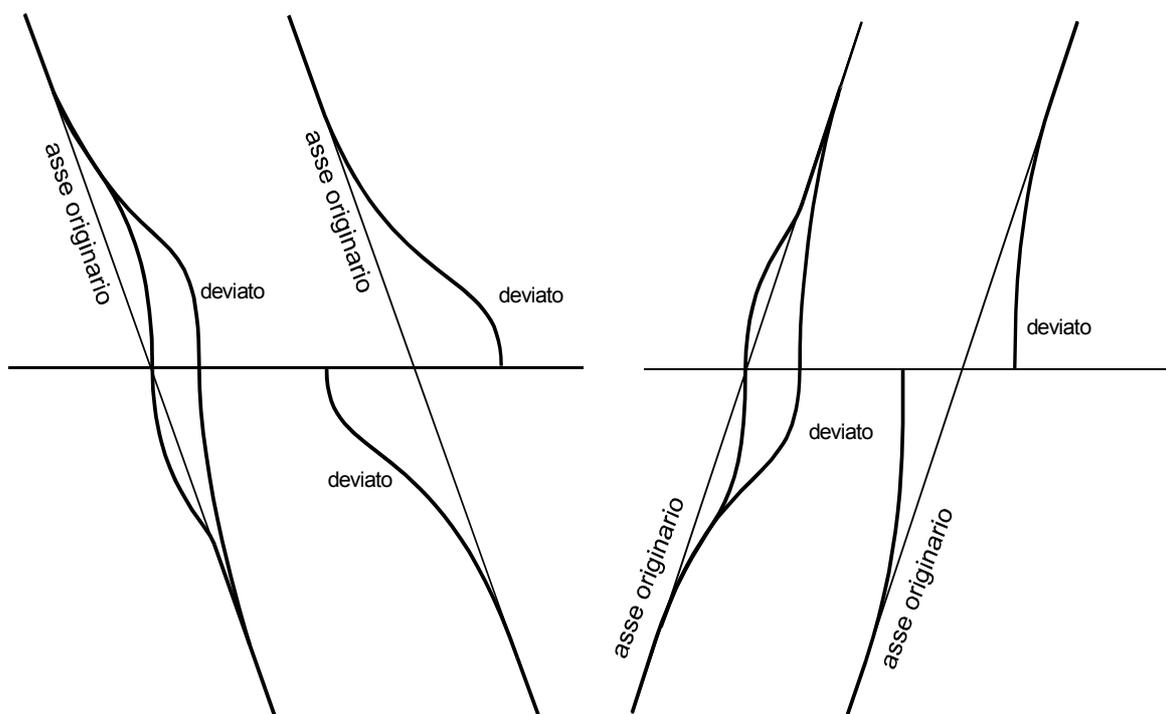


fig. 5.1 – Rettifica d'asse della secondaria

5.2.1 – Larghezza delle corsie

Le larghezze dei dispositivi aggiuntivi da inserire sulla strada principale per l'effettuazione di svolte a destra o a sinistra sono le seguenti:

- corsie destinate alle traiettorie passanti; si mantiene la larghezza delle corsie prevista nel D.M. 5/11/2001 per i tipi di strada interessati dall'intersezione;

- corsie specializzate di uscita; si adottano i valori seguenti in funzione del tipo di strada:

Strade extraurbane		Strade urbane	
Tipo di strada principale	Larghezza corsie [m]	Tipo di strada principale	Larghezza corsie [m]
C	3,50	E	3,00
F	3,25	F	2,75

- corsie specializzate per l'accumulo in mezzzeria; si adottano i valori seguenti in funzione del tipo di strada:

Strade extraurbane		Strade urbane	
Tipo di strada	Larghezza corsie [m]	Tipo di strada	Larghezza corsie [m]
C	3,25	E	3,00*
F	3,00	F	2,75*

* riducibili a 2,50 m purché tali corsie non siano percorse da traffico pesante o da mezzi adibiti al trasporto pubblico

5.2.2 – Lunghezza dei tratti specializzati

Con riferimento alla figura 5.2 seguente, in cui vengono riportati gli elementi delle corsie specializzate (accumulo, immissione, uscita), la lunghezza dei suddetti elementi viene fissata in base ai seguenti criteri:

- analisi delle diverse fasi di traiettoria 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.

Nel precedente cap.4 si sono sviluppati i criteri e gli algoritmi da ricavare dalla teoria dei flussi di traffico per il completo dimensionamento funzionale sia di singole

componenti degli incroci sia del loro complesso. Non tutti gli elementi dimensionali presenti nelle intersezioni possono però riferirsi a tali criteri, richiedendo un approccio di tipo eminentemente cinematico che viene invece sviluppato nel presente capitolo.

COMPONENTI CORSIE SPECIALIZZATE E

CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

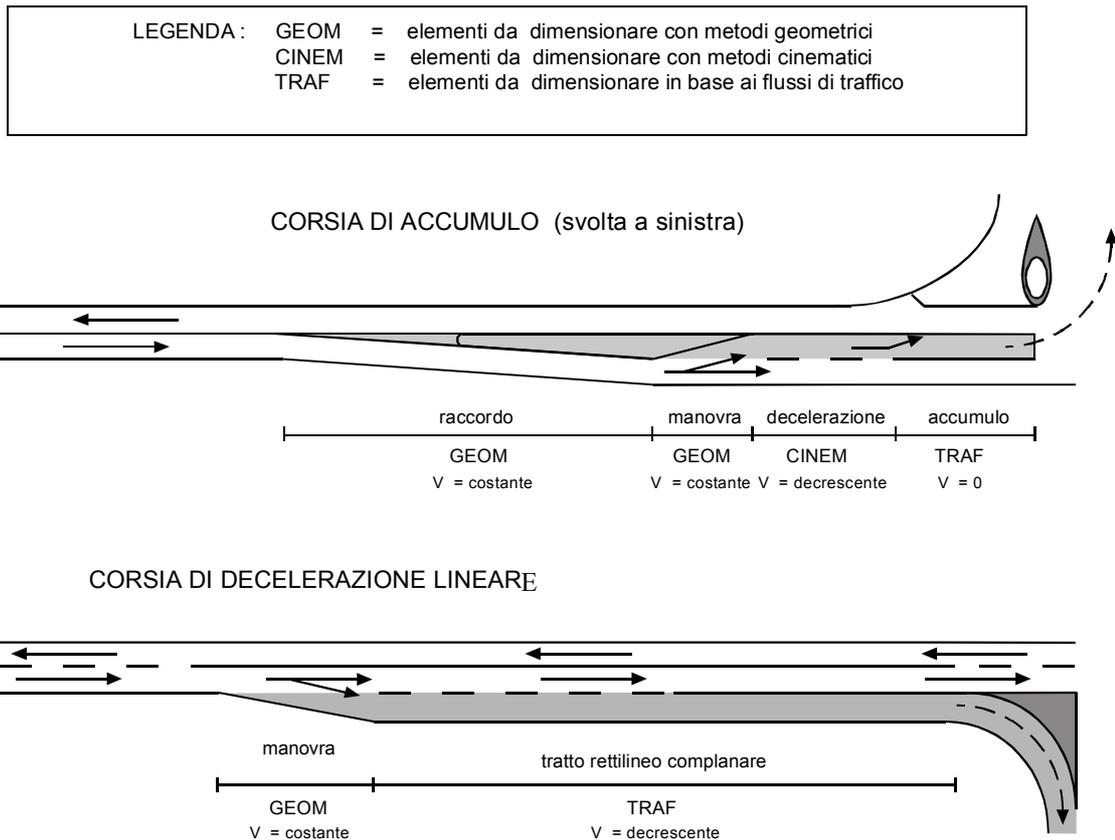


fig. 5.2

Si ricorda che la predisposizione di una corsia di decelerazione lineare per la svolta a destra va prevista solamente in casi eccezionali, ad esempio quando la capacità dell'incrocio o la regolazione del traffico richiedono una via di preselezione dedicata alla svolta a destra (vedi anche nel cap. 3 note alla scheda 10).

In tali casi particolari è necessaria l'adozione di un'isola di separazione triangolare (vedi 5.4.3) e la predisposizione alla fine della corsia di svolta a destra di adeguata segnaletica ("dare precedenza" o "stop") oppure di un sistema di controllo dei flussi mediante impianto semaforico.

5.2.2.1 – Elementi da dimensionare longitudinalmente in base ai flussi di traffico

I nomogrammi del precedente cap.4 consentono di determinare le lunghezze da adottare per le corsie di accumulo e svolta a sinistra che si compongono di un tratto di manovra, di un tratto di decelerazione e uno di accumulo veicolare; il tratto di accumulo deriva dalla previsione di veicoli accodati in base alla impossibilità di attraversare il flusso opposto, mentre gli altri due tratti richiedono dimensionamenti di tipo geometrico o cinematica.

5.2.2.2 – Elementi da dimensionare longitudinalmente con criteri cinematici

Per determinare la lunghezza dei tratti di variazione cinematica in decelerazione, si adotta la seguente espressione:

$$L_D = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

L_D (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

v_1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di decelerazione;

v_2 (m/s) è la velocità di uscita dal tratto di decelerazione;

a (m/s^2) è l'accelerazione, positiva o negativa, assunta per la manovra.

Le componenti progettuali modulari da dimensionare in via cinematica sono le seguenti:

- corsie di decelerazione. Per v_1 si assume la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, determinata dai diagrammi di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001; per v_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione verso l'altra strada; per a si assume il valore di $3,5 m/s^2$. Lo schema geometrico della corsia di uscita è indicato in fig. 5.3:

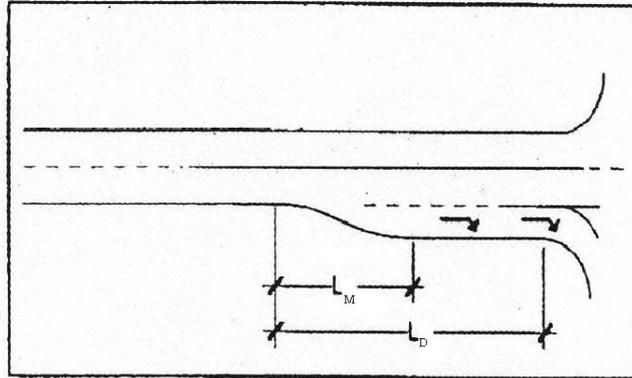


fig. 5.3

- tratto di decelerazione nelle corsie di accumulo e svolta a sinistra. La lunghezza del tratto si determina in base alla formula:

$$L_D = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} = \frac{(V_p / 3,6)^2 - (25 / 3,6)^2}{2 \cdot 3,5}$$

Ambito extraurbano		Ambito urbano	
V _p [km/h]	Tratto di decelerazione L _D [m]	V _p [km/h]	Tratto di decelerazione L _D [m]
100	100	50	20
80	65	40	10
60	35	30	3
		25	0

Per v_1 si assume la velocità di progetto della strada da cui proviene il flusso di svolta, determinata dai diagrammi di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001); mentre per v_2 si assume il valore in m/s corrispondente a 25 km/h; la decelerazione è $a = 3,5 \text{ m/s}^2$. Lo schema geometrico della corsia di uscita è indicato nella fig. 5.4:

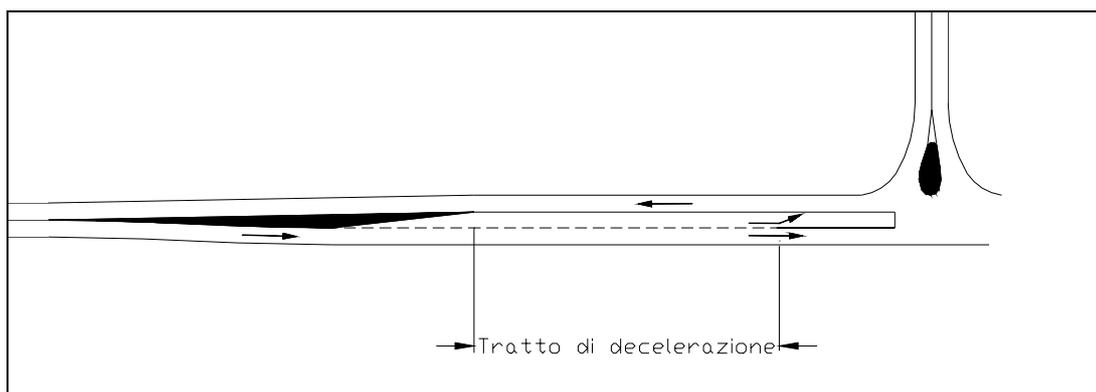


fig. 5.4

5.2.2.3 - Elementi da dimensionare longitudinalmente con criteri geometrici

A. Lunghezza del tratto di raccordo L_V e manovra L_M nelle corsie specializzate per la svolta a sinistra in uscita negli incroci a raso (vedi figg. 5.2 e 5.6).

Questi elementi costituiscono un'isola di separazione delle correnti della strada principale in corrispondenza dell'intersezione (vedi fig. 5.2 e 5.6).

Hanno la funzione di proteggere da tamponamenti i veicoli impegnati nelle svolte a sinistra, materializzandone la corsia. Costituiscono inoltre, insieme ai tratti zebrati di presegnalazione, gli elementi salienti di percezione dell'incrocio da parte dell'utenza.

Le isole materializzate vanno previste in tutti i casi di inserimento di una corsia specializzata di svolta a sinistra al centro della carreggiata, e rappresentano anche la separazione fisica tra gli opposti sensi di marcia.

E' da preferirsi una collocazione trasversale di massima simmetria rispetto all'asse dell'arteria, in modo da limitare corrispondentemente le deviazioni delle traiettorie dei flussi passanti.

La zebratura di approccio si deve estendere per almeno la metà dell'intero tratto L_V con una lunghezza minima di 45 metri in ambito extraurbano e di 15 metri in ambito urbano.

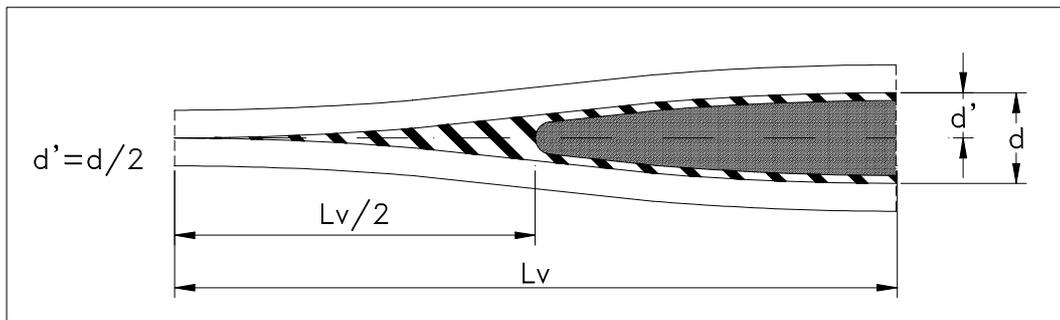


fig. 5.5 - Tratto iniziale di isola di mezzeria

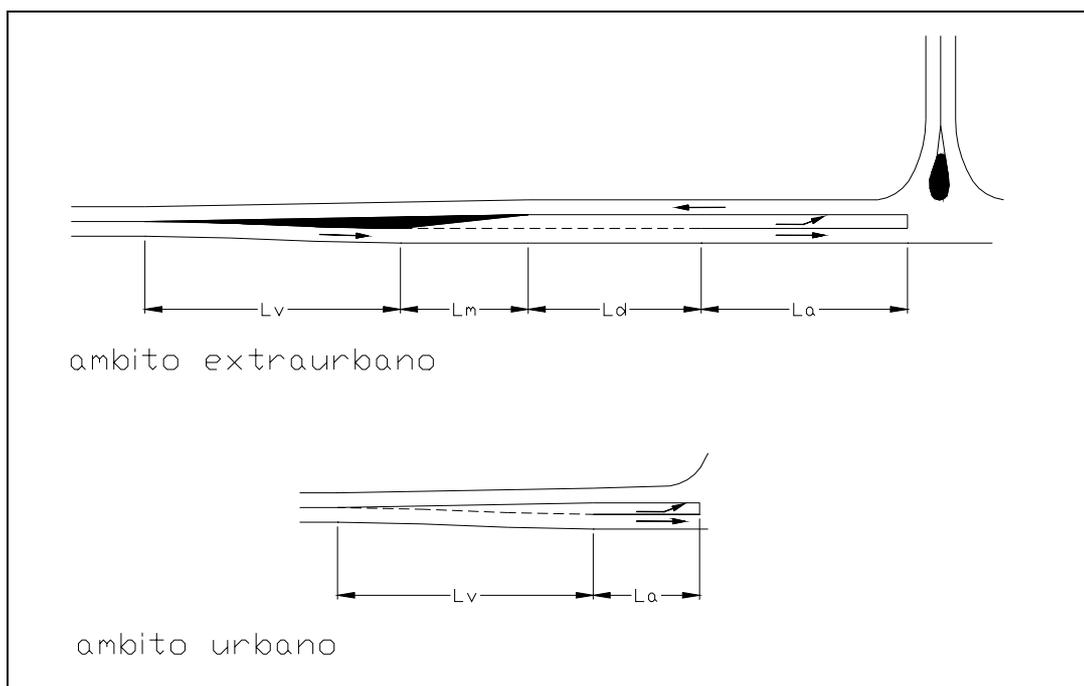


fig. 5.6

La lunghezza del tratto di raccordo L_v dipende dalla velocità di progetto V_p [km/h] e dall'allargamento d [m] da raggiungere (figura 5.7), pari alla larghezza delle corsie di accumulo per quel tipo di strada incrementata di 0,50 metri (larghezza necessaria per la materializzazione dell'elemento separatore dei due sensi di marcia).

