

ANNALI

DELLA FACOLTA' DI AGRARIA DELL' UNIVERSITA'

————— SASSARI —————

DIRETTORE: G. RIVOIRA

COMITATO DI REDAZIONE: M. DATTILO - S. DE MONTIS - F. FATICHENTI
C. GESSA - L. IDDA - F. MARRAS - P. MELIS - A. MILELLA - A. PIETRACAPRINA
R. PROTA - A. VODRET

studi sassaresi

ORGANO UFFICIALE
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI



Istituto di Costruzioni Rurali dell'Università di Sassari

(Direttore: Prof. S. De Montis)

STEFANO DE MONTIS* - PAOLO BAZZU**

LE INTERSEZIONI A RASO NELLA PROGETTAZIONE DELLE STRADE CARATTERISTICHE CONFIGURAZIONE DIMENSIONAMENTO

RIASSUNTO

Tra i vari elementi che compongono le strade vanno in particolare ricordate le intersezioni con le altre arterie viarie. Gli Autori ne propongono alcune soluzioni del tipo «a raso» e ne espongono caratteristiche, elementi e configurazione planimetrica.

SUMMARY

Among the elements that constitute roads, a very important role is represented by the intersections with other thoroughfares. The Authors have suggested some solutions, for example "flat cross roads" and they have demonstrated the characteristics, the elements and the planimetric configuration of them.

PREMESSA

L'importanza delle intersezioni nella progettazione viaria è un fatto ormai consolidato per i noti e ovvi riflessi che queste hanno sull'affidabilità, sicurezza e comfort delle strade. Infatti dalle soluzioni adottate per le intersezioni deriva la qualità in senso lato delle arterie stradali: ciò è valido sempre, sia quando queste abbiano grande rilevanza, sia quando si tratti semplicemente di strade di tipo periferico, e quindi anche rurali e forestali.

In ogni caso e comunque, le intersezioni rappresentano pertanto un aspetto determinante e significativo della viabilità e le modalità di risoluzione adottate contribuiscono a qualificarne la funzionalità.

Si ricorda che per intersezione in genere si intende la parte di superficie viabile comune a due o più strade non parallele, ovvero il complesso di apprestamenti stradali attrezzati predisposti per facilitare il deflusso delle correnti veicolari lungo i diversi rami delle intersezioni stesse.

* Professore Associato e Direttore dell'Istituto di Costruzioni Rurali.

** Collaboratore esterno.

1. SCOPO DELLO STUDIO

L'attenzione viene limitata in questa sede alle strade di tipo secondario: si tralasciano perciò le grandi arterie, e questo non per motivi riduttivi, ma semplicemente per brevità e soprattutto perché ai fini dello studio le prime interessano maggiormente. Pertanto vengono prese a riferimento soltanto le così dette intersezioni «a raso» per le quali in particolare sono necessarie soluzioni il più possibile funzionali considerata la pericolosità degli incroci a livello che si generano tra una strada secondaria ed un'arteria a scorrimento veloce o comunque di categoria e caratteristiche superiori alla precedente.

Aspetto questo frequente un po' dappertutto, ma in particolare in aree come la Sardegna a limitata tradizione infrastrutturale viaria, nella quale la maggior parte delle strade è di classe relativamente bassa e le intersezioni quasi sempre sono del tipo a livello.

2. GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Per intersezione a raso s'intende propriamente l'incontro di due strade non parallele i cui assi longitudinali s'intersecano alla stessa quota. Questo tipo d'incrocio, largamente diffuso, ha un costo di realizzazione relativamente contenuto ed occupa uno spazio limitato, aspetto dal quale, tra l'altro, traggono vantaggio l'agricoltura ed il paesaggio. Tecnicamente è efficiente per volumi di traffico non elevati e non veloci; presenta invece notevoli carenze e pericoli con l'aumentare del numero dei veicoli e della velocità.

La concentrazione e l'incontro di più correnti di traffico nello stesso spazio di manovra ostacola infatti il deflusso ordinato dei veicoli, riduce la capacità dell'arteria e compromette la sicurezza degli automobilisti.

Ai fini dello svolgimento del tema è utile ricordare che le manovre ordinarie che si effettuano comunemente in un incrocio consistono in diversioni, immissioni e attraversamenti.

Analizzando singolarmente gli effetti che questi punti di collisione producono, si constata che il traffico

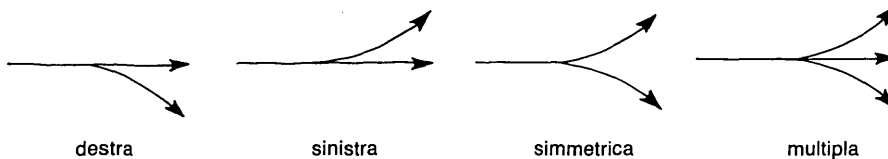


Fig. 1 - Schemi di manovra per diversioni.
Manoeuvring schemes for detours.

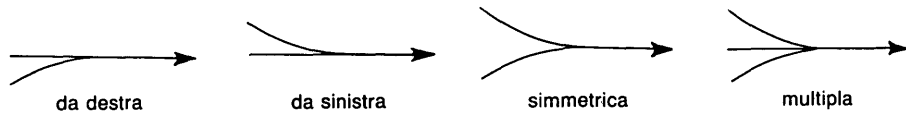


Fig. 2 - Schemi di manovra per immissioni.
Manoeuvring schemes for immissions.

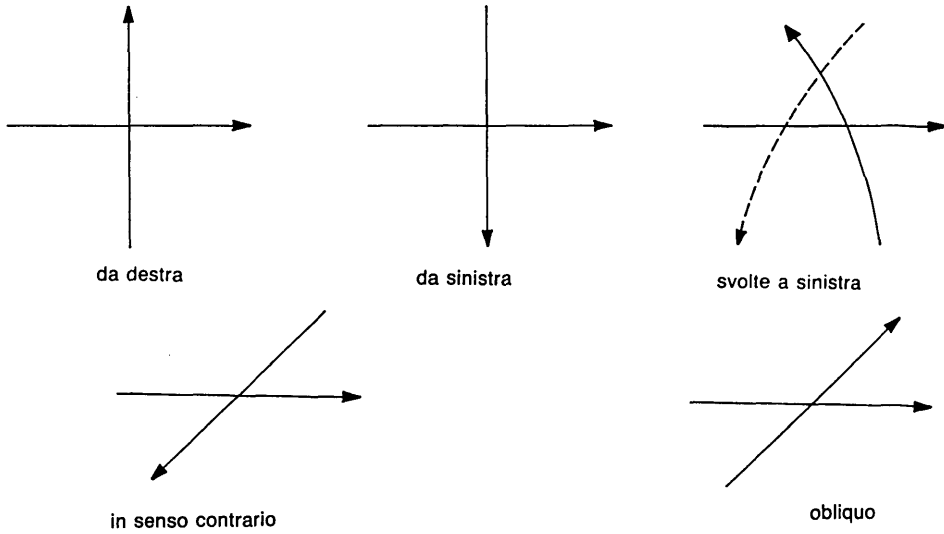


Fig. 3 - Schemi di manovra per attraversamento.
Manoeuvring schemes for crossing.

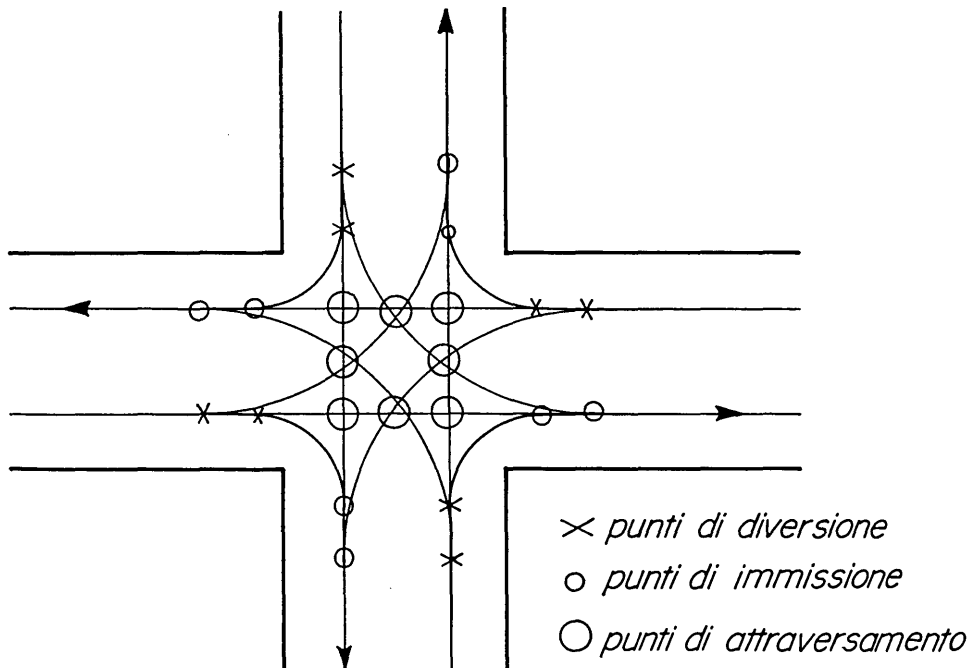


Fig. 4 - Schema di manovre in quadrivio con i punti di collisione e di conflitto.
Points of collision and conflict at cross-roads.