Tale lunghezza si calcola secondo la formula seguente:

$$L_v = 0,6 \cdot V_p \cdot \sqrt{d'} [m]$$

Va comunque assicurata una lunghezza L_v minima di 20 m.

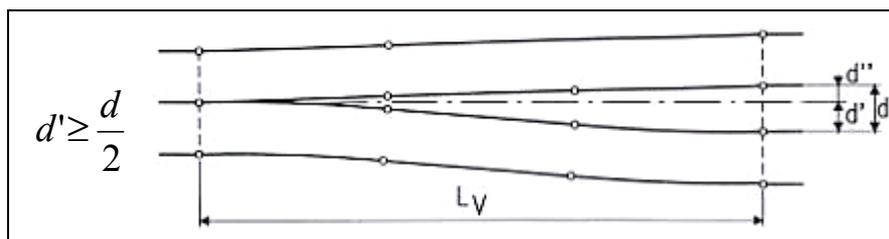


fig. 5.7

La lunghezza del tratto di manovra L_M si determina in base alla tabella seguente:

Velocità di progetto V_p [km/h]	Lunghezza del tratto di manovra L_M [m]
$V_p \geq 60$	$L_M = 30$
$V_p < 60$	$L_M = 20$

Il tracciamento del bordo per i tratti suddetti si effettua secondo lo schema della figura 5.8 seguente:

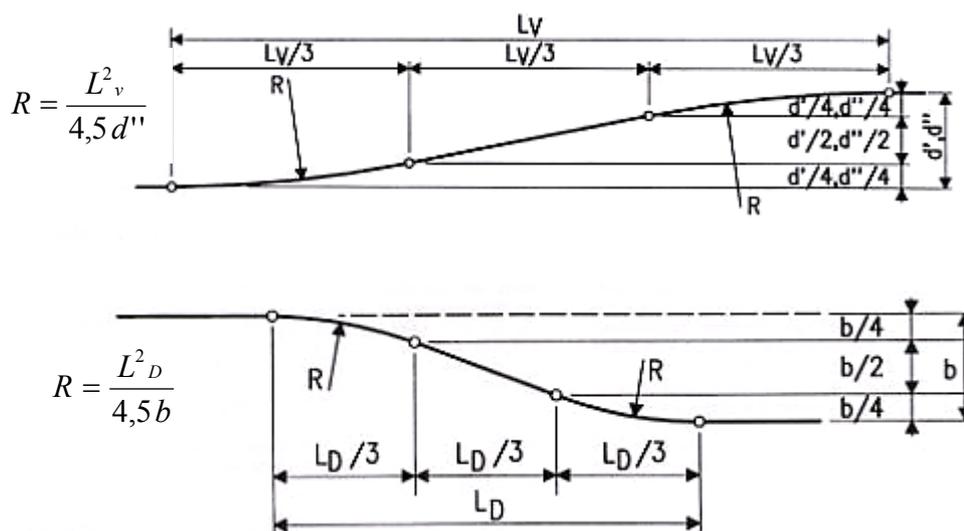


fig. 5.8

Nella tabella seguente si riportano le lunghezze dei tratti L_v e L_M per alcuni valori della velocità di progetto V_p , in ambito extraurbano e urbano, in funzione del valore di d (larghezza delle corsie specializzate di accumulo in mezzeria) secondo quanto riportato al § 5.2.1:

Ambito extraurbano				Ambito urbano		
V_p [km/h]	L_v [m] $d = 3,00m$	L_v [m] $d = 3,25m$	L_M [m]	V_p [km/h]	L_v [m] $d = 2,75$	L_v [m] $d = 3,00m$
100	75	75	30	50	35	40
80	60	60	30	40	30	30
60	45	45	30	30	20	25
				25	20	20

B. Corsie di decelerazione negli incroci a raso.

La lunghezza L_M del tratto di manovra, indicato in figura 5.9, dipende dalla velocità di progetto V_p [km/h] secondo la tabella seguente:

Ambito extraurbano		Ambito urbano	
V_p [km/h]	L_M [m]	V_p [km/h]	L_M [m]
100	30	50	20
80	30	40	20
60	30	30	20
		25	20

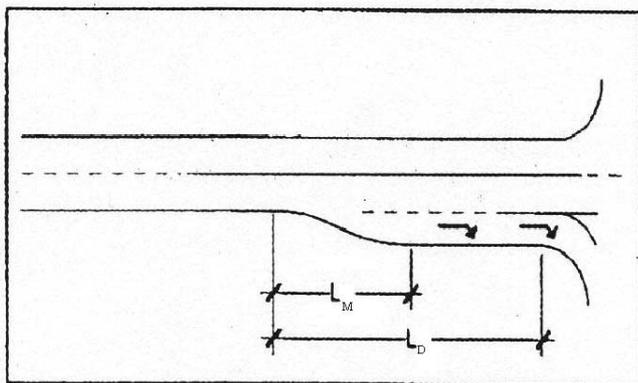


fig. 5.9

Il tracciamento del bordo per il tratto in argomento si effettua secondo lo schema della figura 5.8.

5.3 – IL DIMENSIONAMENTO DELLE ISOLE DI CANALIZZAZIONE

Il disegno funzionale delle isole di canalizzazione va impostato in funzione delle esigenze di leggibilità e guida visiva delle traiettorie di approccio alle zone di incrocio.

La verifica del disegno complessivo delle isole utilizza le fasce veicolari di ingombro dinamico di una serie di veicoli pesanti da assumere a riferimento per la percorrenza delle principali traiettorie di svolta presenti nella intersezione. Ciò consente di verificare il corretto assemblamento degli elementi modulari dei canali di traffico e scorrimento nonché eventuali condizionamenti connessi alla presenza delle isole di canalizzazione materializzate e non. Le fasce di ingombro dei veicoli tipo (autobus, autoarticolato ed autotreno) sono riportati, in funzione del raggio della linea d'asse e dell'angolo di deviazione, nelle figg. 5.10.a, 5.10.b, 5.10.c, 5.11.a, 5.11.b, 5.11.c, 5.12.a, 5.12.b, 5.12.c.