1. SCOPO DELLO STUDIO

L'attenzione viene limitata in questa sede alle strade di tipo secondario: si tralasciano perciò le grandi arterie, e questo non per motivi riduttivi, ma semplicemente per brevità e soprattutto perché ai fini dello studio le prime interessano maggiormente. Pertanto vengono prese a riferimento soltanto le così dette intersezioni «a raso» per le quali in particolare sono necessarie soluzioni il più possibile funzionali considerata la pericolosità degli incroci a livello che si generano tra una strada secondaria ed un'arteria a scorrimento veloce o comunque di categoria e caratteristiche superiori alla precedente.

Aspetto questo frequente un po' dappertutto, ma in particolare in aree come la Sardegna a limitata tradizione infrastrutturale viaria, nella quale la maggior parte delle strade è di classe relativamente bassa e le intersezioni quasi sempre sono del tipo a livello.

2. GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Per intersezione a raso s'intende propriamente l'incontro di due strade non parallele i cui assi longitudinali s'intersecano alla stessa quota. Questo tipo d'incrocio, largamente diffuso, ha un costo di realizzazione relativamente contenuto ed occupa uno spazio limitato, aspetto dal quale, tra l'altro, traggono vantaggio l'agricoltura ed il paesaggio. Tecnicamente è efficiente per volumi di traffico non elevati e non veloci; presenta invece notevoli carenze e pericoli con l'aumentare del numero dei veicoli e della velocità.

La concentrazione e l'incontro di più correnti di traffico nello stesso spazio di manovra ostacola infatti il deflusso ordinato dei veicoli, riduce la capacità dell'arteria e compromette la sicurezza degli automobilisti.

Ai fini dello svolgimento del tema è utile ricordare che le manovre ordinarie che si effettuano comunemente in un incrocio consistono in diversioni, immissioni e attraversamenti.

Analizzando singolarmente gli effetti che questi punti di collisione producono, si constata che il traffico

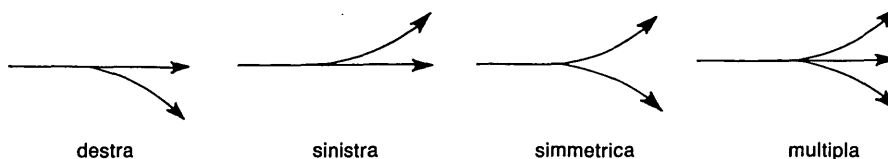


Fig. 1 - Schemi di manovra per diversioni.
Manoeuvring schemes for detours.

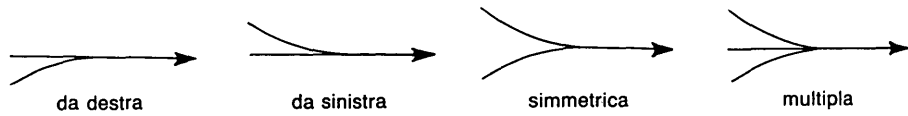


Fig. 2 - Schemi di manovra per immissioni.
Manoeuvring schemes for immissions.

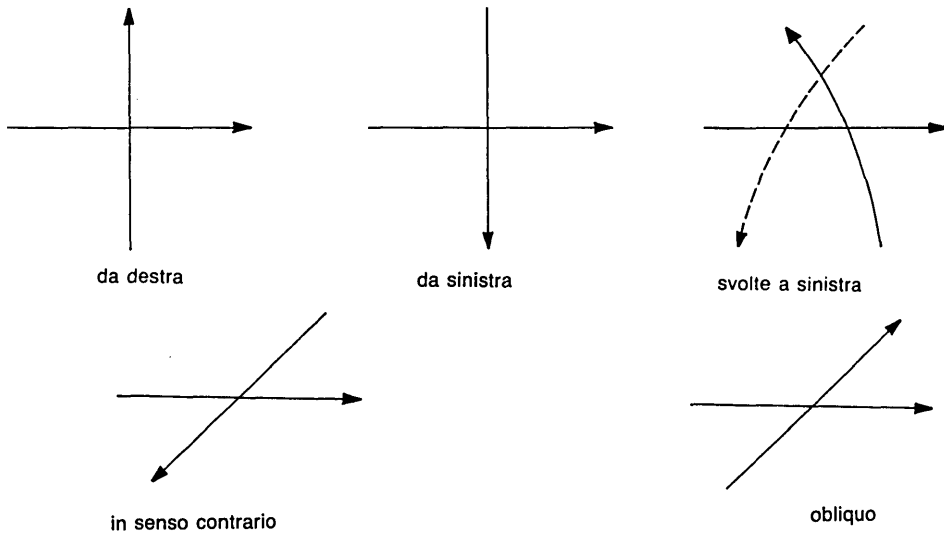


Fig. 3 - Schemi di manovra per attraversamento.
Manoeuvring schemes for crossing.

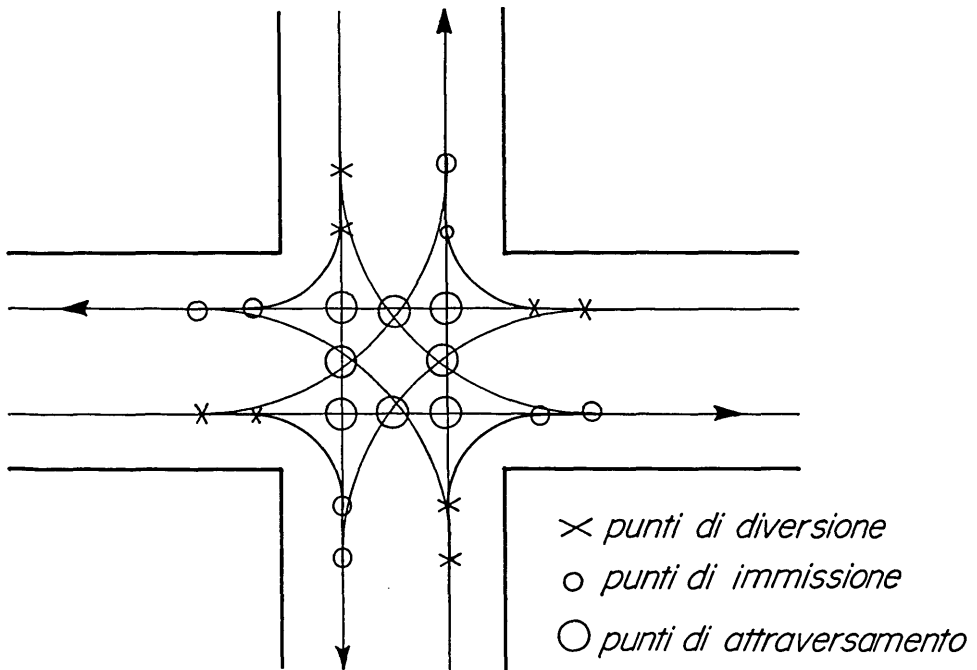


Fig. 4 - Schema di manovre in quadrivio con i punti di collisione e di conflitto.
Points of collision and conflict at cross-roads.

- a) nelle diversioni viene rallentato dai veicoli che frenano per svoltare,
 - b) nelle immissioni è ostacolato dagli automezzi che ancora non hanno raggiunto il regime di marcia,
 - c) negli attraversamenti viene impedito dai veicoli fermi in attesa di attraversare.
- Inoltre l'analisi sull'affidabilità di un incrocio diventa più complessa se si considera che nei tempi di percezione e reazione interviene il fattore umano: dovendo fare una classificazione statistica sulla pericolosità dei punti di conflitto si avrebbe al primo posto l'attraversamento, al secondo l'immissione e infine la diversione.
- Per migliorare la sicurezza e la capacità di deflusso vengono utilizzati alcuni accorgimenti compositivi allo scopo di creare spazi di manovra separati dalla corsia principale (spartitraffici, corsie di decelerazione e accelerazione).
- Vale anche la pena precisare che l'intersezione a raso viene per lo più realizzata correntemente nella maggior parte delle strade, aspetto che ne conferma l'importanza in assoluto: in alcuni casi è anche consentito, senza particolari limitazioni, l'accesso diretto alle proprietà private, mentre in altri questo è permesso soltanto con svolta sul lato destro.

3. ASPETTI GENERALI DELLA PROGETTAZIONE

La progettazione delle intersezioni può essere schematizzata secondo alcune fasi principali.

3.1. Scelta dello schema logico d'intersezione

Deriva dalla congruenza dello schema prescelto con le caratteristiche delle strade e dei flussi di traffico che determinano l'intersezione, nel rispetto della classe di appartenenza di ciascuna arteria. Ne consegue la necessità di predeterminare le correnti da servire e le modalità di risoluzione dei singoli possibili punti di collisione tra i veicoli.