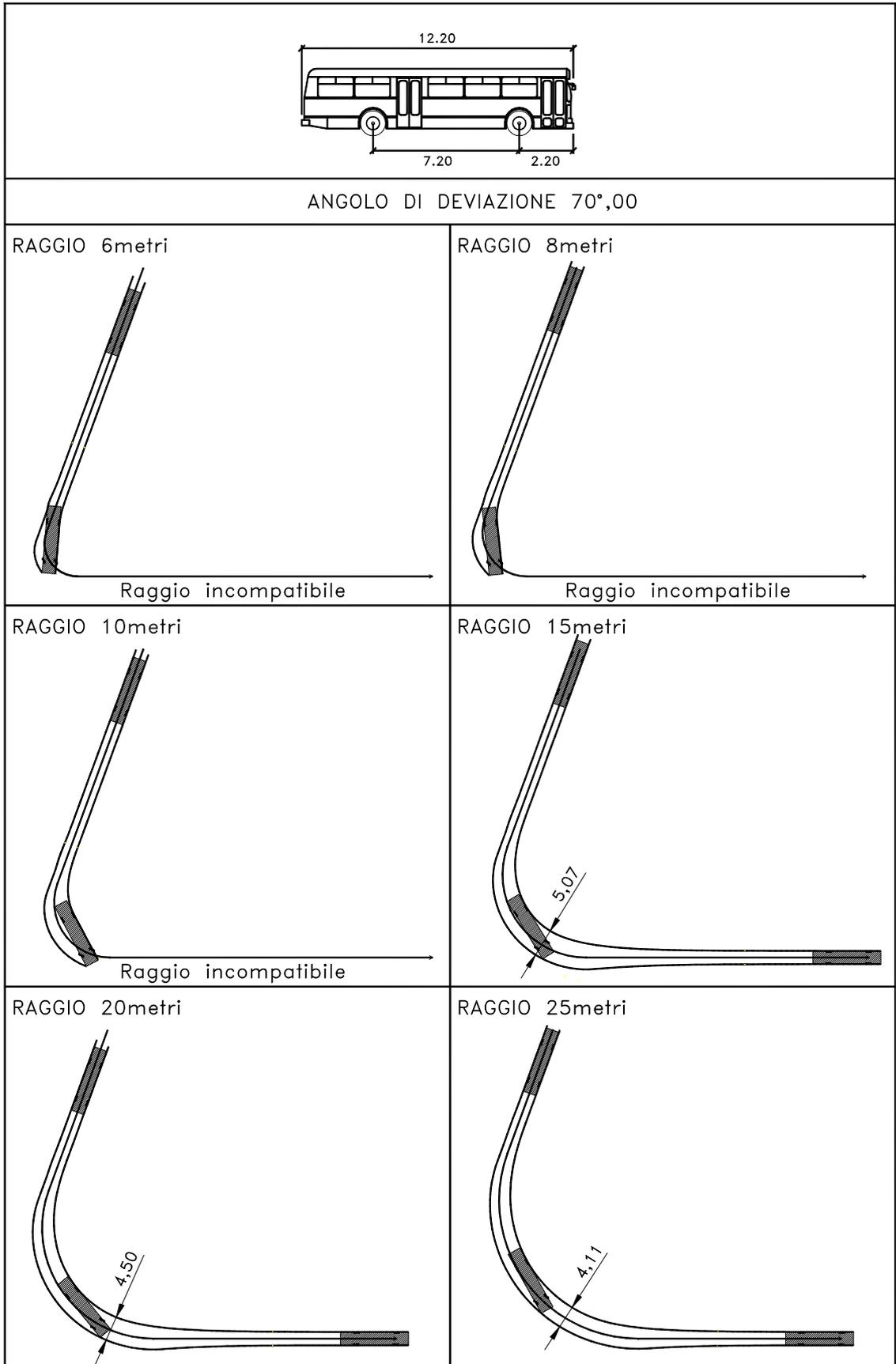


fig. 5.10.a

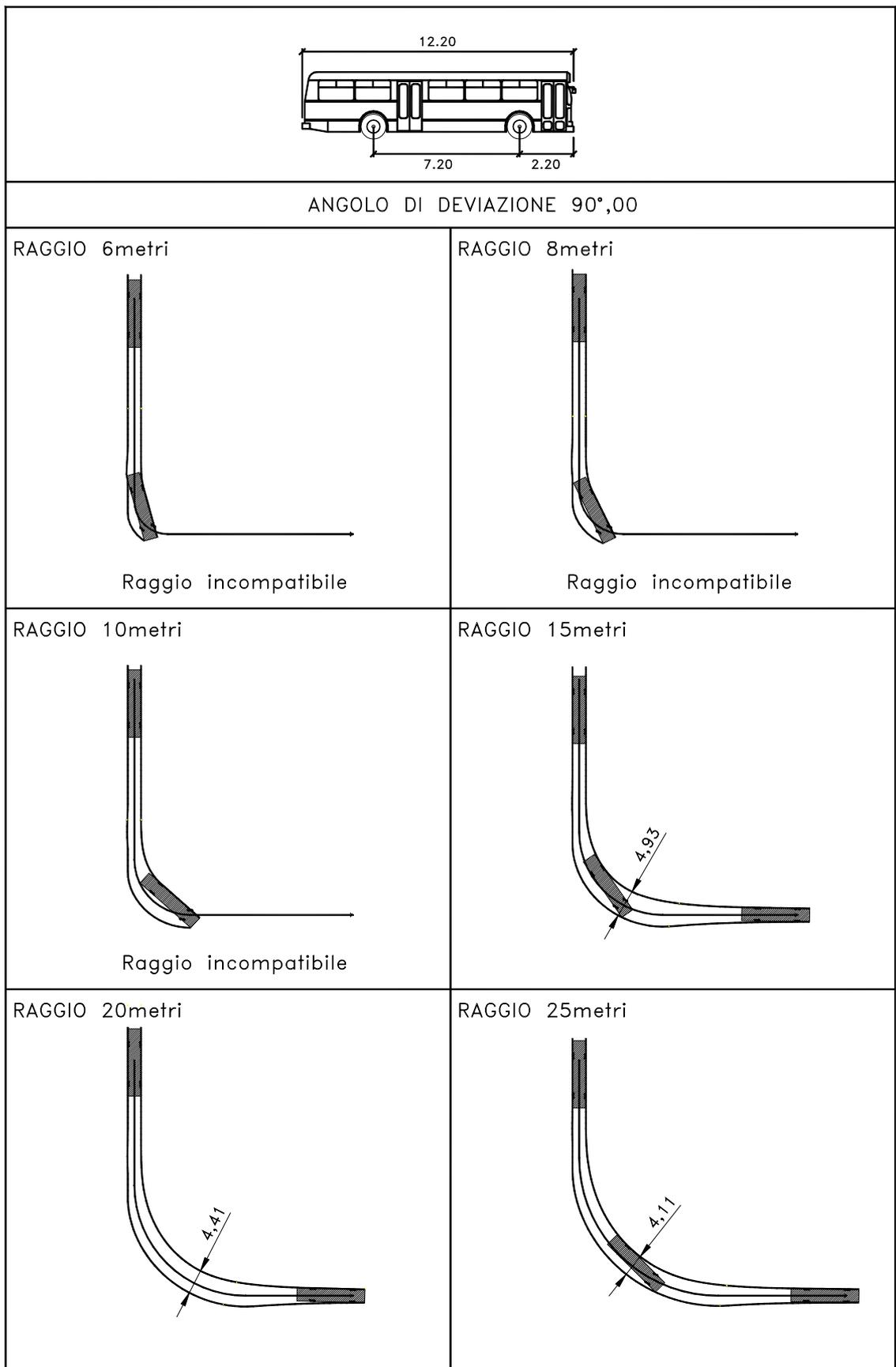


Fig.5.10.b

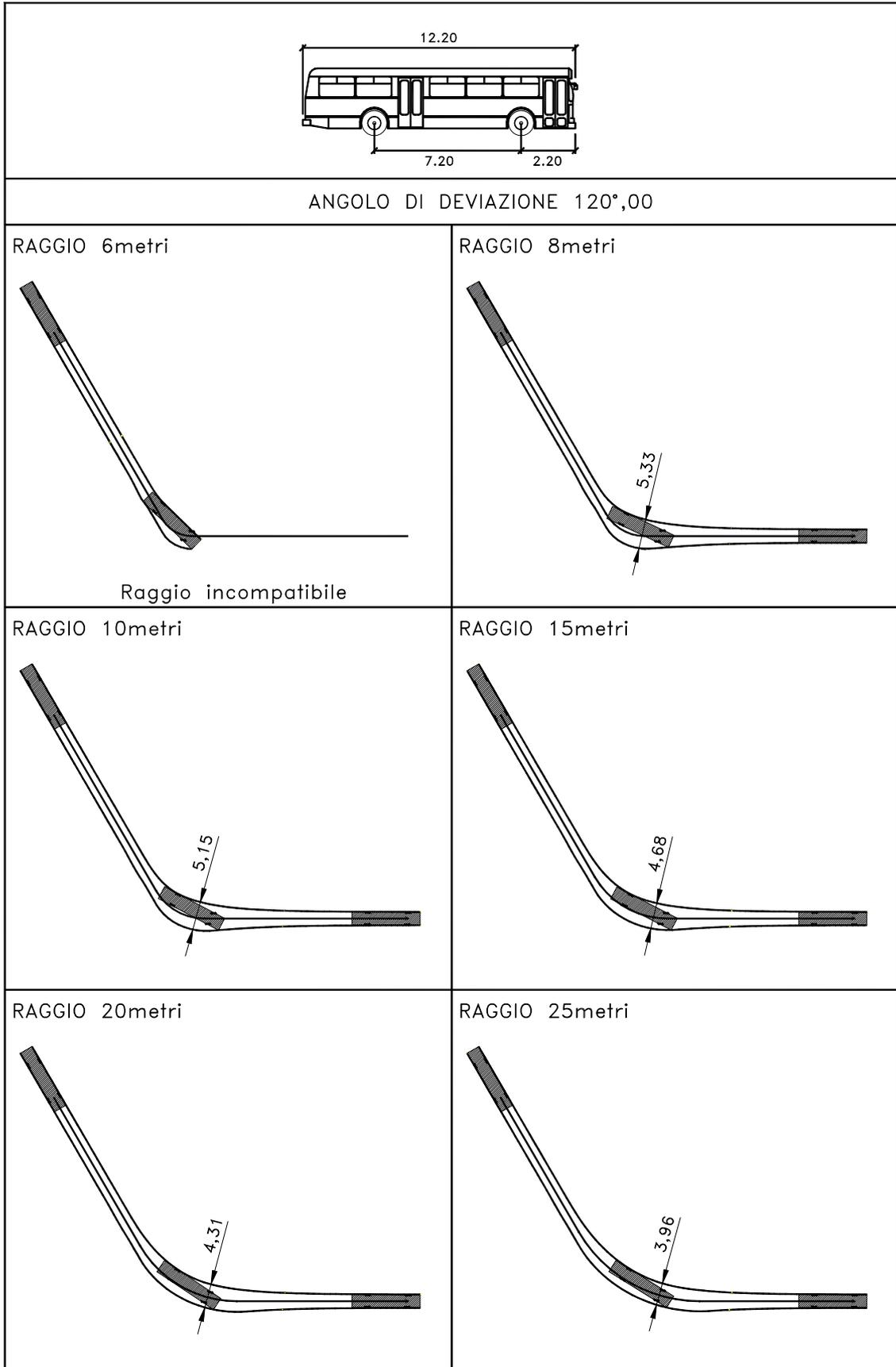


Fig.5.10.c

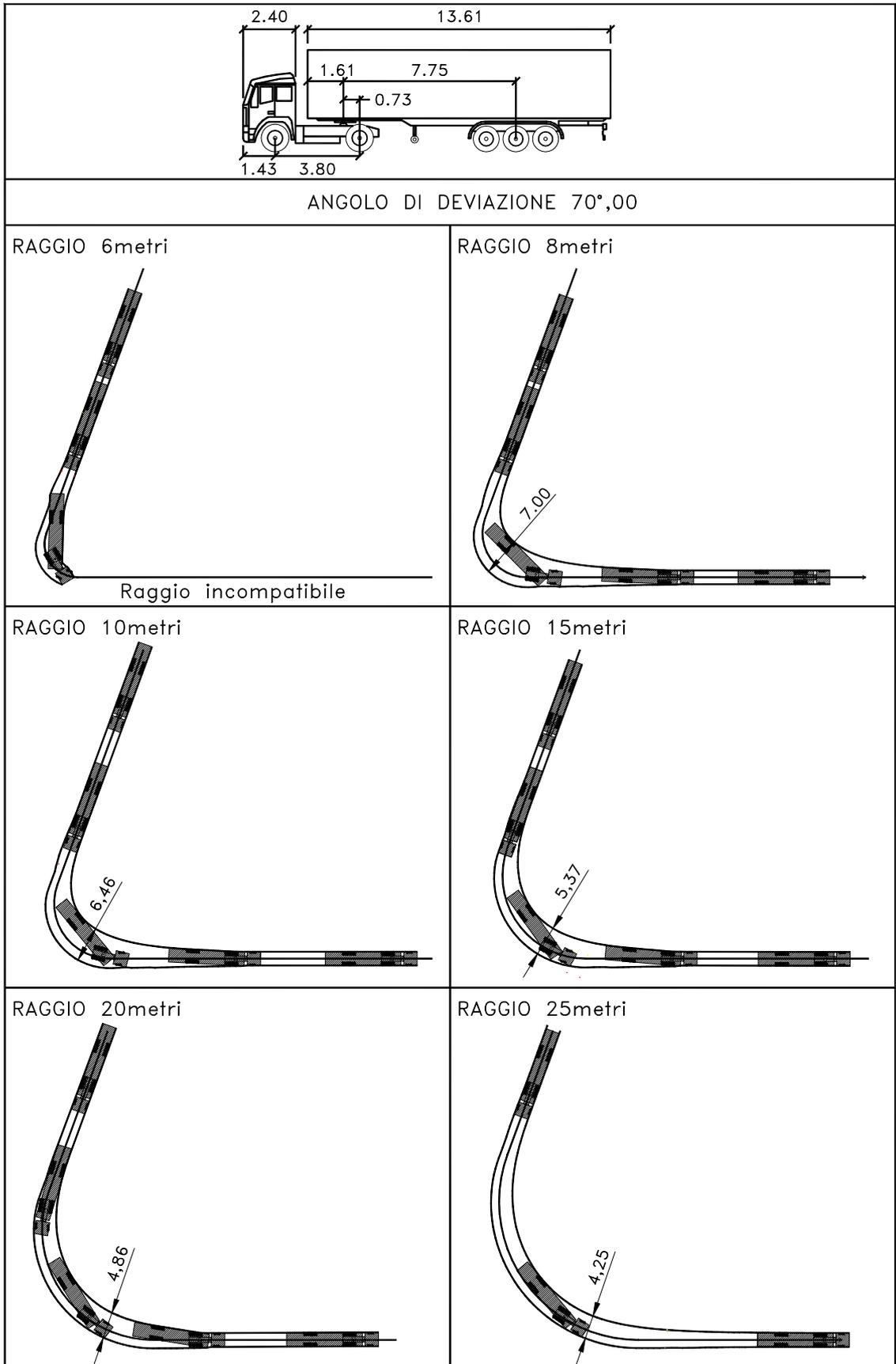


Fig. 5.11.a

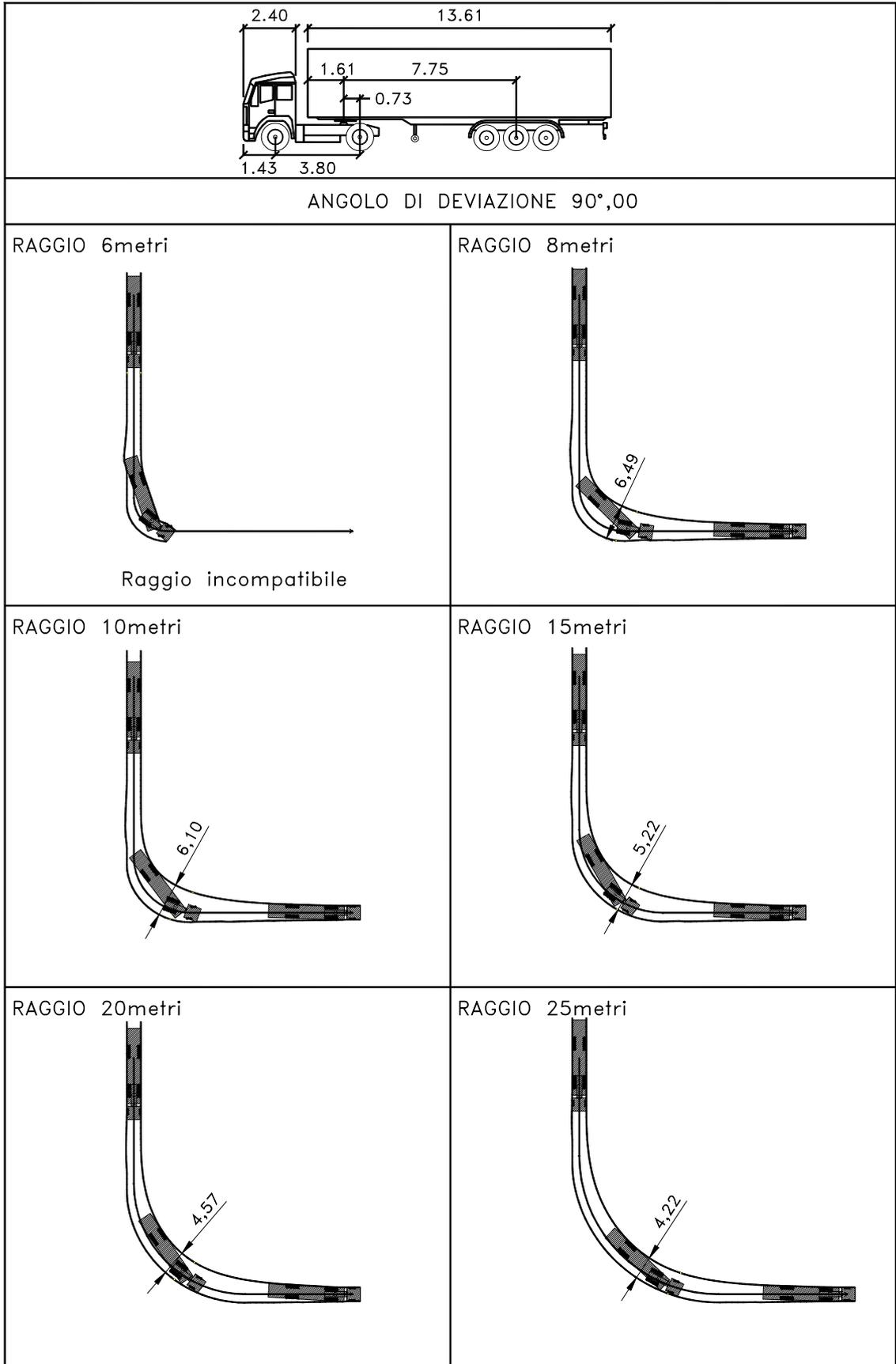


Fig.5.11.b

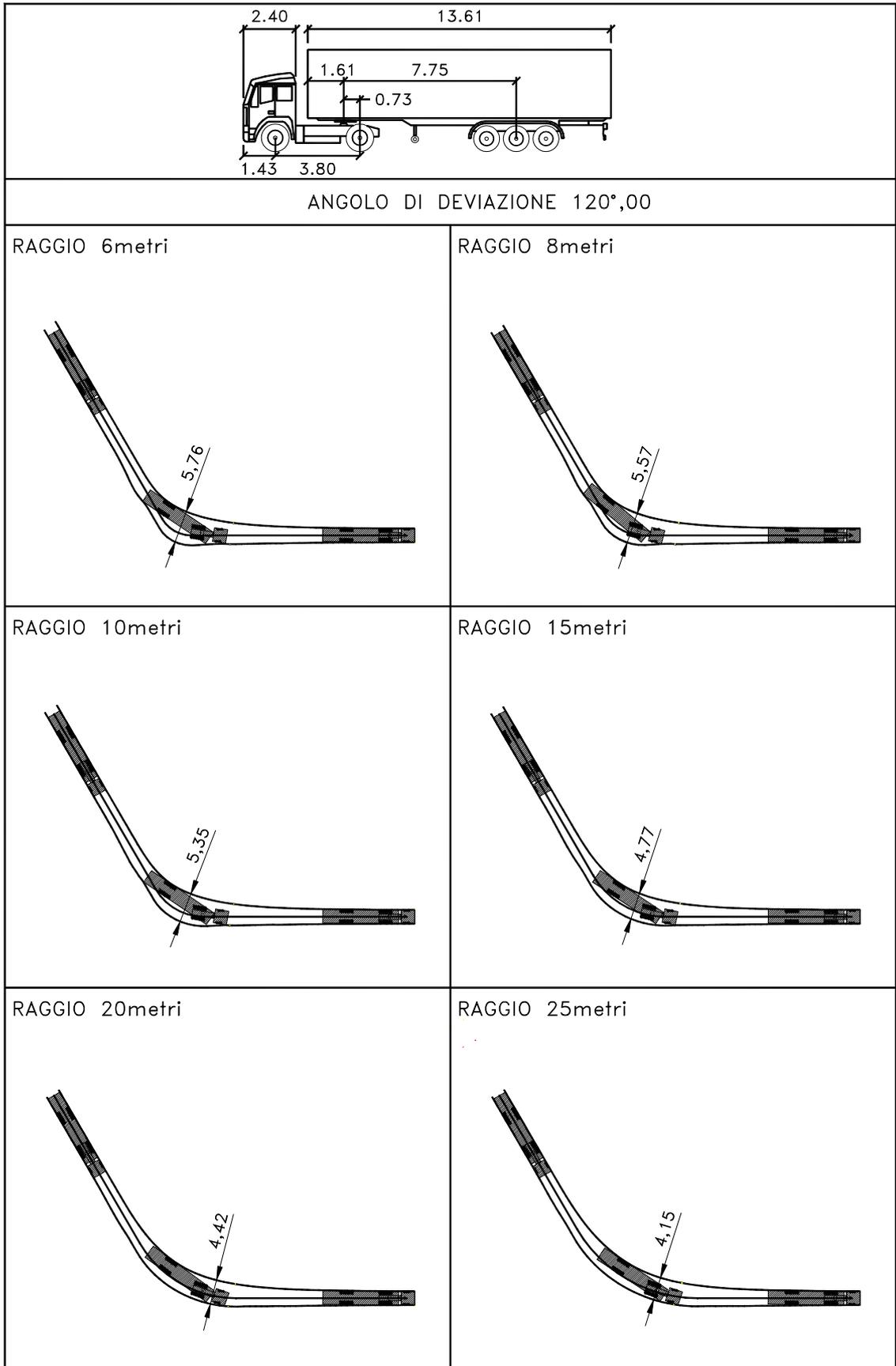


Fig. 5.11.c

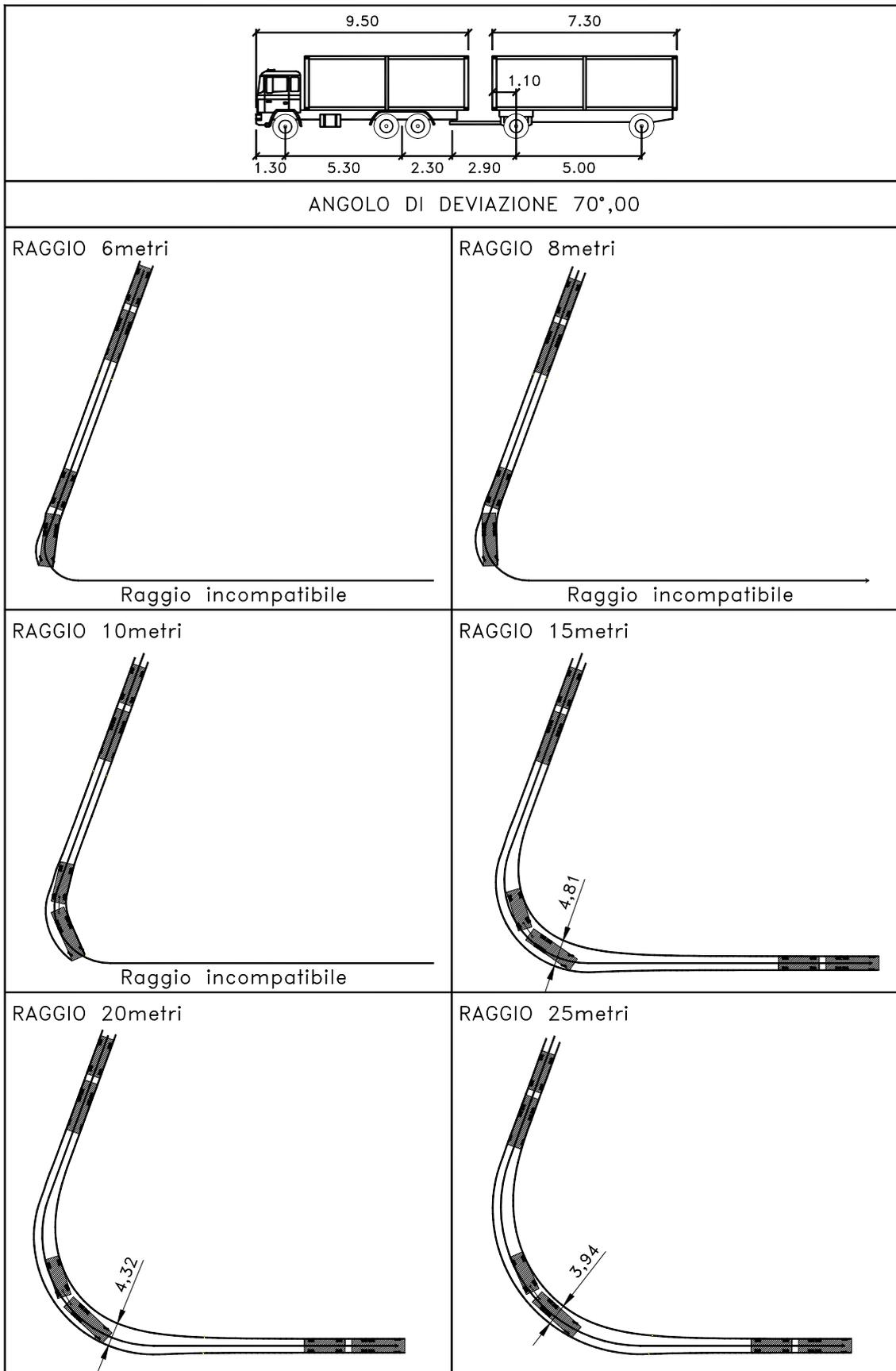


Fig. 5.12.a

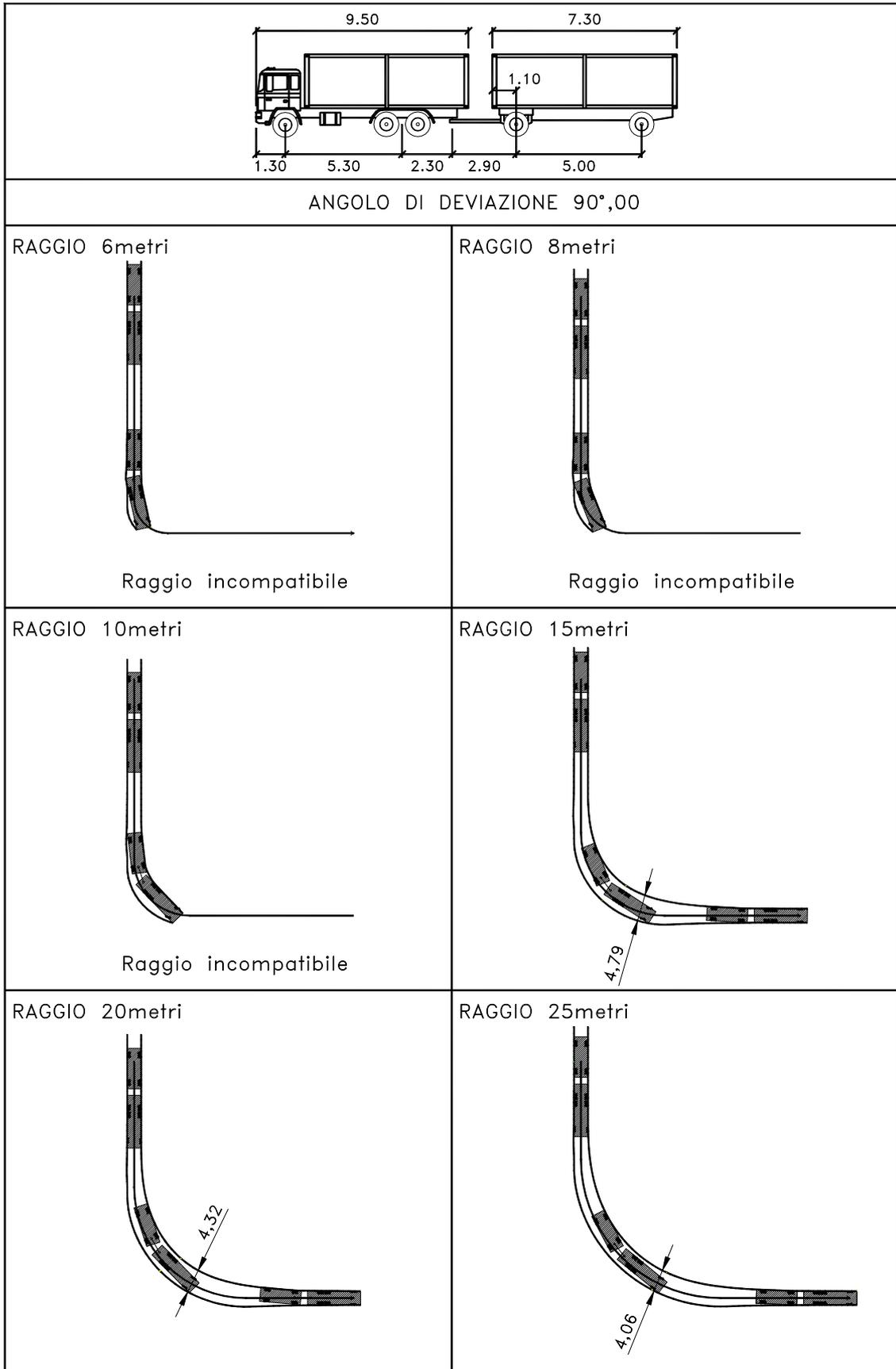


Fig. 5.12.b

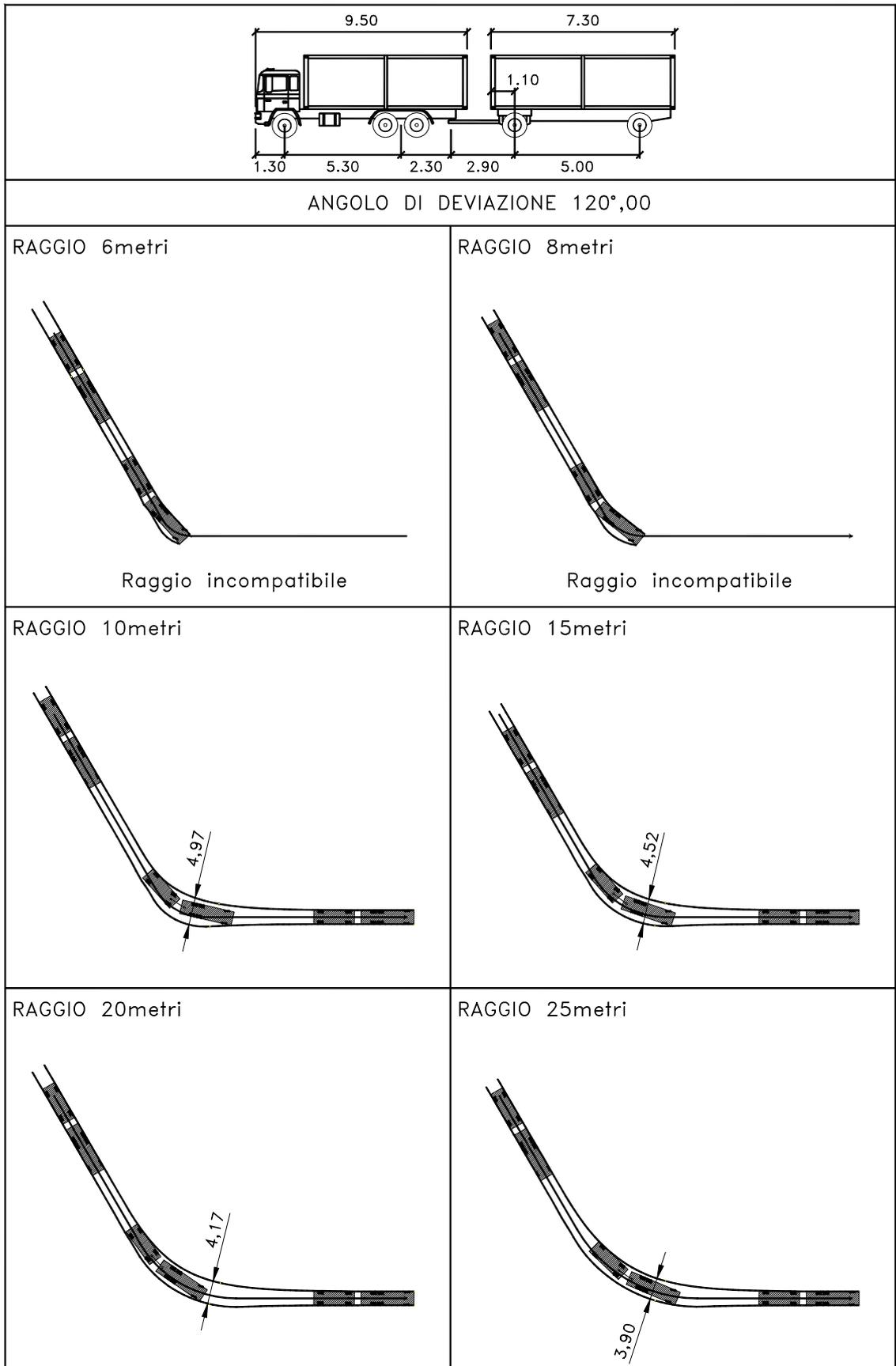


Fig. 5.12.c

5.3.2 – Isole materializzate sulle arterie secondarie

L'isola materializzata sulla secondaria ha 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.

La costruzione geometrica dell'isola a goccia sulla secondaria si basa su un triangolo definito di costruzione rispetto al quale si iscrivono i raggi di svolta a sinistra in entrata e in uscita rispetto alla principale. Il triangolo si adatta indifferentemente anche ad angolazioni non ortogonali degli assi viari confluenti (cfr. fig. 5.13).

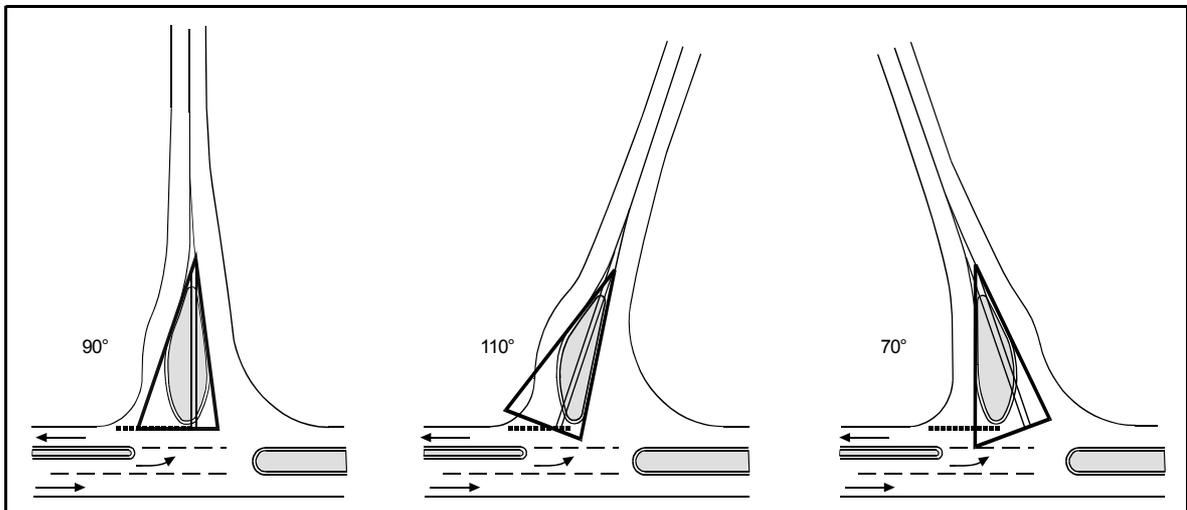


fig. 5.13 – Angolazioni del triangolo di costruzione

Le dimensioni del triangolo dipendono dalla larghezza della strada secondaria, nonché da una collocazione disassata di 0,5 m rispetto alla mezzera della secondaria che favorisce le svolte a sinistra in uscita dalla stessa (cfr. fig. 5.14). Ciò comporta una marcata

asimmetria dell'isola a goccia i cui schemi di successiva costruzione sono indicati nella fig. 5.15, relativamente ai due casi distinti di presenza o meno di isole sulla strada principale.

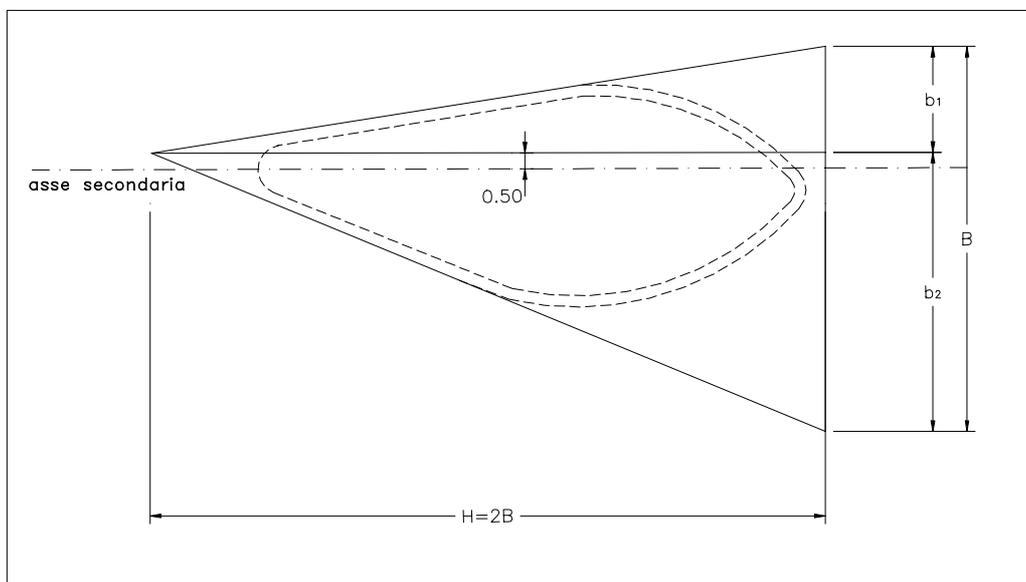


fig. 5.14 – Triangolo di costruzione

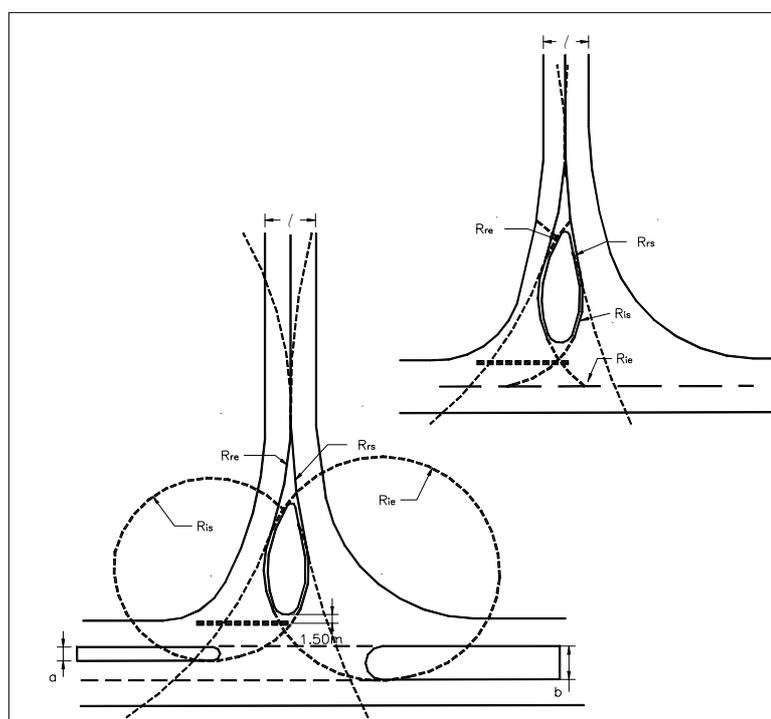


fig. 5.15 – Tracciamento isola a goccia

Gli elementi geometrici principali da definire sono i seguenti, con riferimento alle figure sopra illustrate:

- larghezza della carreggiata secondaria (l)
- altezza del triangolo di costruzione ($H = 4 l$)
- base del triangolo di costruzione ($B = H/2 = 2 l$)
- lato minore triangolo ($b_1 = 0,55 l$)
- lato maggiore triangolo ($b_2 = 1,45 l$)
- raggio uscita in sinistra ($R_{is} = 2 l + a$)
- raggio entrata in sinistra ($R_{ie} = 2 l + b$)
- raggio raccordo isola in entrata ($R_{re} = 8 l$)
- raggio raccordo isola in uscita ($R_{rs} = 16 l$)

Il progetto della intersezione parte dalla definizione geometrica rigorosa dell'isola a goccia sulla base di tali indicazioni. Poi vengono inseriti gli elementi relativi ai margini di corsia nonché alle isole accessorie direzionali, il cui inserimento va previsto preferibilmente in presenza di corsie specializzate per la decelerazione o l'immissione.

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.

Per quanto riguarda la geometria dei bordi di connessione tra la strada secondaria e la principale va adottata una curva tricentrica, asimmetrica tra i bordi di entrata ed uscita, caratterizzata dalla successione di tre circonferenze di raggio R_1 R_2 R_3 i cui valori sono intercorrelati dalla seguente relazione:

$$R_1 : R_2 : R_3 = (2 \cdot 5) : 1 : (5 \cdot 5)$$

suggerendo per R_2 valori minimi variabili tra 8,00 e 12,00 m (fig.5.16).