In sintesi in questa fase occorre

- a) determinare il livello di funzionalità delle intersezioni in termini di efficienza rispetto alla velocità ed alla sicurezza, ed in relazione alle varie combinazioni che è possibile ottenere tra le strade che formano l'incrocio,
- b) individuare le singole correnti veicolari da servire all'interno dell'area interessata all'intersezione, distinte in dirette e di svolta,
- c) scegliere infine le soluzioni più idonee e congruenti con le caratteristiche delle arterie e dei flussi di traffico.

Questa fase preliminare della progettazione determina in genere piú schemi alternativi di intersezione, tutti funzionali e attuabili, da sottoporre a verifica nelle fasi successive.

3.2. Determinazione dei flussi veicolari

Esaminati i flussi delle correnti dirette in entrata ed in svolta, si determinano i valori assoluti dei flussi delle singole correnti veicolari. Con il conforto delle informazioni acquisite, tenuto conto del costo di costruzione e di esercizio e dei limiti finanziari e ambientali imposti, è ora possibile, attraverso la valutazione di significativi standards di efficienza, procedere alla scelta definitiva della soluzione ottimale da adottare tra gli schemi alternativi individuati in precedenza e sottoposti a verifica.

3.3. Aspetti geometrici e costruttivi delle intersezioni

Stabilita la velocità di riferimento sui rami degli incroci, questa fase della progettazione ne affronta l'assetto geometrico e compositivo in relazione alla configurazione plano-altimetrica ed alle zone di visibilità ottimali da assegnare.

Passando agli elementi costruttivi tra i piú significativi vengono citati le corsie di marcia sui rami dell'intersezione, le corsie specializzate per svolta a sinistra e in uscita a destra e di accelerazione, i cigli stradali, gli apprestamenti in genere per intersezioni non attrezzate.

Insomma la progettazione coordina tra loro diversi fattori che spaziano da aspetti di carattere funzionale (che si riferiscono alla realizzazione delle intersezioni in senso stretto e pertanto sono prioritari perché riguardano la sicurezza) ad altri di natura economica (costo dell'intervento, budget finanziario disponibile, aree utilizzabili) e di viabilità in senso lato, il tutto in un quadro generale che consideri e controlli coerentemente ogni fattore.

Tra gli aspetti ricordati, lo studio esamina in particolare quelli relativi alla composizione e alla geometria di alcuni tipi di intersezione, e ne affronta il dimensionamento e l'analisi dei singoli elementi.

4. CRITERI COMPOSITIVI

Per studiare la geometria delle intersezioni è necessario stabilire l'asse stradale prevalente. La scelta viene fatta in funzione della qualità e quantità del volume di traffico e della velocità di progetto previste per le arterie. A parità di condizione (vale a dire nel caso di intersezioni omogenee) si tiene conto delle situazioni ambientali e di fatto del sito in cui l'opera verrà realizzata.

Stabilita la priorit  tra le arterie, si fissano le distanze entro le quali deve essere visibile il punto d'intersezione: per la strada principale tale lunghezza   pari alla distanza ridotta di sorpasso, mentre per quella secondaria la visuale libera deve essere pari alla distanza di arresto.

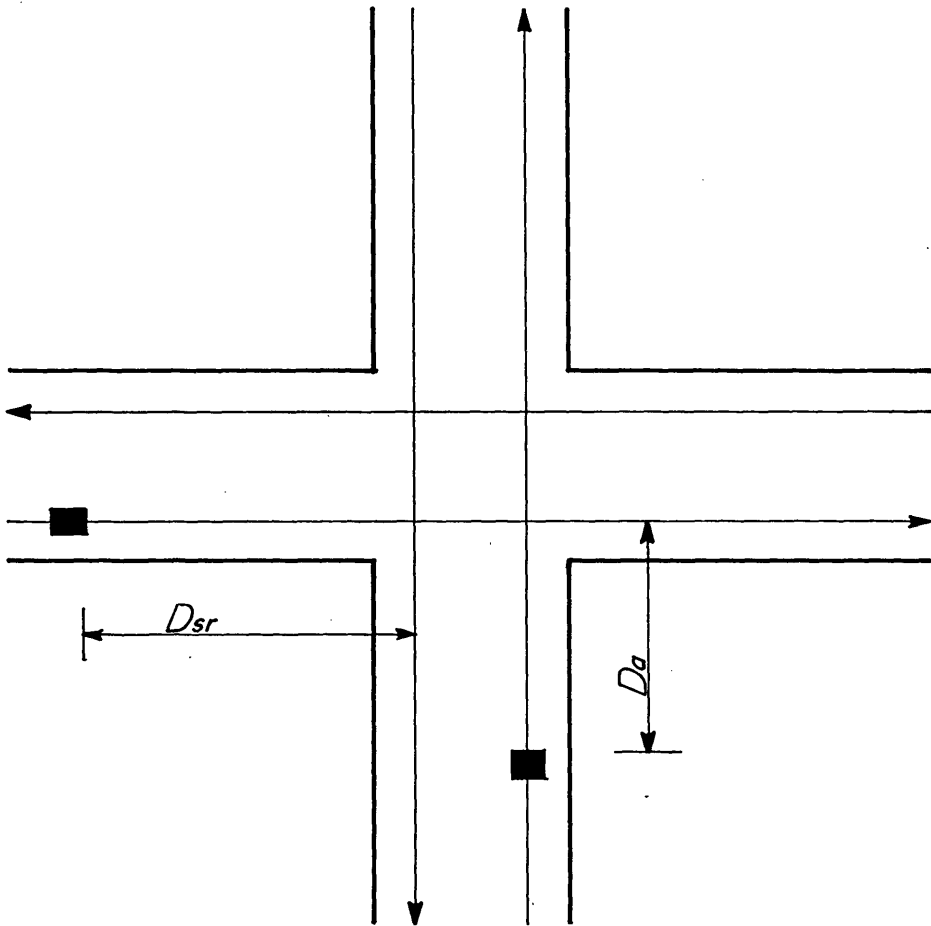


Fig. 5 - Schema delle distanze di visibilit .
A scheme for the range of visibility.

A migliorare le condizioni di sicurezza, nelle intersezioni a raso contribuiscono i triangoli di visibilità, ossia lo spazio libero in corrispondenza dell'incrocio nel quale i veicoli devono essere reciprocamente visibili, considerando gli occhi del guidatore posti a un metro d'altezza dal terreno.

In proposito le norme del CNR disciplinano le lunghezze dei lati ortogonali del triangolo di visibilità a seconda che si tratti d'intersezione libera regolata dal segnale «dare precedenza» o dal segnale «Stop». Si esaminano distintamente i vari casi.

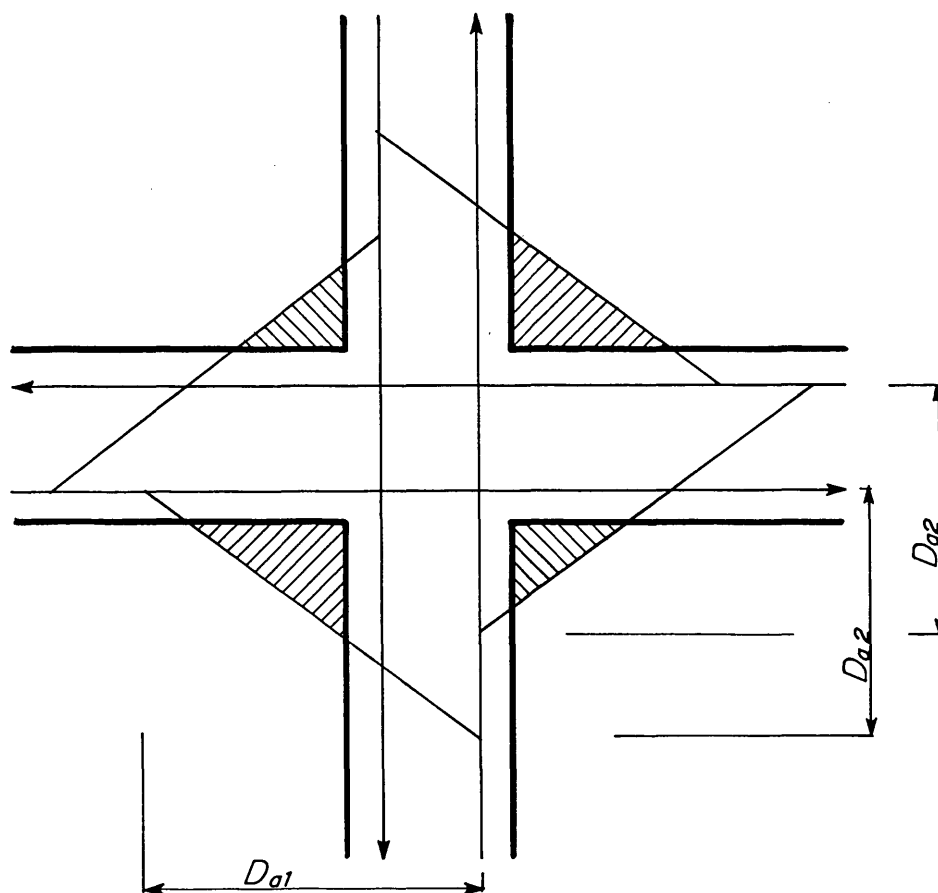


Fig. 6 - Triangoli di visuale per incroci liberi.
Visual triangles at free cross-roads.

a) Intersezione libera.

I cateti del triangolo di visibilità sono pari alle distanze di arresto calcolate per le due arterie.

b) Intersezione regolata dal segnale «dare precedenza».

Il cateto maggiore, misurato sull'asse della strada principale, sia chiamato L , ed il cateto minore sia fissato pari a 30 m, con misura riferita al ciglio esterno dell'arteria principale.

Il valore L deve essere tale da permettere al conducente del veicolo che percorre l'arteria secondaria di valutare l'opportunità di immissione o attraversamento senza ridurre ulteriormente la velocità o fermarsi. La lunghezza L si determina dall'abaco della figura 9 sulla curva A, in relazione alla velocità di progetto fissata per la strada principale.

Le norme del CNR (B.U. n. 90 del 15.4.83) sulle intersezioni urbane stabiliscono che la distanza sulla strada secondaria sia pari a 16,50 m, mentre il valore L si determina dalla tabella 1, nella quale V rappresenta la velocità nel ramo di intersezione.

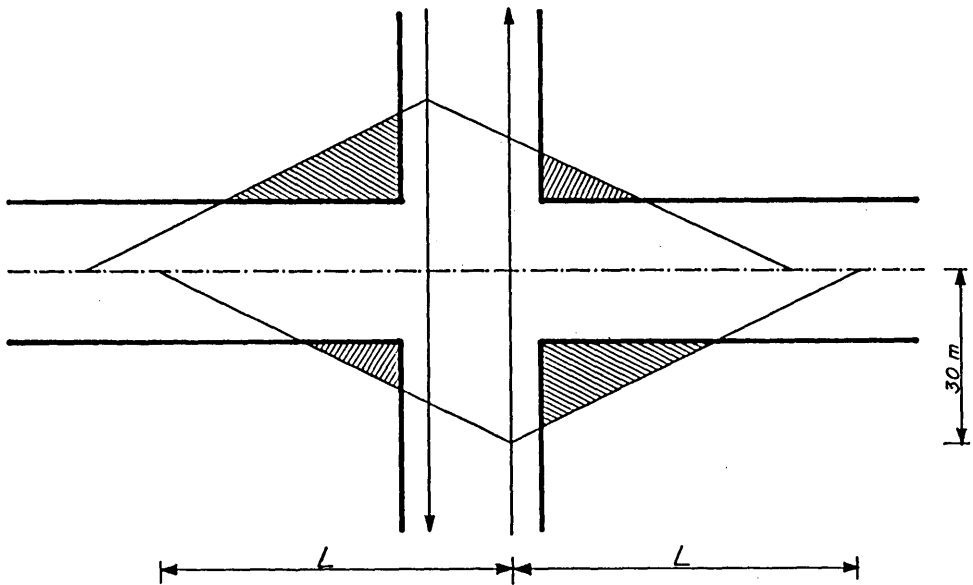


Fig. 7 - Triangoli di visibilità per incroci regolati dal segnale «dare precedenza».
Visual triangles with a "give way" sign.

Tab. 1

V (Km/h)	25	30	40	50	60	70
L (m)	20	30	50	70	90	120

V è la velocità del ramo d'intersezione

c) Intersezione regolata dal segnale «Stop».

In questo caso la lunghezza L, misurata come in precedenza, deve essere tale da consentire al conducente del veicolo che percorre la strada secondaria d'attraversare in tempo utile di sicurezza con avvio a tre metri dal ciglio della strada principale. Il valore L si determina ancora dalla fig. 9, utilizzando le curve B e B' a seconda che si tratti di incrocio del tipo I o II, come da classificazione trattata al capoverso seguente. Per questo tipo di incroci le norme sulle intersezioni urbane prevedono una distanza sulla strada secondaria pari a 7,50 m, mentre per la determinazione di L vale quanto già precisato al capoverso b) precedente.

Si sono sin qui descritte e rappresentate intersezioni di strade ortogonali tra loro. Tale configurazione rappresenta la soluzione ottimale da conseguire, ma non sempre attuabile, dal momento che quasi mai gli incroci presentano un angolo retto fra le arterie.

In ogni caso è necessario adottare soluzioni con angoli che non si scostino troppo da 100° , così come sono da evitare immissioni dal lato interno delle curve, mentre a quelle sul lato esterno è bene ricorrere con cautela e comunque nel rispetto delle distanze e dei triangoli di visibilità.

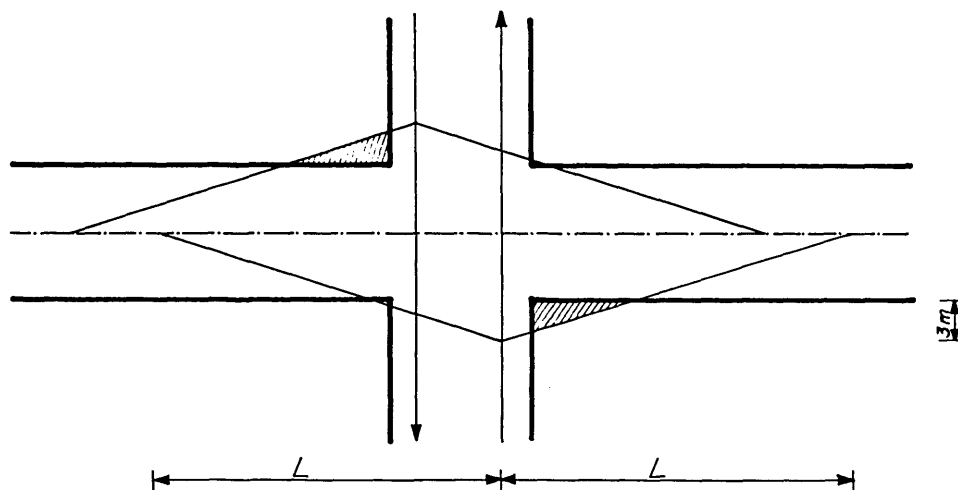


Fig. 8 - Triangoli di visibilità per incroci regolati dal segnale «Stop».
Visual triangles with a "stop" sign.

Nei tratti interessati dall'incrocio la pendenza longitudinale della strada principale è necessario sia inferiore al 4%, mentre sulla strada secondaria e per una distanza pari almeno a 20 m la pendenza longitudinale non può superare il 2%. Nei rami delle intersezioni urbane, tale pendenza è consigliabile sia inferiore al 2% ed in nessun caso maggiore del 4%.

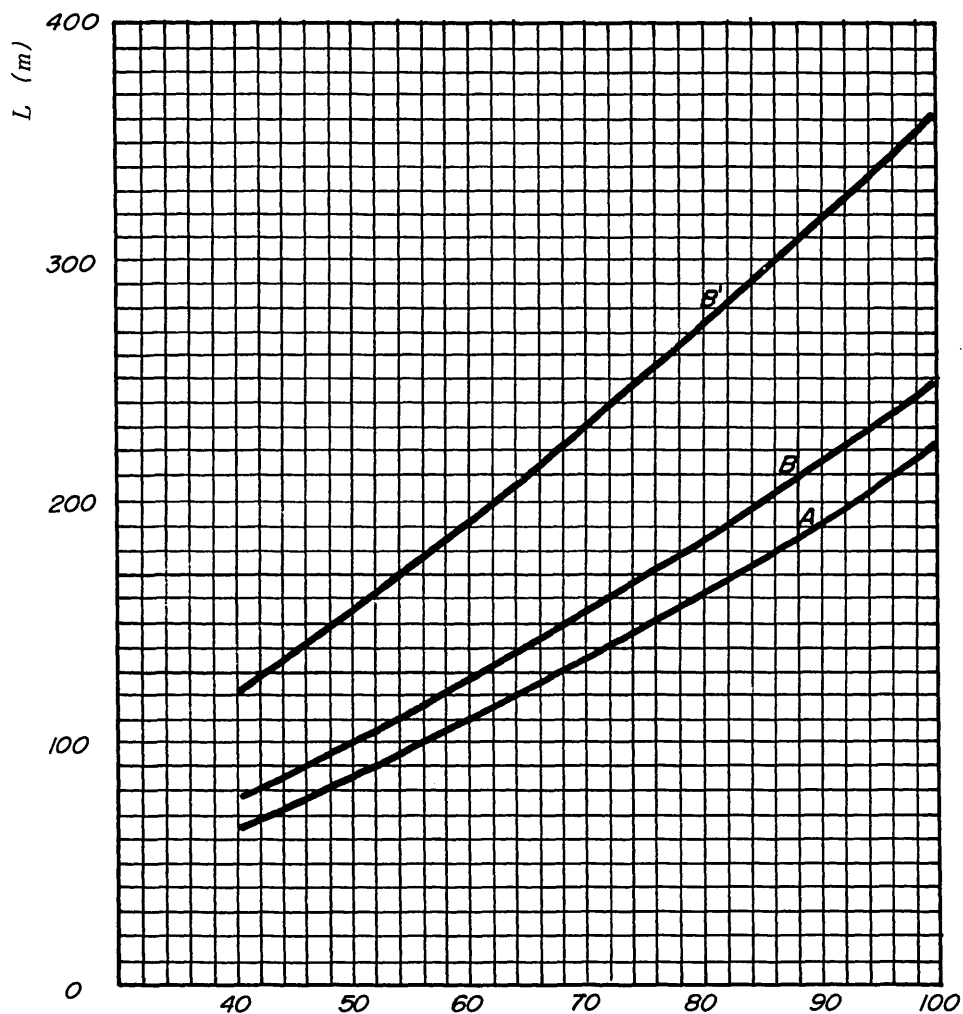


Fig. 9 - Lunghezza L del triangolo di visibilità in funzione della velocità del veicolo dell'arteria principale (Fonte CNR).