Inoltre:

$$\alpha + \beta + \delta = \gamma$$

$$\alpha = \delta$$

$$\beta = 5,5 \alpha$$

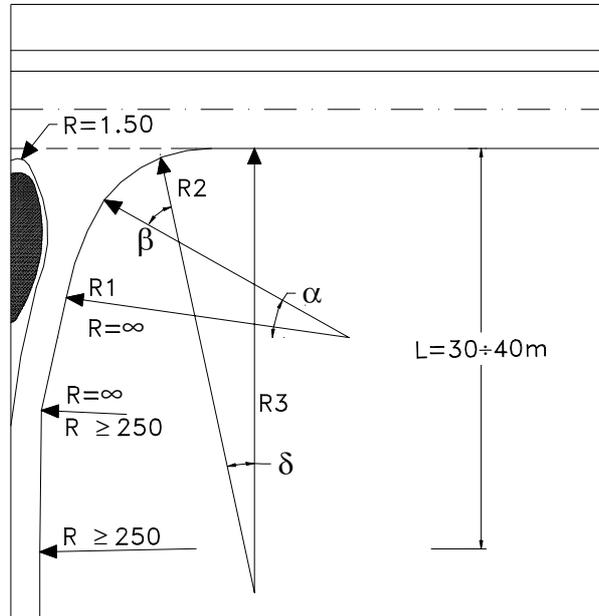


fig. 5.16 – Tricentrica di ciglio

5.3.3 – Isola direzionale triangolare

I bordi dell'isola triangolare direzionale devono seguire i bordi delle vie di circolazione; nella figura seguente (fig. 5.17) sono riportate le indicazioni per il tracciamento dell'isola triangolare:

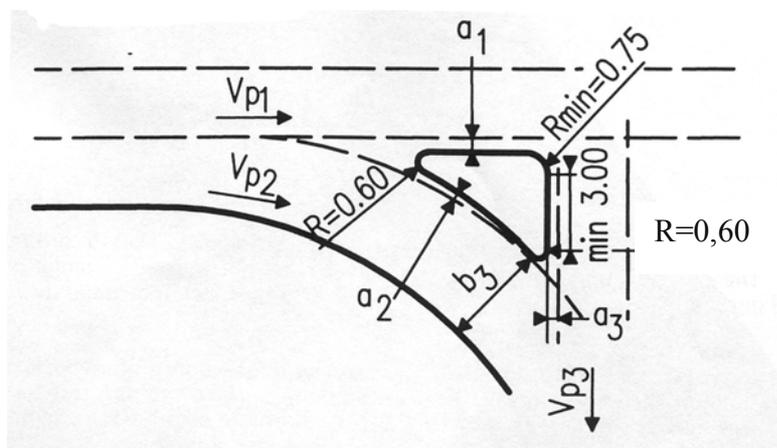


fig. 5.17

In funzione della velocità di progetto V_P (V_{P1} , V_{P2} e V_{P3}) si adotta un arretramento corrispondente a (a_1 , a_2 , a_3) dei bordi dell'isola di separazione rispetto a quelli delle vie di circolazione come segue:

- un arretramento costante a_1 e a_3 lungo le vie di circolazione rettilinee;
- un arretramento variabile lungo la corsia per la svolta a destra: tale arretramento vale a_2 all'inizio per decrescere fino ad annullarsi in corrispondenza della fine dell'isola triangolare.

Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'arretramento in funzione della corrispondente velocità di progetto:

V_P [km/h]	a [m]
< 50	0,30
50 ÷ 70	$\geq 0,40$
> 70	$\geq 0,50$

5.4 – ELEMENTI GEOMETRICI DELLE ROTATORIE

5.4.1 – Posizionamento delle rotatorie

Per ragioni di sicurezza la geometria della rotatoria deve essere facilmente leggibile: dopo aver identificato la presenza di una rotatoria, l'utente della strada deve riconoscere rapidamente i differenti elementi che la compongono: l'isola centrale, le isole separatrici dei flussi in ingresso e in uscita, l'anello centrale, i bracci di ingresso e di uscita.

Nel progettare una rotatoria, è opportuno tenere presente i punti seguenti, al fine di favorire la percezione e la leggibilità della rotatoria stessa:

- è opportuno evitare un posizionamento dell'incrocio in curva o all'uscita da una curva; in particolare la posizione dell'isola centrale è ottimale quando tutti gli assi dei bracci che confluiscono nella rotatoria passano per il centro della rotatoria stessa. Se non è possibile realizzare una configurazione di questo tipo, si può permettere una leggera eccentricità verso destra, mentre è da evitarsi che la direzione del braccio induca un ingresso tangenziale (fig. 5.18)

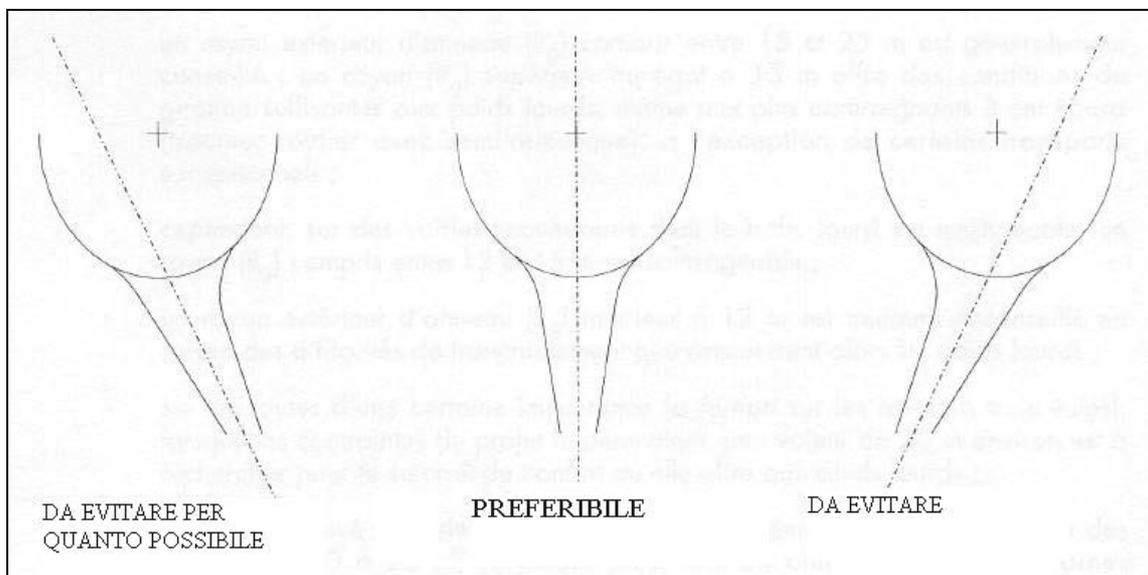


fig. 5.18

- è opportuno escludere una configurazione dell'approccio alla rotatoria in "curva e contro-curva";
- è opportuno non posizionare dei filari di alberi lungo i bracci di accesso alla rotatoria che possono dare l'illusione di continuità dell'itinerario;
- è da escludere un'isola centrale di forma non circolare;
- è da escludere un anello di larghezza variabile;
- è da escludersi una pendenza dell'anello circolare verso l'interno della rotatoria;
- è da evitare la presenza di una corsia specializzata per la svolta a destra sull'anello.

5.4.2 – Dimensioni generali e geometria delle rotatorie

Si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna:

- rotatorie convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m;
- rotatorie compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m;
- mini rotatorie con diametro esterno compreso tra 14 e 25 m.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso fra 25 e 18, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordure non sormontabili dell'isola centrale (cfr. figg. 5.19 e 5.20).

In linea generale è conveniente generalizzare, per tutte le rotatorie, la priorità di circolazione nell'anello rispetto ai bracci, e pertanto i veicoli che transitano sulla corona giratoria devono avere la precedenza sugli altri in entrata. E' quindi importante prevedere una attrezzatura segnaletica sia orizzontale sia verticale che elimini ogni possibile dubbio sul diritto di precedenza dei veicoli all'interno della corona.

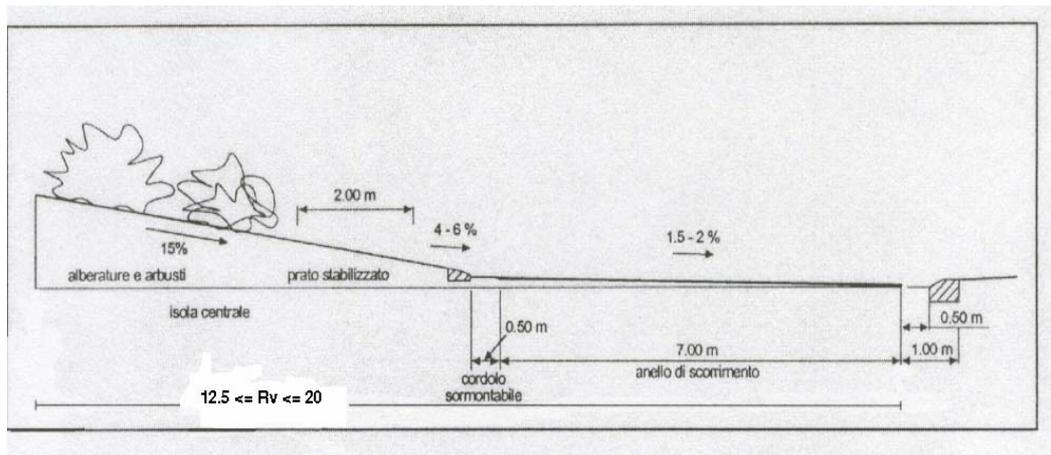


fig. 5.19 – Isola centrale per rotonda compatta

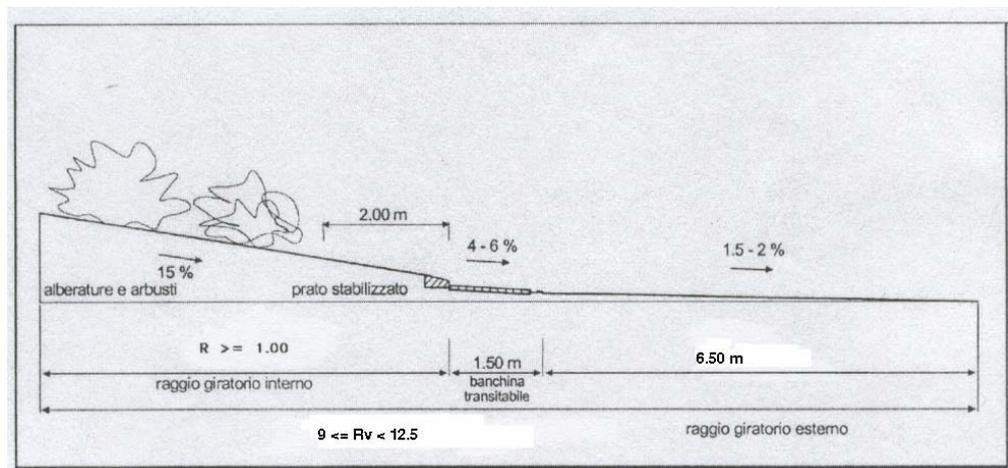


fig. 5.20 – Isola centrale di minirotonda

In base alla classificazione delle intersezioni riportata al cap. 3 la previsione di adozione di mini rotonde viene limitata agli incroci tipo F/F delle strade locali extra-urbane, mentre le rotonde compatte sono consentite per gli incroci tipo C/C, C/F, F/C.

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

Si definisce in particolare deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita (cfr. fig. 5.21). Tale raggio non deve superare i valori di 100 m; è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

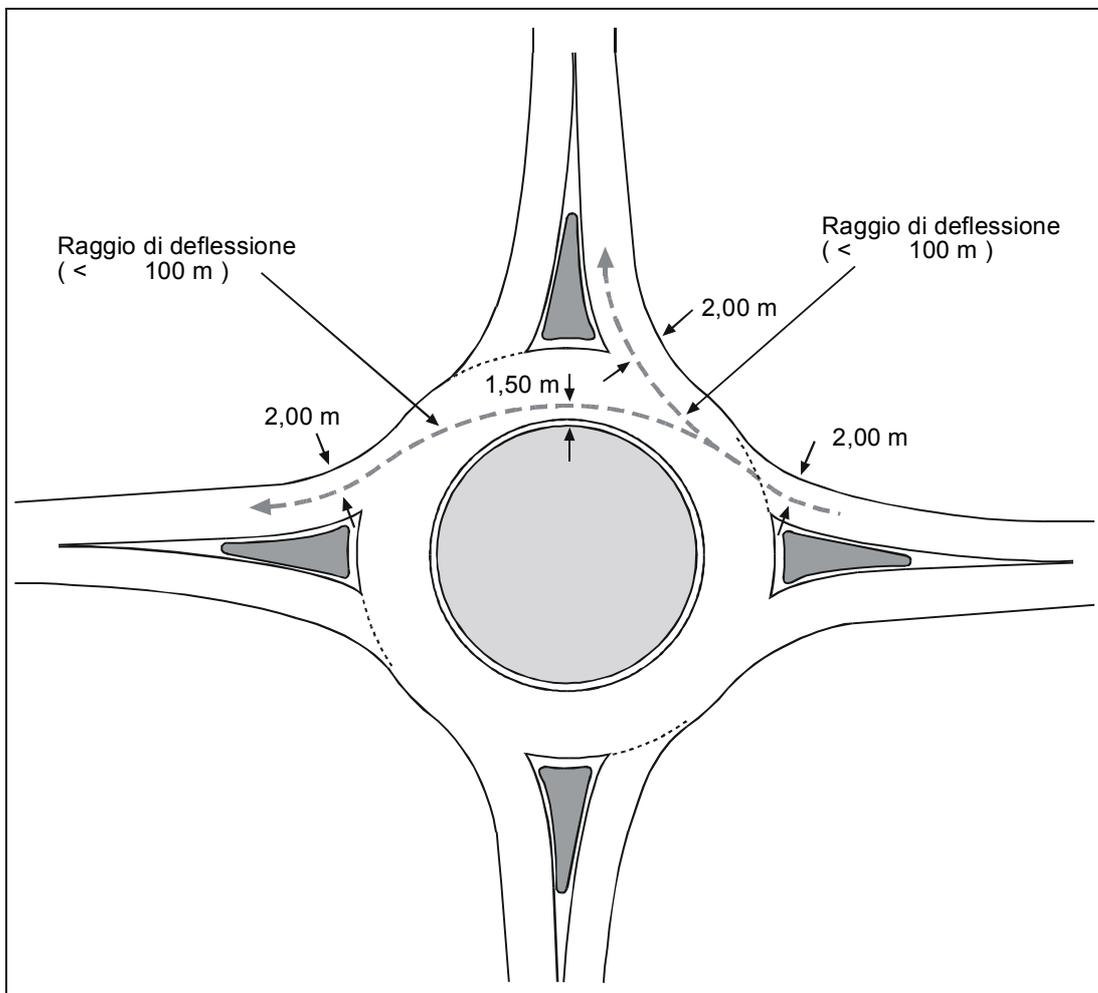


fig. 5.21 – Deflessione della rotatoria

La regola della deflessione va adottata sia per le minirotaatorie sia per quelle compatte. Questa esigenza si traduce nel fissare dei valori minimi per l'angolo β (vedi fig. 5.22). Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β . Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata $R_{e,2}$ un incremento b

pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione β di almeno 45° .

Gli elementi geometrici principali sono riportati in figura 5.22; di seguito si riportano i valori di alcuni di questi elementi; per quelli qui non trattati esplicitamente si può riferimento ai paragrafi successivi, in cui si riportano sia le indicazioni per il tracciamento delle isole separatrici site in corrispondenza delle corsie di entrata e uscita nella corona giratoria sia la larghezza degli elementi che costituiscono la rotatoria.

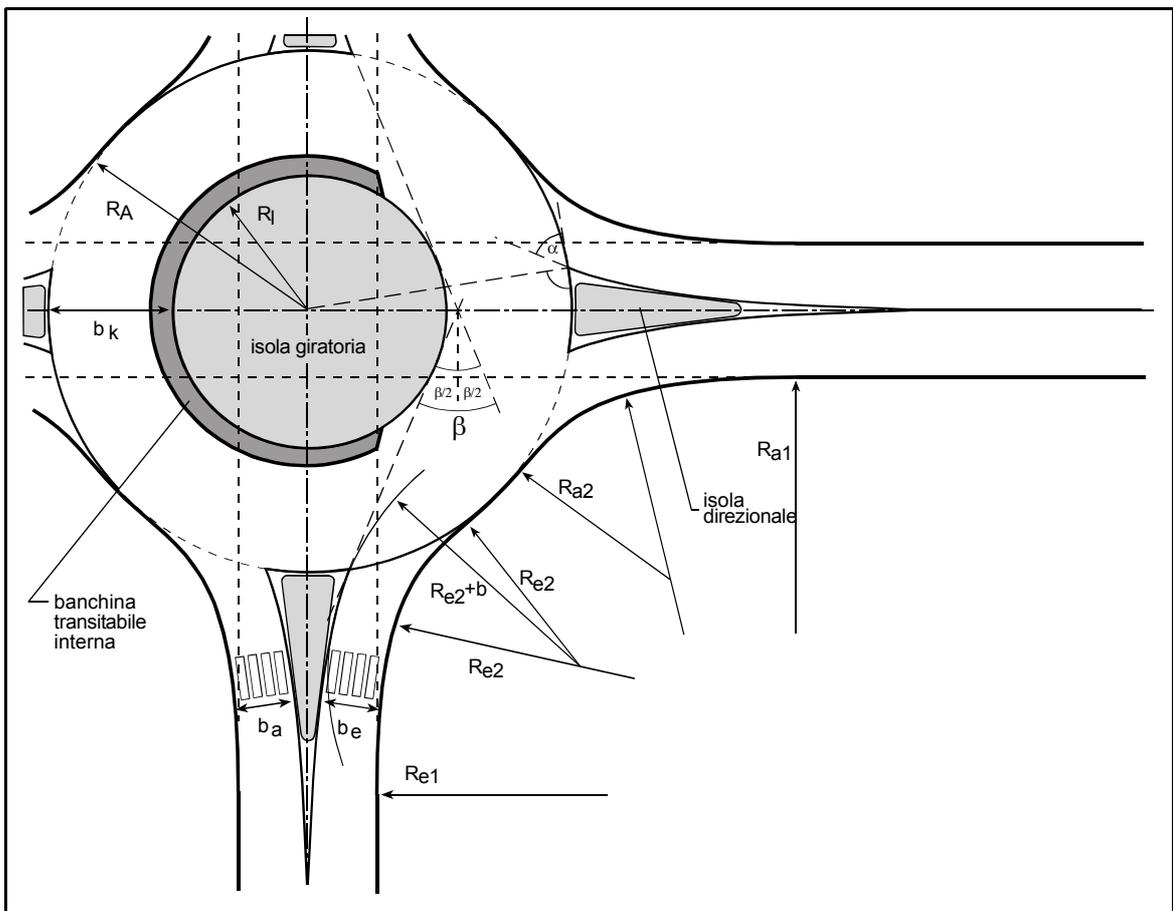


fig. 5.22 – Elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie

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

$R_{e,1,2}$ – Il ciglio destro della carreggiata di ingresso è raccordato con il ciglio esterno dell'anello di circolazione centrale per mezzo di un raccordo costituito da due archi di cerchio.