The "L" length of visual triangles with regard to the speed of the vehicle on the main thoroughfare. (CNR Source).

Inoltre la velocità caratteristica V_c da assumere a riferimento per il dimensionamento degli incroci non deve risultare inferiore alla velocità di progetto. È anche consentito assumere per le velocità caratteristiche valori pari ai limiti imposti dai segnali. Quest'ultimo caso è da seguire esclusivamente in situazioni eccezionali, soprattutto quando le condizioni locali non permettono altre soluzioni. È infatti dimostrato sperimentalmente che soltanto una percentuale molto bassa di automobilisti rispetta questo tipo di segnali.

Il numero di trasgressioni più alto si registra con l'aumento di velocità e ciò per naturale conseguenza, considerato che con l'aumentare dell'andatura si restringe l'ampiezza del campo visivo.

5. CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA DELLE INTERSEZIONI A RASO

La configurazione planimetrica degli incroci a livello è necessario sia particolarmente curata già nella fase di studio e di progettazione: dalla analisi attenta dei diversi fattori presenti (visibilità, larghezza, pendenza trasversale e longitudinale, deflusso delle acque) dipende la buona riuscita dell'incrocio in termini di efficienza e sicurezza, caratteristiche queste interconnesse tra loro, anche se apparentemente la prima può sembrare legata soprattutto al volume di traffico.

La casistica dimostra che incroci poco efficienti portano i guidatori meno prudenti ad effettuare manovre azzardate, spesso origine di violenti scontri.

È utile sottolineare che sono preferibili costi d'investimento anche elevati per la realizzazione di incroci dimensionati in misura superiore al necessario che garantiscano maggiore sicurezza e affidabilità alle strade, piuttosto che adottare tracciati più economici ma che nel tempo comportano costi sociali successivi irreparabili in termini di inevitabili e puntuali tragedie.

Le norme del CNR classificano gli incroci a raso extraurbani in quattro categorie, per ciascuna delle quali fissano criteri minimi di sicurezza. Poiché questi non sono altro se non limiti inferiori appunto minimi, è bene che il progettista li interpreti come tali e li consideri in forma restrittiva e cautelativa.

a) Intersezioni di tipo I

Sono le intersezioni consigliate generalmente per strade secondarie e di classe limitata e presentano due configurazioni semplici, la prima dotata di sola segnaletica orizzontale, la seconda con isola divisionale «a goccia».

Le intersezioni senza isola sono realizzate negli incroci tra strade a corsia unica e nel solo caso di arteria principale a corsia doppia anche per incroci a quattro braccia, mentre altrimenti è ammessa soltanto per incroci a tre braccia.

Comunque le strade a corsia unica, almeno in corrispondenza dell'incrocio, devono

presentare due corsie per permettere ai veicoli di effettuare regolarmente la manovra di immissione.

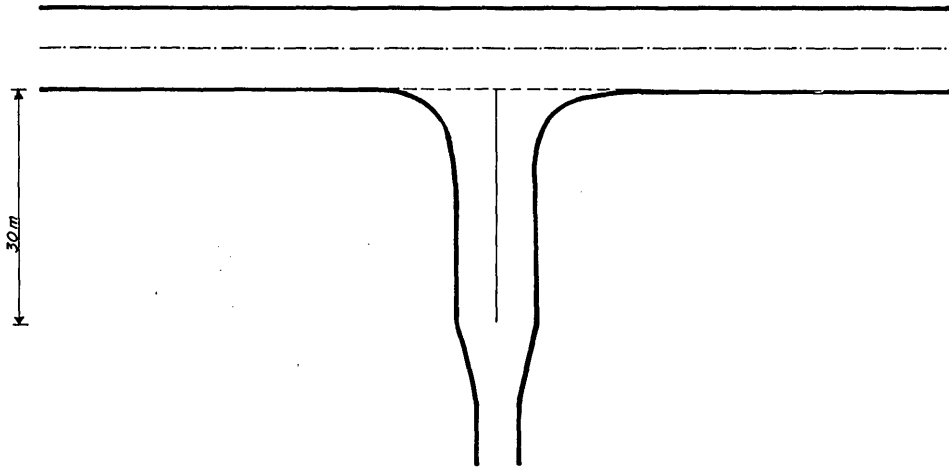


Fig. 10 - Incrocio senza isola divisionale.
"T" junction without a traffic island.

Le intersezioni con isola divisionale sono invece consigliate negli incroci a quattro braccia formati da strade aventi una sola corsia con altre arterie del tipo a piattaforma unica. Le intersezioni di tipo I non possono essere adottate qualora nella strada principale siano necessarie le corsie per la svolta a sinistra.

b) Intersezioni di tipo II

Sono le intersezioni da usare nelle diverse configurazioni per le strade dove è necessaria la corsia di svolta a sinistra.

In questo tipo di incrocio, la strada secondaria è sempre dotata di isola divisionale a goccia, mentre sulla strada principale, quando l'intersezione è a tre braccia, si individua, mediante segnaletica orizzontale o preferibilmente con isola a bordi rialzati, uno spazio non transitabile anteriore alla corsia per la svolta a sinistra.

c) Intersezioni di tipo III

Si usano generalmente nelle strade con piattaforma indipendente a due corsie, quando per particolari situazioni locali non è possibile realizzare l'intersezione a diversi livelli e nelle strade con piattaforma unica, ma con margine interno realizzato a doppia striscia con segnaletica orizzontale.

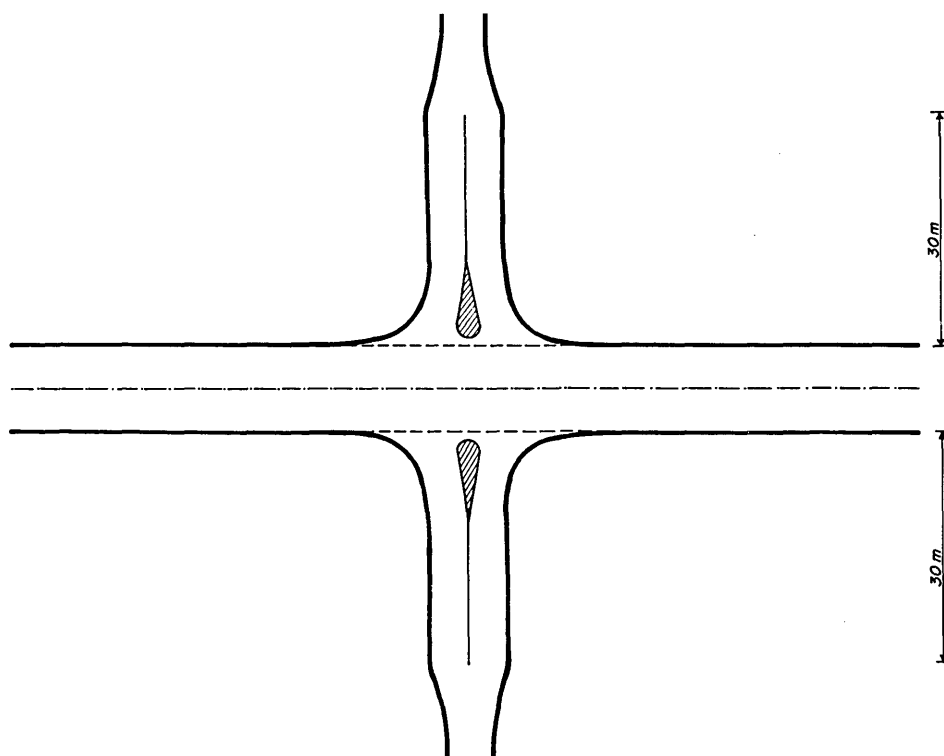


Fig. 11 - Incrocio con isola divisionale «a goccia».
Cross-roads with a drop shaped island.