Per i raggi di entrata $R_{e,1}$ ed $R_{e,2}$ si adottano i seguenti valori:

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

α – L'angolo di entrata α rappresenta l'angolo tra la direzione di ingresso (individuata dalla tangente al ciglio sinistro della carreggiata di ingresso) e la tangente all'anello di circolazione. Tale angolo deve assumere valori pari a $80^\circ \div 90^\circ$ per evitare velocità elevate e il mancato rispetto della precedenza; se non si possono evitare angoli di entrata minori di 70° è opportuno, per ragioni di sicurezza, realizzare una deviazione ben marcata per mezzo di un angolo $\beta > 45^\circ$.

$R_{a,1,2}$ – Il ciglio destro dell'anello di circolazione è raccordato con il ciglio della carreggiata del braccio per mezzo di un raccordo di uscita. In analogia con quanto detto per il raccordo di entrata, la geometria del bordo di connessione è costituita da due archi di cerchio. Per i raggi di uscita $R_{a,1}$ ed $R_{a,2}$ si adottano i seguenti valori:

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

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

5.4.3 – Sistemazione delle isole di separazione

L'isola di separazione deve essere contornata da un ciglio non sormontabile sagomato, preferibilmente retro-riflettente. Il tracciamento delle strisce di demarcazione va effettuato ad una distanza pari a 0,50 m dai i bordi dell'isola separatrice. Il colore della superficie dell'isola separatrice deve essere preferibilmente chiaro e deve presentare un contrasto sufficientemente elevato rispetto a quello della superficie della carreggiata.

Nella figura 5.23 sono riportate le indicazioni per il tracciamento dell'isola separatrice.

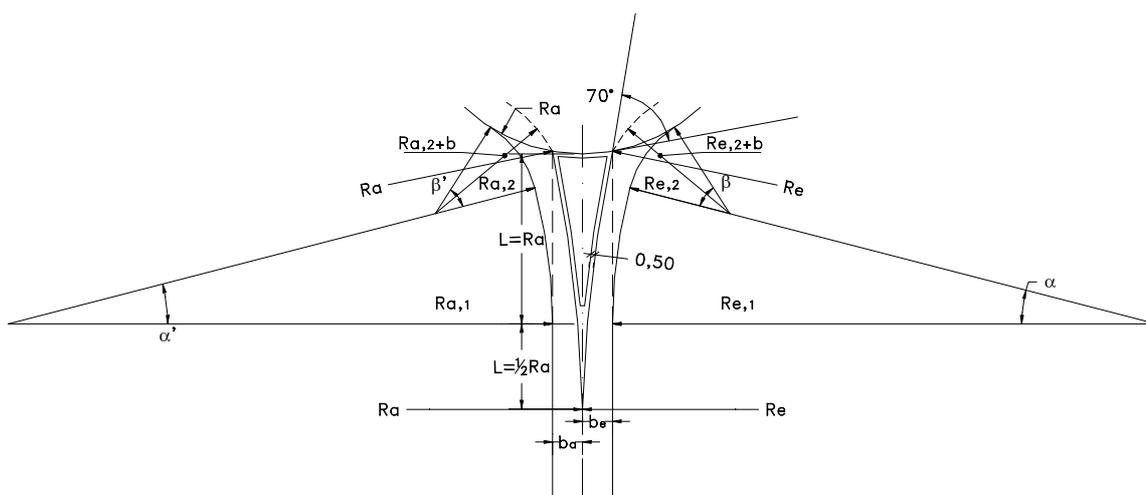


fig. 5.23

5.4.4 – Larghezza delle carreggiate

Le larghezze sono le seguenti:

- carreggiate virtuali di scambio nelle intersezioni rotatorie: si adotta un valore di 7,00 m per la corona giratoria di rotatorie compatte (diametro esterno compreso tra 25,00 e 40,00 m); un valore di 8,00 m per minirotatorie (diametro esterno compreso tra 14,00 e 25,00 m); la tabella riassume quanto appena esposto:

Elemento modulare	Larghezza corsie [m]
Corsie virtuali di scambio nelle intersezioni rotatorie per ingressi ad una corsia	6 per $D \geq 40$
	7 per $25 \leq D_{\text{esterno}} \leq 40$
	8 per $14 \leq D_{\text{esterno}} \leq 25$
Corsie virtuali di scambio nelle intersezioni rotatorie per ingressi a più corsie	8,50 ÷ 9,00 per $D \leq 40$
	9,00 per $D \geq 40$

- bracci di accesso e uscita nelle intersezioni rotatorie; si adotta un valore di 3,50 m per una corsia e 6,00 m per due corsie in entrata, mentre l'uscita dalla rotatoria è organizzata sempre su una sola corsia (vedi fig. 5.24) di larghezza 4,00 ÷ 4,50; la tabella riassume quanto appena esposto:

Elemento modulare	Larghezza corsie [m]
Bracci di accesso nelle intersezioni rotatorie	3,50 per una corsia
	6,00 per due corsie
Bracci di uscita nelle intersezioni rotatorie	4,00 per $D \leq 25$
	4,50 per $D \geq 25$

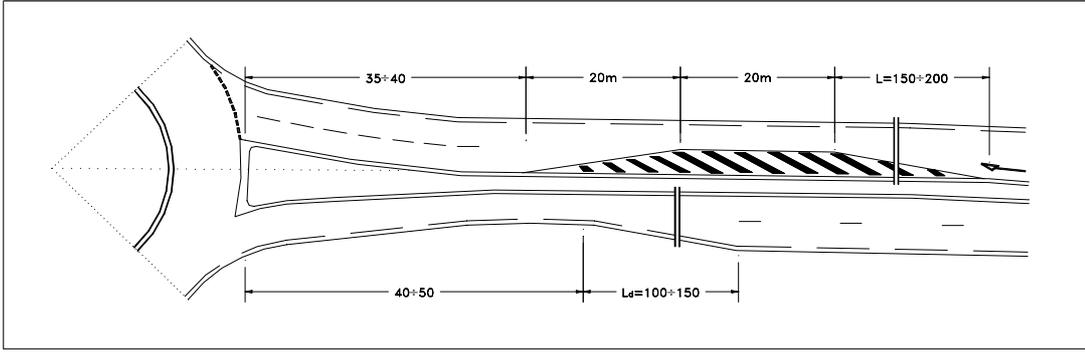


fig. 5.24

5.5 – CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEGLI ELEMENTI DELLE INTERSEZIONI A LIVELLI SFALSATI

Una volta definita la tipologia dell'intersezione a livello generale e compositivo sulla base delle indicazioni contenute nei capitoli precedenti, per individuare le caratteristiche plano-altimetriche delle rampe occorre preliminarmente stabilire l'intervallo di velocità di progetto da adottarsi per ciascuna tipologia di intersezione prevista.

L'indicazione per l'individuazione di tale intervallo è contenuta nella tab. 5.6.1 dove si abbinano le tipologie fondamentali di rampe con la classificazione già operata per le intersezioni, attribuendo gli intervalli cinematici di progetto. Nella tabella 5.6.1 sono contenute le velocità di progetto delle varie tipologie di rampe dove per velocità di progetto delle rampe si intende quella dell'elemento rampa con esclusione dei dispositivi di immissione e/o decelerazione.

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 ammissibile.

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 indicazioni di carattere prescrittivo.

tab. 5.6.1 – Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

Tipi di rampe	Incroci A/A, A/B, B/A		Incroci A/C, B/B, C/A, C/B	
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 uscita	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata	30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h		40-70 km/h	

I parametri fondamentali per il disegno geometrico delle rampe sono indicati nella tab. 5.6.2. 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 sono ammessi valori fino all'10% per gli incroci meno importanti e fino al 6% per quelli caratterizzati dai migliori indici prestazionali.

La sagoma trasversale conferma il valore minimo del 2,5% per il deflusso dell'acqua meteorica, e si ritiene di mantenere la pendenza massima al 7%.

tab. 5.6.2 – Caratteristiche planoaltimetriche delle rampe

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max salita	(%)	10	7,0		5,0		
Pendenza max discesa	(%)	10	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	(%)	7,0					
Distanza di visuale minima	(m)	25	35	50	70	90	115

Per quanto concerne inoltre gli elementi accessori delle carreggiate per le intersezioni a livelli sfalsati il disposto normativo prevede la necessità del costante inserimento, lungo le arterie di tipologia A, B, delle corsie laterali di immissione e decelerazione, illustrate nei paragrafi successivi 5.6.1 e 5.6.2.

Nelle pagine seguenti si mostrano gli schemi geometrici delle rampe di immissione e di decelerazione (fig. 5.25(a,b) e 5.26(a,b)), distinguendo fra flussi disposti su una o due corsie, sia nel caso di rampe di immissione sia nel caso di rampe di decelerazione.

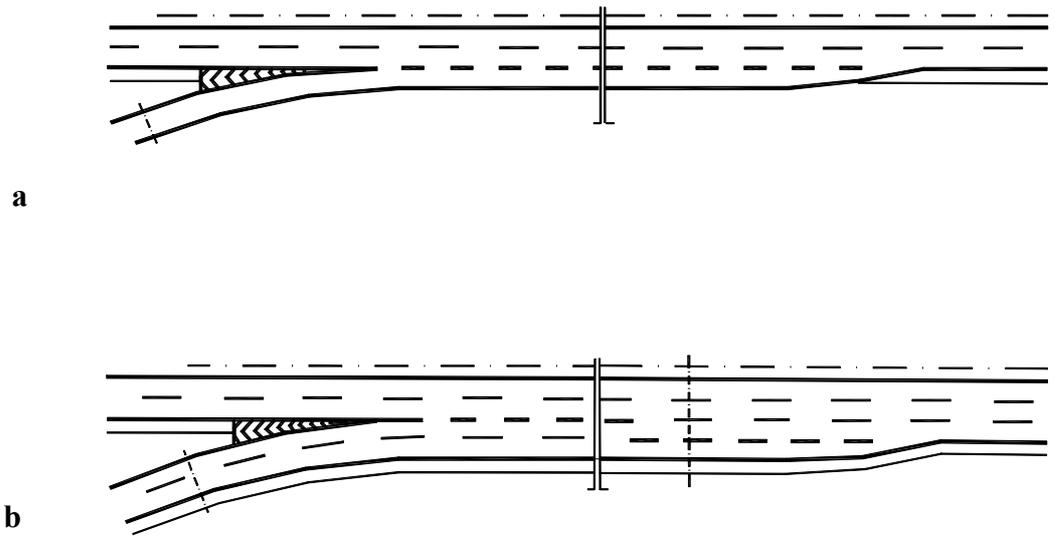


fig. 5.25 (a,b) – Schema geometrico delle rampe di immissione

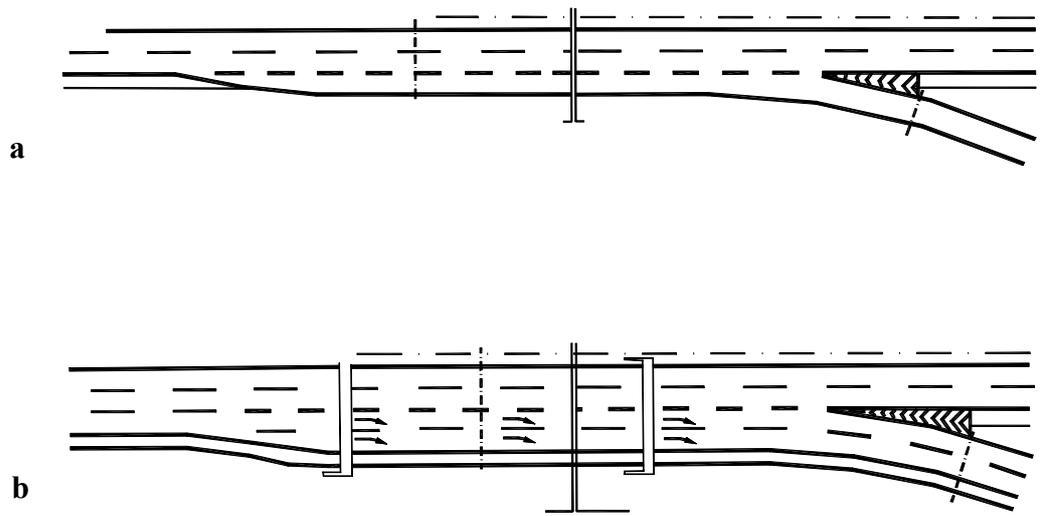


fig. 5.26 (a,b) – Schema geometrico delle rampe di decelerazione

In alternativa allo schema della figura 5.26a si può adottare lo schema seguente di figura 5.27 in cui la decelerazione avviene su un tratto a curvatura variabile.

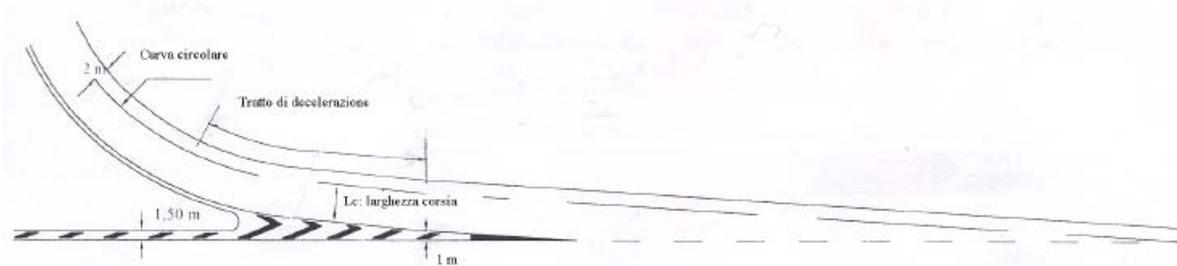


fig. 5.27

5.5.1 – Larghezza delle corsie

Le larghezze dei dispositivi aggiuntivi da inserire sulla strada principale per l'effettuazione di svolte a destra o a sinistra sono le seguenti:

- corsie specializzate di uscita e di immissione; si adottano i valori seguenti in funzione del tipo di strada:

Strade extraurbane		Strade urbane	
Tipo di strada principale	Larghezza corsie [m]	Tipo di strada principale	Larghezza corsie [m]
A	3,75	A	3,75
B	3,75	D	3,25

- rampe monosenso; si adotta il valore di 4,00 m;
- rampe bisenso; si adotta il valore di 3,50 m; la tabella riassume quanto appena esposto:

Tipo di strada		1 corsia [m]	2 corsie [m]
Urbane locali		3,25	6,00
Urbane di quartiere		3,50	6,00
Extraurbane	Locali	4,00	--
	Secondarie		

5.5.2 – Lunghezze dei tratti specializzati

5.5.2.1 – Elementi da dimensionare longitudinalmente in base ai flussi di traffico

I nomogrammi del precedente cap. 4 consentono di determinare le lunghezze da adottare per le seguenti componenti elementari delle intersezioni:

- corsie di immissione per incroci a livelli sfalsati; vengono impostate come le corrispondenti a raso con obbligo di intero sviluppo complanare e parallelo rispetto alla corsia di inserimento finale, nonché di un eventuale tratto aggiuntivo da destinarsi all'incremento della velocità di percorrenza rispetto ai valori di uscita dalle rampe curvilinee, qualora inadeguati ai limiti cinematici imposti dall'inserimento nel flusso.

5.5.2.2 – Elementi da dimensionare longitudinalmente con criteri cinematici

Le componenti progettuali da modulari da dimensionare in via cinematica sono le seguenti:

- corsie di decelerazione per incroci a livelli sfalsati. Si adottano i medesimi criteri illustrati per gli analoghi elementi degli incroci a raso. In caso di rampa curvilinea a raggio decrescente, con tratti di spirale o con curva continua, si conferma la necessità di sviluppare almeno metà della lunghezza L di decelerazione in complanarità e parallelismo con la corsia di provenienza della manovra;
- tratti di accelerazione in corsie di immissione; sono presenti quando la velocità di uscita dalle rampe curvilinee di interconnessione risulta sostanzialmente inferiore al campo cinematico di immissione nella corrente veicolare di destinazione. Per v_1 si assume la velocità di progetto della strada in cui ci si immette, determinata dai diagrammi di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001; per v_2 la velocità compatibile con l'ultima curvatura della rampa di provenienza, per a un valore di 1 m/s^2 .

5.5.2.3 – Elementi da dimensionare longitudinalmente con criteri geometrici

A. Corsie di immissione negli incroci a livelli sfalsati.

La lunghezza del tratto di raccordo nelle corsie di immissione si determina in funzione della velocità di progetto sulla base della tabella seguente:

Velocità di progetto V_p [km/h]	Lunghezza del tratto di raccordo [m]
$V_p > 80$ km/h	75
$V_p \leq 80$ km/h	50

Il tracciamento del bordo per i tratti suddetti si effettua secondo la conformazione della figura 5.28:

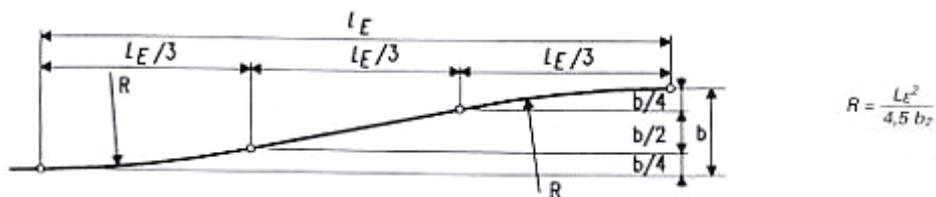


fig. 5.28

B. Corsie di decelerazione negli incroci a livelli sfalsati.

La lunghezza del tratto di raccordo in una corsia di decelerazione si determina in base alla velocità di progetto secondo la tabella seguente:

Velocità di progetto V_p [km/h]	40	60	80	100	120
Lunghezza del tratto di raccordo [m]	---	40	60	75	90

Il tracciamento del bordo per i tratti suddetti si effettua secondo la conformazione della figura 5.29 seguente:

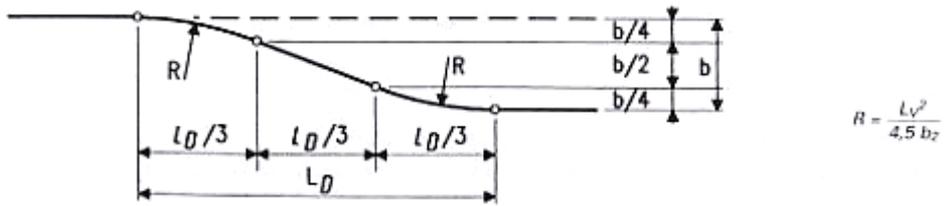


fig. 5.29

5.6 – PERCORSI PEDONALI E CICLABILI

La normativa finora considerata ha dedicato la propria attenzione al traffico motorizzato ordinario costituito in prevalenza da autovetture con una presenza comunque significativa di veicoli pesanti; sia le condizioni geometriche sia i parametri di deflusso delle correnti di traffico hanno congiuntamente considerato le esigenze generali di tali categorie di utenti.

Nell'ambito della carreggiata stradale sono previsti dalla normativa spazi specializzati destinati al traffico minore; infatti viene riservata a percorsi pedonali e piste ciclabili una presenza progettuale non occasionale tra le sezioni tipo caratterizzanti le varie arterie classificate. In particolare per le categorie stradali più elevate (A, B) la previsione di piste ciclabili rientra nelle attrezzature della viabilità laterale di servizio, mentre per le altre categorie tali spazi afferiscono a complementi dell'arteria principale.

Poiché risulta indispensabile che nei nodi viari venga mantenuta sicurezza e continuità di circolazione a tutte le categorie veicolari coinvolte nell'interscambio è necessario che la normativa sulle intersezioni affronti, anche i temi specifici degli approntamenti dedicati agli utenti più esposti quali appunto pedoni e ciclisti.

5.6.1 – Le utenze deboli in fase di progettazione e di esercizio

Il tema delle utenze deboli, rappresentate dal complesso di pedoni e due ruote, deve costituire uno specifico argomento di verifica e approfondimento tecnico fin dalle prime fasi di ideazione progettuale, conferendo alla relativa trattazione la dignità e l'importanza di un "progetto nel progetto". Non è difatti possibile confinare i percorsi pedonali e ciclabili tra gli argomenti complementari risolvibili con provvedimenti localizzati dopo aver definito lo schema generale di risoluzione del nodo viario.

Fin dalla fase del progetto preliminare le aree destinate ai flussi delle utenze deboli vanno verificate in base a tre principali elementi di valutazione:

- la diffusione e l'idoneità dei percorsi pedonali e ciclabili in relazione sia all'entità dei singoli attraversamenti sia in rapporto alla congruenza delle attrezzature per le

utenze deboli, in relazione alle traiettorie spontanee di presenza e mobilità minore all'interno del nodo viario;

- la visibilità diurna e notturna degli attraversamenti per le utenze deboli, da valutarsi nella duplice ottica sia dei conducenti in arrivo nella zona di incrocio sia dei pedoni e ciclisti per il tempestivo avvistamento dei veicoli sopraggiungenti dalle varie direzioni;
- l'estensione dei tratti in attraversamento al fine di valutare la opportunità di frazionare i percorsi all'interno del nodo viario, favorendo la creazione di zone protette mediante realizzazione di isole di traffico sopraelevate.

In linea più generale, dal progetto preliminare deve emergere una specifica valutazione sul funzionamento pedonale e ciclabile dell'intera zona di intersezione, in modo da escludere la possibilità di determinare presenze sistematiche o occasionali di utenze deboli al di fuori dei tratti specifici destinati progettualmente all'attraversamento. Come pure deve emergere una precisa valutazione sulla necessità di dotare il nodo di piste ciclabili, anche in assenza di analoghe attrezzature nei rami di approccio, con interventi finalizzati per pavimentazioni differenziate.

In sede di progetto definitivo, nonché esecutivo, le opzioni per le utenze deboli assunte in sede di progettazione preliminare devono trovare ulteriore approfondimento di risoluzione tecnica per le seguenti problematiche specifiche, la cui rilevanza emerge soprattutto in aree urbanizzate:

- l'introduzione di isole spartitraffico, con funzione di rifugio pedonale o di protezione di itinerari ciclabili, deve venir valutata per ogni attraversamento previsto in relazione alla larghezza della carreggiata ed ai tempi impegnati dalle utenze deboli sulla piattaforma viaria;
- le dimensioni delle isole di rifugio o di protezione vanno adeguate alle previsioni di flusso dell'utenza pedonale e alle proiezioni di ingombro trasversale e longitudinale dei mezzi a due ruote in modo da contenere nelle zone riservate l'accumulo globale delle utenze deboli;
- diversamente dalle regole esposte in ordine alla geometria delle correnti veicolari può essere conveniente collocare gli attraversamenti delle utenze deboli in

posizione anche obliqua rispetto alla direzione dei flussi, in modo da costringere i pedoni e i ciclisti ad osservare con prospettiva quasi frontale la corrente da attraversare prima di immettersi in carreggiata;

- la velocità ordinaria di approccio dei flussi veicolari agli attraversamenti per le utenze deboli deve essere controllata e moderata con vari provvedimenti (geometrici, di imbutitura, di pavimentazione, di dissuasori, ecc..) in modo da rendere compatibili i tempi di attraversamento pedonali con le distanze di reciproco avvistamento;
- l'interno ed il contorno delle aree di svincolo vanno generalmente attrezzati con la creazione di idonei itinerari pedonali, anche in assenza di marciapiedi sui rami di accesso, in modo da escludere la convenienza e la possibilità di invasioni delle corsie di scorrimento da parte dei pedoni;
- la segnaletica orizzontale e verticale espressamente destinata ai percorsi minori deve essere concepita e localizzata non soltanto per una efficace percezione da parte dei flussi veicolari, ma anche per indirizzare le utenze deboli al rispetto delle regole principali di funzionamento del nodo individuate nella progettazione;
- la visibilità di reciproco avvistamento tra i veicoli e le utenze deboli deve essere verificata in relazione a tutte le possibili schermature presenti all'interno dello svincolo in esercizio; la verifica va condotta sia in condizioni diurne sia in relazione ai valori di luminanza connessi alla illuminazione globale notturna dell'incrocio, quale derivante dall'impianto stradale e da eventuali pertinenze edilizie con valenza luminosa;
- le distanze di arresto per tutti i flussi veicolari in approccio ai punti di attraversamento vanno espressamente verificate per il campo superiore di velocità rappresentative dei flussi di traffico; ciò anche per valutare l'efficacia di eventuali interventi di limitazione cinematica.

Quanto sopra costituisce l'insieme di regole generali per tutte le intersezioni, sia in zone urbanizzate sia in aree extraurbane; uno specifico approfondimento per le attrezzature di semaforizzazione con tempi pedonali viene rinviato nel cap.6 relativo alla regolazione semaforica. Per quanto concerne in particolare le tipologie di intersezione dichiaratamente

extraurbane, e quindi con assenza di rilevanti flussi pedonali, si possono adottare soluzioni semplificate di progettazione, che vengono presentate nei paragrafi successivi.

5.6.2 – Percorsi pedonali in intersezioni a raso di tipo lineare

La ricerca della massima sicurezza va 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 vanno creati all'interno dell'area di svincolo appositi spazi protetti di rifugio dove il pedone può attendere, senza pericolo alcuno, di affrontare il successivo tratto.

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 vengono 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 velocità di percorrenza.

Nei casi in cui i flussi pedonali siano rilevanti e continuativi durante la giornata, non è più possibile impostare la sicurezza sui soli itinerari protetti, dovendo invece optare per regolazioni semaforiche in cui anche il rilievo dei movimenti di pedoni costituisca elemento per la fasatura.

5.6.3 - Percorsi pedonali in intersezioni a raso di tipo rotatorio

Nella scelta progettuale di un nodo di tipo rotatorio non si può prescindere dalla valutazione preliminare dei flussi pedonali in modo da verificare specificamente se i flussi più importanti dei pedoni si sovrappongano o meno alle punte del traffico veicolare. Come pure vanno analizzate anche le previsioni di evoluzione a medio e lungo termine attraverso l'identificazione dei punti di origine e destinazione dei flussi pedonali nell'area al contorno del nodo.

Poiché la rotatoria viene caratterizzata, nei rami di adduzione, dall'inserimento di isole divisionali tra i due sensi opposti di marcia, risulta generalmente ottenibile la separazione dell'attraversamento dei due sensi della corrente veicolare, utilizzando l'isola quale spazio di rifugio e di frazionamento dell'itinerario. Le dimensioni dei percorsi pedonali, in larghezza e lunghezza, devono essere compatibili con l'arresto negli spazi protetti di un pedone con una carrozzina.

Va realizzato un arretramento di 4-5 m del passaggio pedonale rispetto al bordo esterno dell'anello rotatorio, in modo che i pedoni possano passare dietro la prima vettura ferma in attesa di inserirsi nella corona giratoria. In tale posizione risulta inoltre più semplice migliorare la visibilità reciproca pedone – automobilista evidenziando il momento pedonale rispetto a quello veicolare.

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

Tra i provvedimenti necessari a regolare il movimento pedonale risulta essenziale che i pedoni siano dissuasi da attraversare o impegnare comunque l'anello mediante due diverse linee di intervento:

- un'elevata qualità dei percorsi pedonali lungo la corona esterna in modo da indurre i pedoni a preferire i percorsi a loro dedicati e studiati per la loro sicurezza;
- ostacoli appropriati lungo i bordi (piantagioni, vasi da fiori, paracarri, catene, ecc..) in modo da dissuadere da percorsi scomodi e avventurosi che comunque non dovrebbero essere cintati al punto da impedire comunque una via di fuga al pedone indisciplinato.

Il ricorso a sottopassi pedonali, anche in senso diametrale per facilitare l'eventuale fruibilità dello spazio verde dell'isola centrale, va considerato un intervento di natura eccezionale, per casi particolari dove le misure viabilistiche ordinarie non risultino sufficienti.

5.6.4 - Percorsi ciclabili in intersezioni a raso di tipo lineare

I criteri ispiratori per la sicurezza del traffico a due ruote 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;
- realizzazione tendenziale di attraversamenti a livelli sfalsati delle piste ciclabili rispetto alle corsie di circolazione veicolare;
- 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 residui punti di attraversamento a raso.

Ai fini di un approccio sistematico al disimpegno del traffico a due ruote è opportuno distinguere gli approntamenti progettuali per le diverse manovre possibili:

- traiettorie ciclabili passanti rispetto al nodo; i percorsi delle due ruote debbono continuare e venir segnalati nella zona di incrocio se con diritto di precedenza, mentre 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 similari. 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;

- traiettorie ciclabili con svolte a destra; provenendo dal parallelismo o dalla contiguità con la strada principale anche la pista ciclabile deve godere dei diritti di precedenza, arretrando la linea di arresto al di fuori della pista stessa. Può essere utile anche arretrare verso la secondaria il punto di svolta a destra ottenendo un attraversamento indipendente e protetto.

Gli schemi applicativi da adottarsi per le varie tipologie possibili, nei diversi casi elementari, sono indicati di seguito nelle figg. 5.30, 5.31, 5.32 e costituiscono un vero e proprio catalogo di soluzioni di massima sicurezza.