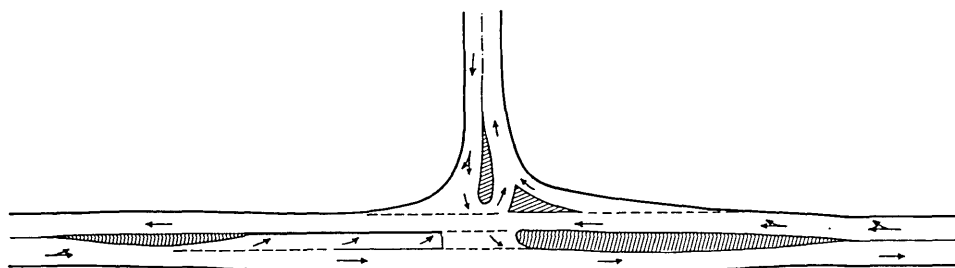


Fig. 12 - Intersezione a tre braccia senza corsie di accelerazione e decelerazione.
A "T" junction without acceleration and deceleration lanes.

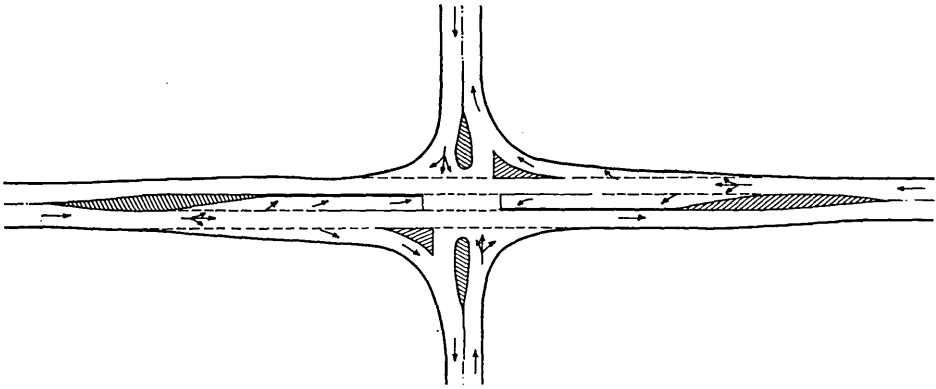


Fig. 13 - Intersezione a quattro braccia senza corsie di accelerazione e decelerazione.
A cross-roads without acceleration and deceleration lanes.

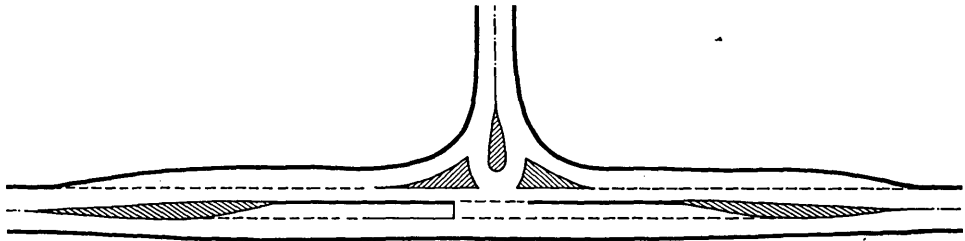


Fig. 14 - Intersezione a tre braccia con corsie di accelerazione e decelerazione.
A "T" junction with acceleration and deceleration lanes.

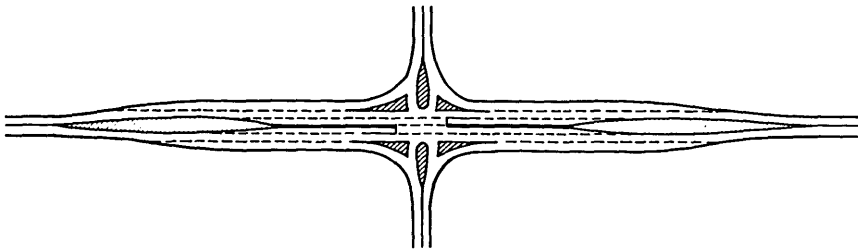


Fig. 15 - Intersezione a quattro braccia con corsie di accelerazione e decelerazione.
A cross-roads with acceleration and deceleration lanes.

Sono incroci pericolosi sempre regolati da apposito semaforo e hanno configurazione del tipo indicato nella figura 16.

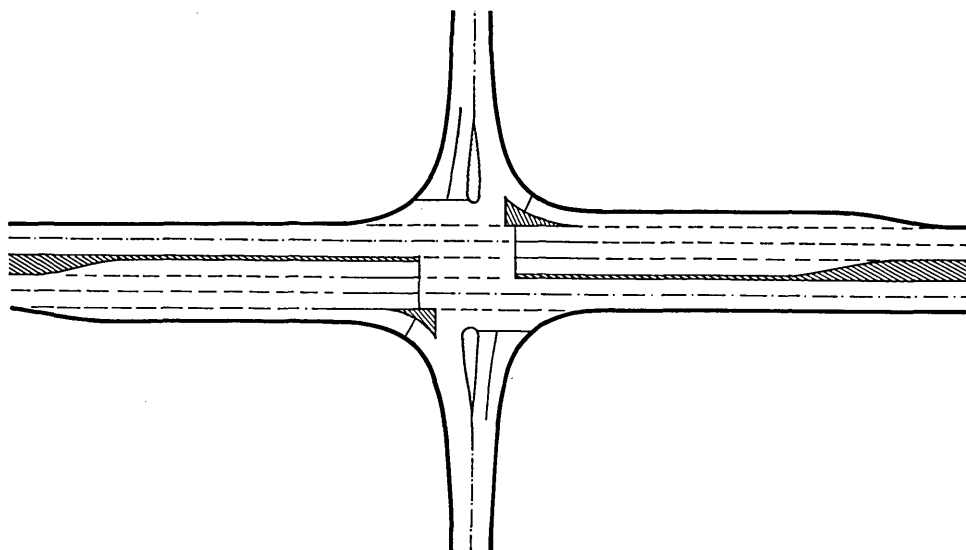


Fig. 16 - Intersezione regolamentata con impianto semaforico.
An intersection with traffic lights.

d) Intersezione di tipo IV

Sono intersezioni a sistema rotatorio e possono essere impiegate nelle strade a due corsie, quando si vuole concentrare in punti ben determinati la manovra di intersezione o di inversione, oppure quando confluiscono nello stesso punto piú di due strade a due corsie, oppure ancora in alternativa all'impianto semaforico.

La realizzazione di intersezioni tra un numero di strade superiore a due deve limitarsi a situazioni particolari determinate da esigenze locali e singolari, e quindi non oggettive in generale, tali da rendere obbligata la confluenza di piú arterie nello stesso punto.

Le configurazioni di incrocio a raso proposte sono consigliate per strade extraurbane. Per le intersezioni urbane si applicano invece le norme riportate nel B.U. del CNR n. 90 del 15.4.83 che in parte vanno estese anche a quelle già trattate.

Tali norme fanno riferimento alla classificazione delle strade urbane (B.U. del CNR n. 60 del 26.4.78) e individuano sette gruppi di intersezioni:

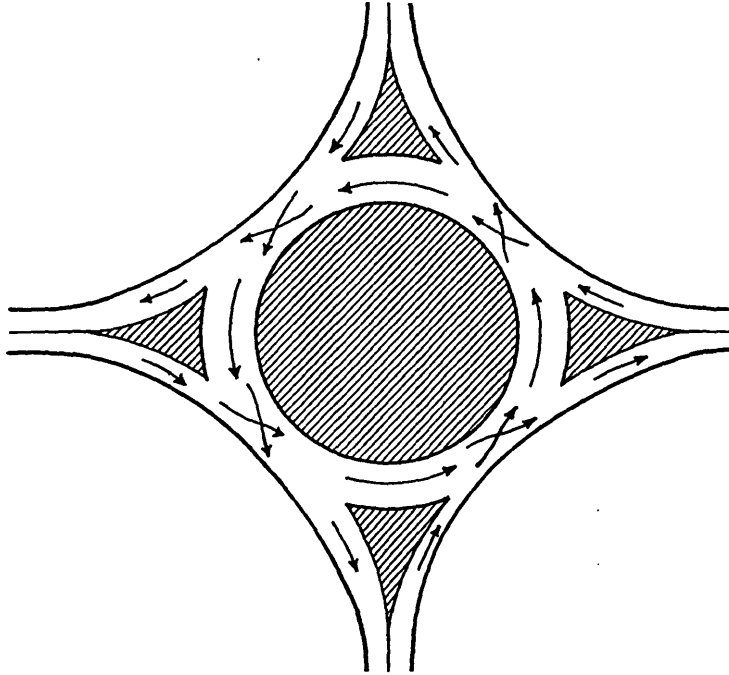


Fig. 17 - Intersezione di due strade con soluzione rotatoria.
A cross-roads with a roundabout.

- 1) strada primaria con strada primaria,
- 2) strada primaria con strada di scorrimento,
- 3) strada di scorrimento con strada di scorrimento,
- 4) strada di scorrimento con strada di quartiere,
- 5) strada di quartiere con strada di quartiere,
- 6) strada di quartiere con strada locale,
- 7) strada locale con strada locale.

Di detti tipi di incroci si tralascia la trattazione dettagliata delle varie configurazioni e delle relative correnti di traffico, mentre ne saranno richiamati alcuni aspetti tra gli elementi che compongono le intersezioni a raso.

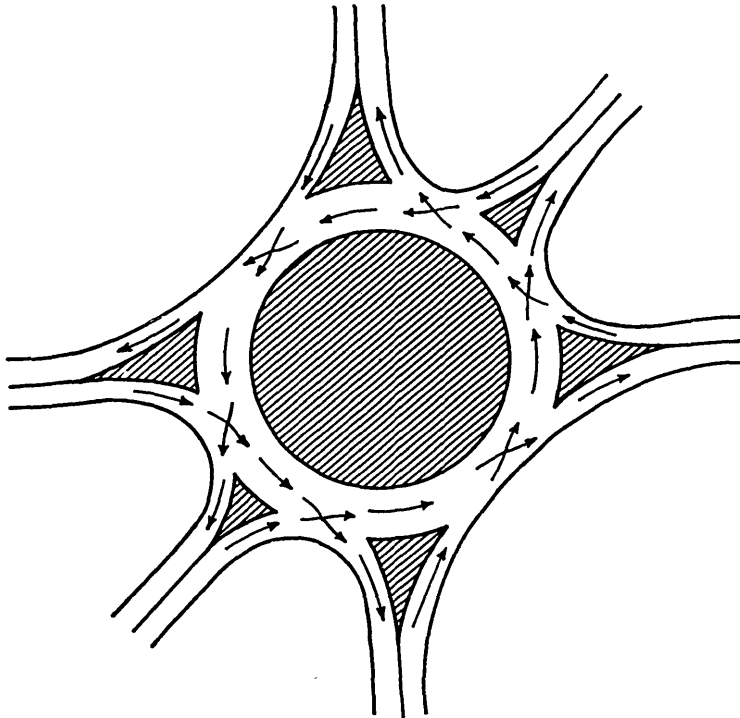


Fig. 18 - Intersezione di più strade con soluzione rotatoria.
A multiple intersection with a roundabout.

6. ELEMENTI DELLE INTERSEZIONI A RASO

Componenti importanti degli incroci a livello sono i cigli esterni, le corsie di svolta a sinistra e a destra, le corsie di decelerazione e accelerazione. Di tali elementi si esaminano ora in dettaglio raccordi, configurazione geometrica e dimensionamento.

6.1. Raccordo dei cigli esterni

Nelle intersezioni a raso, indipendentemente dal tipo adottato, i cigli esterni delimitano l'andamento della piattaforma stradale, intesa come complesso costituito dalle corsie e dalle isole divisionali. Dipendendo la larghezza delle corsie dal tipo di strada, gli elementi variabili, che derivano a loro volta dall'andamento dei cigli, sono rappresentati dalle isole divisionali. La configurazione che i cigli assumono nelle corsie ausiliarie verrà esaminata nei paragrafi successivi: al momento viene trattata la geometria dei cigli agli incroci.

Le norme del CNR stabiliscono che il raccordo dei cigli esterni avvenga mediante curva tricentrica e secondo le seguenti due condizioni

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = \delta \quad 1)$$

in cui

δ è l'angolo formato dai cigli

$$\alpha_1 = \alpha_3$$

$$\alpha_2 = 5,5 \alpha_1$$

$$R_1 : R_2 : R_3 = 2,5 : 1 : 5,5 \quad 2)$$

dove R_2 si ricava dalla tabella 2, valida per le strade extraurbane.

Tab. 2

ω	R_2 minimo in metri			
	Intersezione di tipo I°		Intersezione di tipo II° e III°	
	entrata	uscita	entrata	uscita
70°	12	8	17	10
100°	10	10	12	12
120°	8	12	10	17

Per determinare i valori intermedi si suggerisce l'interpolazione lineare. Nelle strade urbane i raggi del raccordo tricentrico si stabiliscono, a seconda del tipo di intersezione, in ragione della tabella 3 compilata dal CNR.

Tab. 3

ω	R_2 minimo (m) per le intersezioni omogenee					
	tra strade locali		tra strade di quartiere		tra strade di scorrimento	
	entrata	uscita	entrata	uscita	entrata	uscita
70°	10	6	17	10	38	18
100°	8	8	12	12	25	25
120°	6	10	10	17	18	38

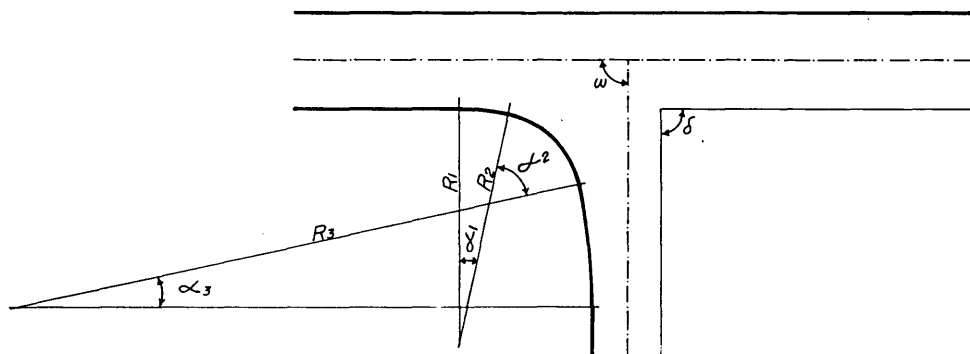


Fig. 19 - Raccordo di ciglio per svolta a destra.
Edge of filter lane.

A titolo esemplificativo ed a maggior chiarimento si riportano alcuni esempi.

a) Calcolo degli angoli α_1 , α_2 e α_3 per $\delta = 100^\circ$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 100^\circ$$

$$\alpha_1 = \alpha_3$$

$$\alpha_2 = 5,5 \alpha_1$$

per sostituzione si ottiene

$$\alpha_1 + 5,5 \alpha_1 + \alpha_1 = 100^\circ$$

$$\alpha_1 = \frac{100}{7,5} = 13,33^\circ$$

ed in conseguenza

$$\alpha_1 = 13,33^\circ$$

$$\alpha_2 = 73,34^\circ$$

$$\alpha_3 = 13,33^\circ$$

b) Calcolo dei raggi della curva tricentrica in uscita da una strada principale extraurbana per intersezione di tipo I° con $\omega = 100^\circ$. Poiché $R_2 = 10$

$$R_1 = 2,5 \cdot R_2 = 25 \qquad R_3 = 5,5 \cdot R_2 = 55$$

6.2. Corsia per svolta a sinistra in uscita da una strada principale

La corsia per la svolta a sinistra, ove prevista, ha la funzione di incanalare i veicoli che devono svoltare appunto a sinistra senza ostacolare chi procede dritto o svolta a destra: è perciò necessario si possa disporre di uno spazio d'immissione, di uno spazio di frenata e di uno spazio d'accumulo.

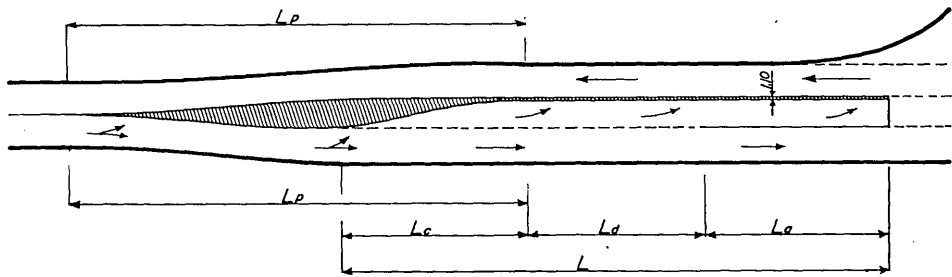


Fig. 20 - Inserimento di corsia per svolta a sinistra.
A filter lane for turning left.

Il modulo di corsia necessita di una larghezza pari alla corsia corrente, comunque non inferiore a 3 metri, mentre la lunghezza complessiva vale

$$L = L_a + L_d + L_c \tag{3)}$$

dove L_a è il tratto destinato all'accumulo e deve essere maggiore di 20 ml,
 L_d il tratto di decelerazione e si ricava dal primo rigo della tabella 4,
 L_c il tratto necessario al cambio di corsia e si deduce dal secondo rigo della stessa tabella, purché il valore tabellare risulti maggiore della lunghezza minima, fissata in 30 ml.

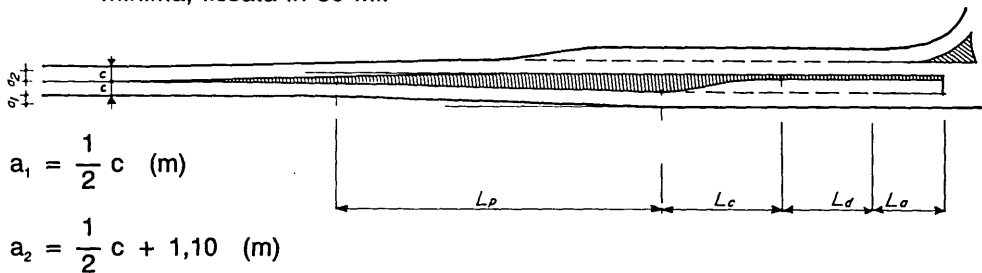


Fig. 21 - Inserimento di corsia per svolta a sinistra nelle strade urbane.
A lane for turning left in urban streets.