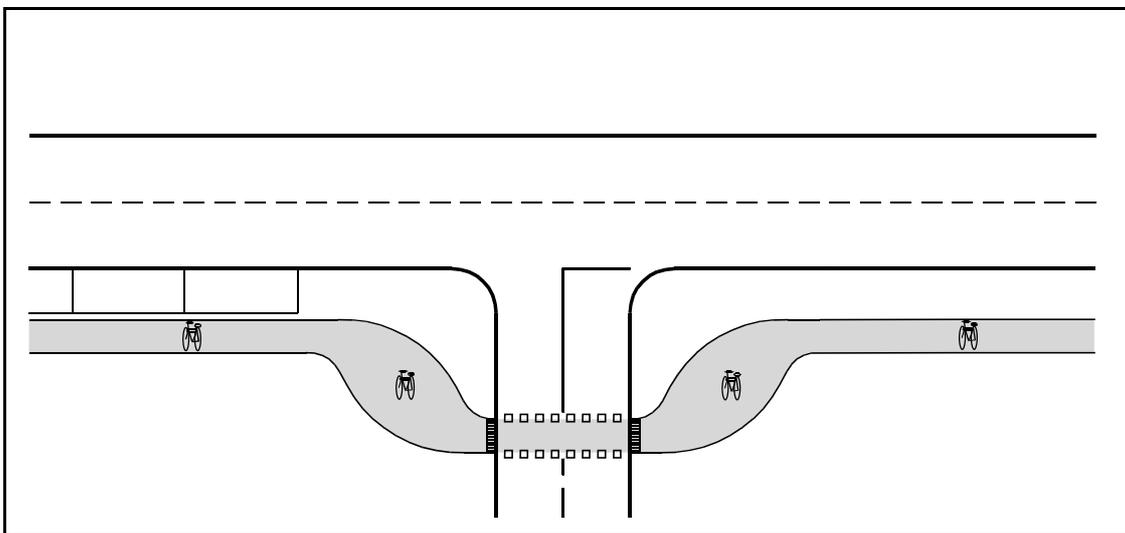


fig. 5.30 – Arretramento protetto di pista ciclabile

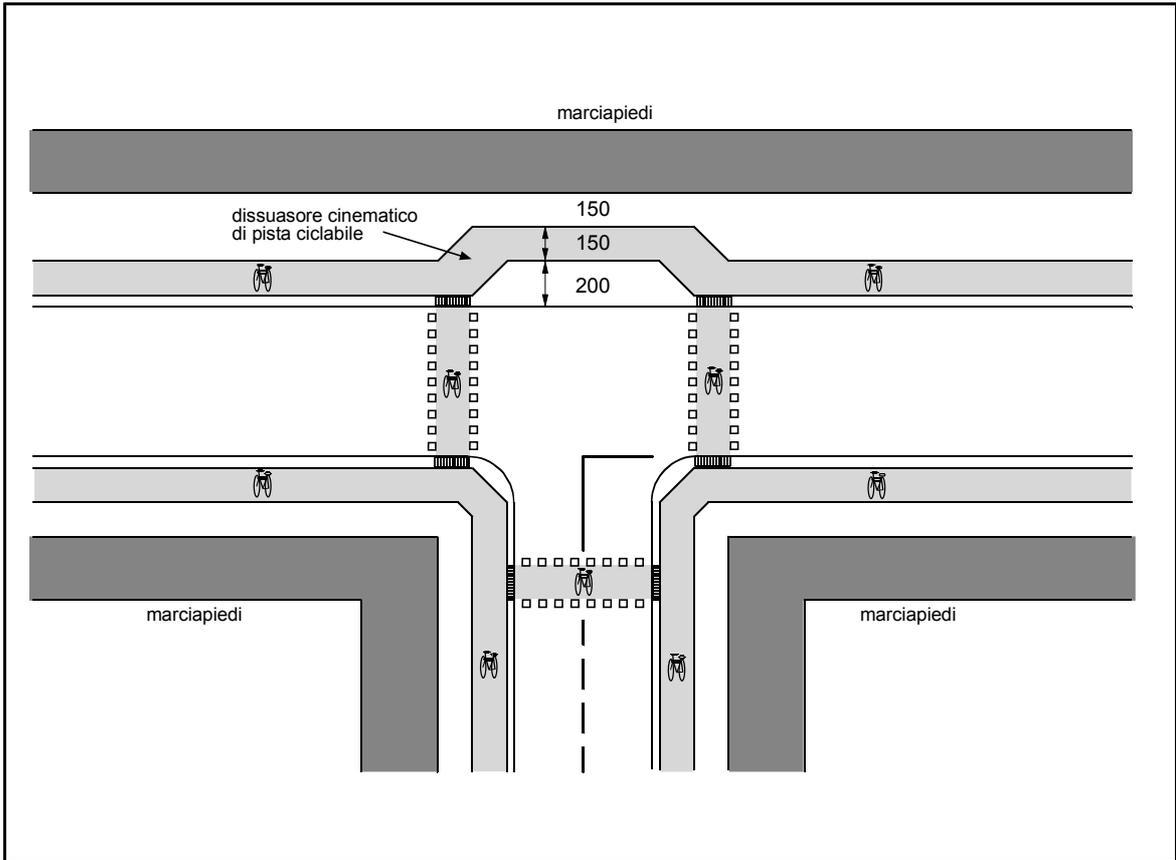


fig. 5.31 – Attraversamento promiscuo pedonale e ciclabile

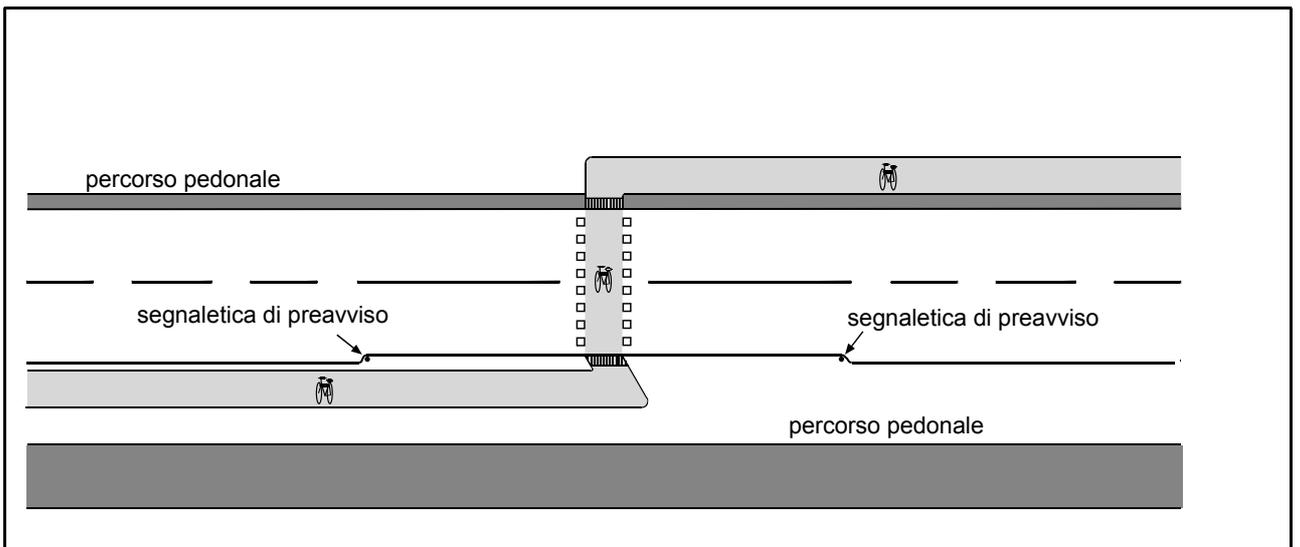


fig. 5.32 – Attraversamento specializzato per pista ciclabile in arretramento da incrocio

5.6.5 - Percorsi ciclabili in intersezioni a raso di tipo rotatorio

Quale criterio generale specifico per le rotatorie non si dovrebbero adottare approntamenti specifici per le due ruote a meno che sulle arterie confluenti non siano presenti una o più piste ciclabili; in caso contrario la ridotta velocità di esercizio della rotatoria costituisce un fattore di sufficiente sicurezza anche per il traffico a due ruote.

Tale principio generale può venire derogato in caso di elevata presenza ciclabile oppure di velocità di esercizio della rotatoria particolarmente alta. I valori di riferimento per un traffico ciclabile critico si collocano al di sopra di 800 ciclisti/ora nei periodi di punta, mentre per la velocità si ritiene pericolosa per le due ruote una percorrenza veicolare al di sopra di 50 km/h.

Al di sopra di 800 ciclisti/h si impone la creazione di un reticolo di piste ciclabili praticamente indipendente dalle rotatorie veicolari, in modo da evitare qualsiasi commistione di traffico, prevedendo attraversamenti arretrati di qualche decina di metri rispetto al nodo. Oppure si potrebbe disegnare un anello ciclabile dedicato, esterno alla corona giratoria veicolare, che intercetti le arterie confluenti proteggendo gli attraversamenti collocati nelle isole divisionali triangolari (vedi fig. 5.33).

Un provvedimento simile di anello dedicato, anche complanare ma fisicamente separato rispetto a quello veicolare, va adottato per velocità di esercizio superiori a 50 km/h; in tal caso risulta opportuno attrezzare in perpendicolare gli attraversamenti ciclabili rispetto ai veicolari, mantenendo comunque la precedenza ai veicoli motorizzati e sacrificando la continuità di deflusso delle due ruote.

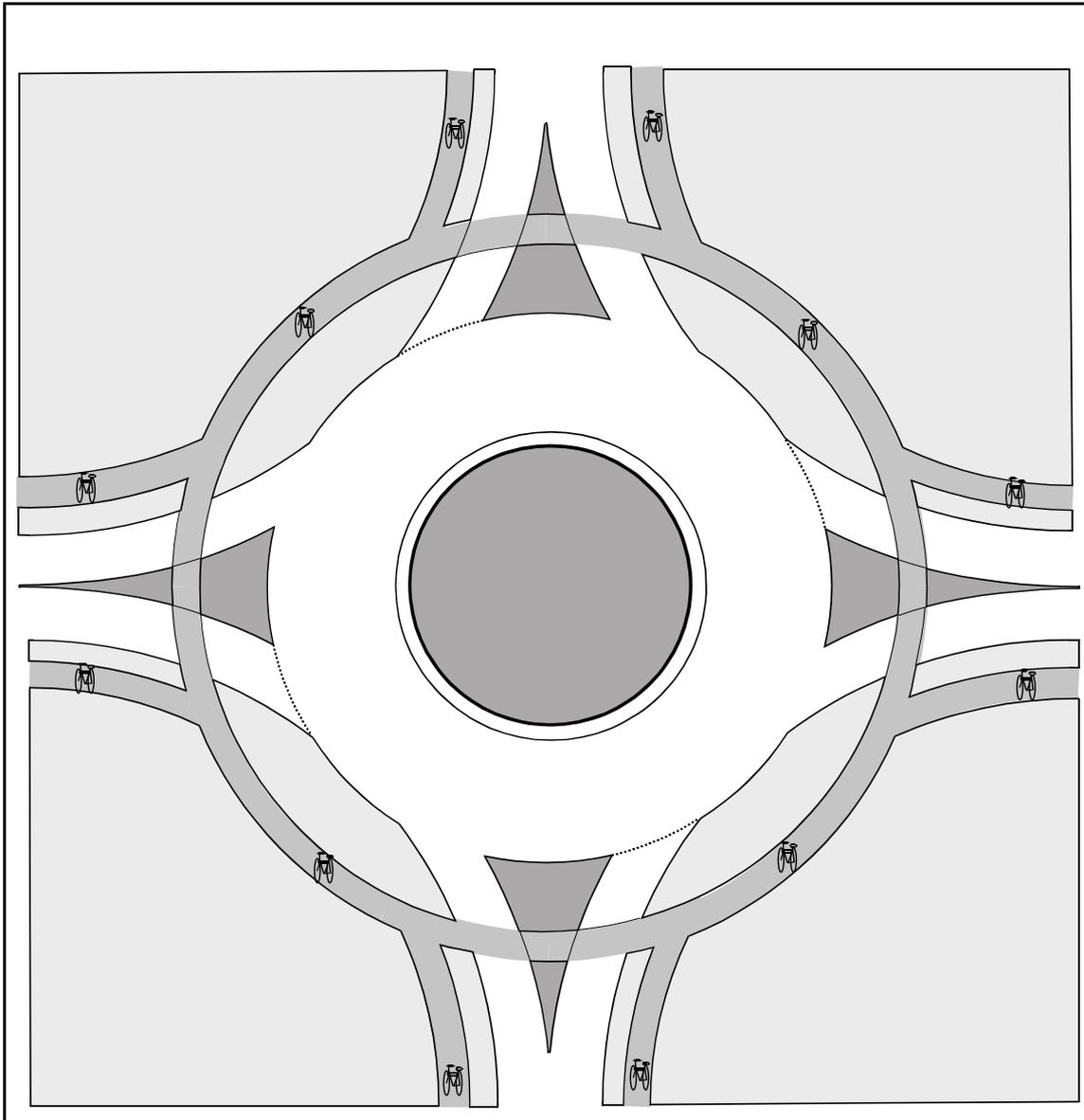


fig. 5.33 – Rotatoria ciclabile esterna

5.7 – DISTANZE DI VISUALE LIBERA NEGLI INCROCI A RASO

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.

Per le traiettorie prioritarie si devono mantenere all'interno dell'intera area di svincolo le medesime condizioni di visibilità previste dalla specifica normativa per le arterie stradali confluenti nei nodi; la presenza dell'intersezione non può difatti costituire deroga agli standard usuali in rapporto alla visibilità del tracciato.

Per le manovre non prioritarie 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; i vincoli esterni all'area di svincolo saranno quindi determinati dall'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.

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.

5.7.1 – 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 dai seguenti elementi:

- larghezza trasversale dell'arteria principale;
- tipo di regolazione segnaletica, il valore minimo è relativo alla indicazione di stop va aumentata in caso di solo obbligo di precedenza.

I valori da adottare per il tempo di manovra sono di 6 secondi per le manovre regolate da stop e di 12 secondi nelle 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%.

5.7.2 – 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.

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

- in presenza di limiti impositivi di velocità, si adotta il valore prescritto dalla segnaletica di codice;
- in assenza di limiti impositivi, si adotta per le arterie di nuova realizzazione il valore della velocità di progetto caratteristica del tratto considerato.

Nel caso di strade esistenti in cui non sia definibile la velocità di progetto si adotta il valore dell'85° percentile possibilmente in condizioni di flusso ininterrotto ed in

corrispondenza dei migliori livelli di servizio in modo da cogliere i livelli cinematici superiori.

Per garantire comunque il rispetto di condizioni standard di soglia si fissa un valore minimo non derogabile di velocità di riferimento di 50 km/h.

5.7.3 – Collocazione planimetrica dei punti di osservazione

I punti caratteristici per le verifiche di visibilità vanno assunti sulla mezzzeria delle traiettorie veicolari cui si riferiscono; la distanza minima dal bordo laterale della carreggiata deve assumersi pari almeno ad 1,50 m in caso di sezioni trasversali allargate per il contenimento di più canali di scorrimento.

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.

5.7.4 - Collocazione altimetrica dei riferimenti visivi

Il punto di osservazione convenzionale per le verifiche di visibilità viene posto altimetricamente ad una quota di 1,00 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.

5.7.5 – La distanza di visibilità principale

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

$$D [m] = v [m/s] \times t [s]$$

dove:

v = velocità di riferimento,

t = tempo di manovra.

5.7.6 – Indicazioni generali di visibilità delle intersezioni

Su strade di nuova realizzazione 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 ad 0.8 m.

Quale zona soggetta alla disciplina di vincolo si considera per la strada principale quella corrispondente ai lati maggiori dei triangoli di visibilità, mentre per la strada secondaria si considerano gli ultimi 50 m prima dell'incrocio.

Nel caso di incroci esistenti dove non sia possibile assicurare le distanze di visibilità si dovrà adottare una delle seguenti misure alternative:

- modifica di tracciato delle strade secondarie;
- traslazione delle manovre di scambio su incrocio vicino attrezzato;
- trasformazione in rotatorie;
- eccezionalmente modifica di tracciato della principale.

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 e del comportamento da tenere.

5.7.7 – La visibilità negli incroci a rotatoria

I conducenti che si avvicinano ad una rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello (vedi fig. 5.34), posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

Una visione completa al disopra dell'isola centrale può indurre i conducenti a diminuire la loro attenzione verso sinistra e a non rispettare la precedenza. Per questo motivo è opportuno che la vista al disopra dell'isola centrale sia interdetta dalla presenza di piante o di altre attrezzature; è però comunque importante che l'isola centrale non presenti ostacoli alla vista (piante di alto fusto) a meno di 2 metri dal ciglio non sormontabile sagomato che delimita l'isola stessa (in assenza di quest'ultimo, 2,50 metri).

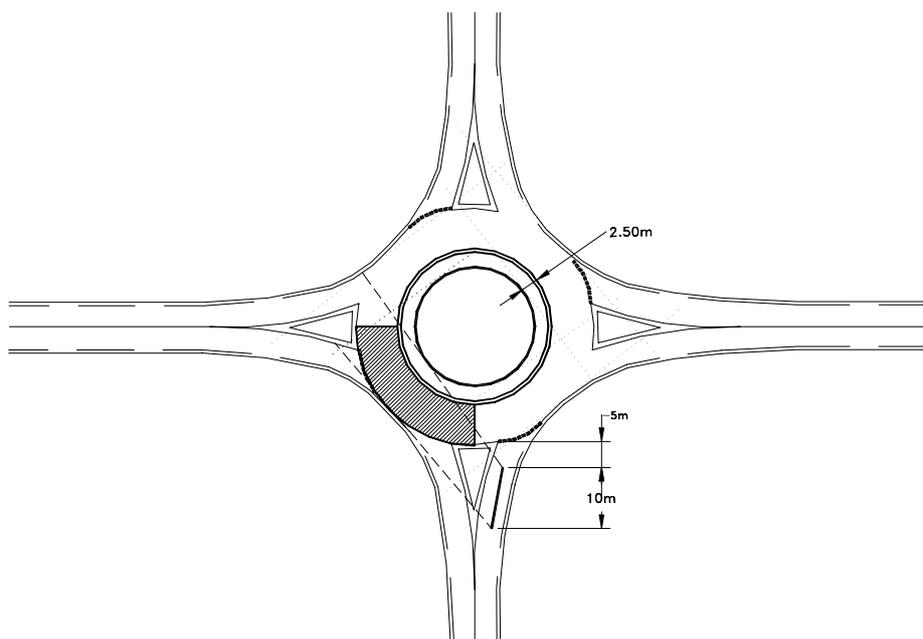


fig. 5.34 – Triangoli di visibilità in incrocio a rotatoria

5.8 - DRENAGGI DELLE ACQUE

Si ritiene particolarmente opportuno affrontare tale problematica in quanto la definizione delle intersezioni a raso, e per le parti di attacco anche di quelle 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 eseguiti 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 in senso ortogonale alle principali traiettorie 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;
- proposizione di attrezzature mediante canalette continue di recapito nei casi di difficile displuvio o di condizioni meteo favorevoli alla formazione di ghiaccio.

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.

5.9 - PIANO DI SEGNALAMENTO

Il recente regolamento del Codice della Strada risulta particolarmente esaustivo sull'argomento, con indicazioni di dettaglio e di principio assolutamente condivisibili.

L'elemento di modernità del disposto di regolamento consiste nella adozione del criterio di visibilità remota dei segnali, superando le precedenti impostazioni che si limitavano alla positura del segnale in punti prefissati senza ulteriori verifiche.

Non sembrerebbe quindi opportuno innovare a livello di normativa tecnica una questione già adeguatamente sviluppata in termini di vigenza legislativa.

Si potrebbero tutt'al più indicare dei criteri generali lasciando però le parti applicative ed esemplificative al cogente disposto di Codice.

Tale impostazione è peraltro presente anche nelle principali normative internazionali dove il richiamo alle norme legislative in essere per la segnaletica stradale risulta preponderante rispetto ad approfondimenti di natura tecnica. Ciò anche in dipendenza della armonizzazione tendenziale dei provvedimenti segnaletici a livello di Unione Europea.