Tab. 4

	i = -4%								i = 0%								i = +4%							
	40	50	60	70	80	90	100		40	50	60	70	80	90	100		40	50	60	70	80	90	100	
V_c (Km/h)	40	50	60	70	80	90	100		40	50	60	70	80	90	100		40	50	60	70	80	90	100	
L_d (m)	10	15	25	40	60	80	105	5	10	20	30	40	55	75	—	5	15	20	30	40	55	75	—	5
L_c (m)	30	35	40	45	50	55	60	20	25	30	35	40	45	50	15	20	25	30	35	40	45	50	15	20

V_c ed i sono rispettivamente la velocità e la pendenza del ramo dell'intersezione.

Negli incroci urbani il modulo di corsia deve mantenere la larghezza della corsia corrente e comunque non essere inferiore a 3 m nelle strade con volumi di traffico normali e con transito vietato ai veicoli articolati o con rimorchio non leggero, ed a 3,50 m per grandi volumi di traffico e senza limitazioni per i veicoli anzidetti. La lunghezza della corsia si ottiene sempre dalla relazione 3, nella quale il termine L_a è ≥ 20 , e L_d e L_c si ricavano dalla tabella 5, valida appunto per le intersezioni urbane.

Tab. 5

	i = -2%								i = 0%								i = +2%							
	40	50	60	70	80	90			40	50	60	70	80	90			40	50	60	70	80	90		
V_c (Km/h)	40	50	60	70	80	90			40	50	60	70	80	90			40	50	60	70	80	90		
L_d (m)	7,5	12,5	22,5	35	50	67,5	5	10	20	30	40	55	—	—	7,5	17,5	25	35	47	—	—	—	—	—
L_c (m)	30	30	35	40	45	50	30	30	30	30	35	40	45	30	30	30	30	30	32,5	37,5	42,5	—	—	

V_c ed i sono rispettivamente la velocità e la pendenza del ramo dell'intersezione.

L'inserimento delle corsie ausiliarie implica un allargamento della sede stradale. I cigli esterni assumono così la configurazione indicata in figura e la lunghezza del raccordo L_p vale

$$L_p = V_c \sqrt{a} \quad 4)$$

dove "a" rappresenta l'allargamento della carreggiata per ciascun lato rispetto all'asse e V_c è ancora la velocità nel ramo dell'intersezione.

Se gli allargamenti sono disuguali si fa riferimento al maggiore.

6.3. Corsia per svolta a destra in uscita da una strada principale

Qualora l'intersezione, per particolari situazioni locali, sia poco individuabile o la velocità caratteristica sia superiore a 80 Km/h, è necessario realizzare la corsia per la svolta a destra in uscita dalla strada principale.

Quanto alle caratteristiche geometriche degli elementi presenti nelle intersezioni

valgono le stesse indicazioni riportate al paragrafo precedente per la corsia con svolta a sinistra.

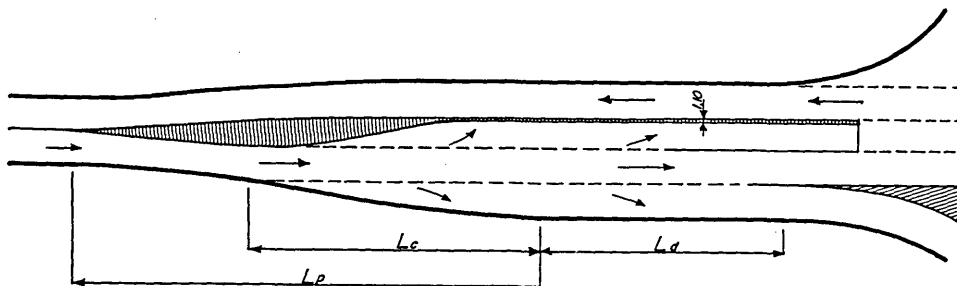


Fig. 22 - Inserimento di corsia per svolta a destra.
A filter lane for turning right (A right lane).

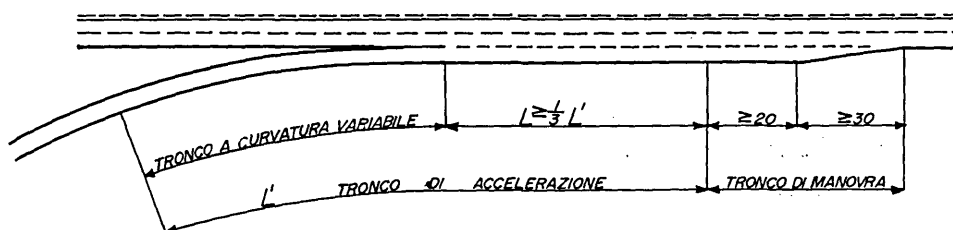


Fig. 23 - Corsia di accelerazione.
An acceleration lane.

Invece l'andamento del raccordo fra la corsia ordinaria e la corsia per la svolta a destra si può ottenere per punti dalla relazione

$$a_n = C_n \cdot a \quad 5)$$

dove C_n si determina dalla tabella 6 in ragione del rapporto L_n/L_p , intendendo con L_n l'ascissa del punto in cui si vuole calcolare il valore a_n , e con a l'allargamento necessario per realizzare la corsia.

Nel caso in cui dal calcolo risulti $L_c < 50$ ml la svolta a destra può essere realizzata con la configurazione indicata in figura 25.

Tab. 6

L_n/L_p	C_n
0,00	0,0000
0,05	0,0050
0,10	0,0200
0,15	0,0450
0,20	0,0800
0,25	0,1250
0,30	0,1800
0,35	0,2450
0,40	0,3200
0,45	0,4050
0,50	0,5000
0,55	0,5950
0,60	0,6800
0,65	0,7550
0,70	0,8200
0,75	0,8750
0,80	0,9200
0,85	0,9550
0,90	0,9800
0,95	0,9950
1,00	1,0000

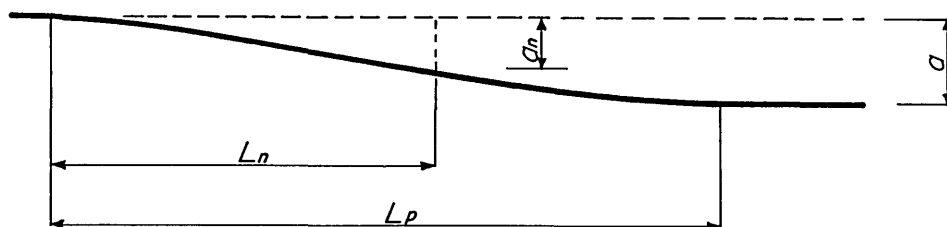


Fig. 24 - Inserimento della corsia per svolta a destra.
A filter lane for turning right.

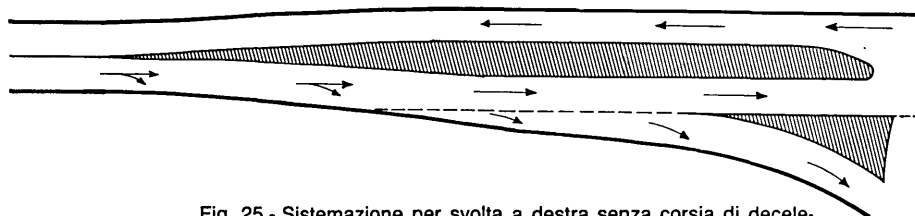


Fig. 25 - Sistemazione per svolta a destra senza corsia di decelerazione.
A right turn without a deceleration lane.

6.4. Corsia di accelerazione

Se la velocità caratteristica del raccordo supera i 60 Km/h l'inserimento dei veicoli provenienti dalla strada secondaria avviene mediante corsia di accelerazione.

Questa, della larghezza non inferiore a 3,50 metri, si compone di due tratti, il primo per l'accelerazione il secondo per la manovra.

Il tronco di accelerazione inizia, per le intersezioni a raso non appena si esce dall'area di immissione, sempre che il raccordo sia a raggio variabile con valore minimo nel punto di tangenza di 200 m. Lo sviluppo del tronco si ottiene dalla espressione

$$L = \frac{V_c^2 - V_i^2}{2a} \quad 6)$$

dove V_c è la velocità caratteristica,

V_i la velocità di immissione nel tronco di accelerazione,

a l'accelerazione del veicolo, consigliabile pari a 1 m/sec^2 .

Un tratto minimo, pari ad un terzo del raccordo L , è bene sia realizzato con asse rettilineo e parallelo alla corsia di marcia. Successivamente il tronco di manovra deve poi proseguire almeno per 20 m parallelamente alla corsia e il raccordo avere una lunghezza complessiva non inferiore a 30 metri.

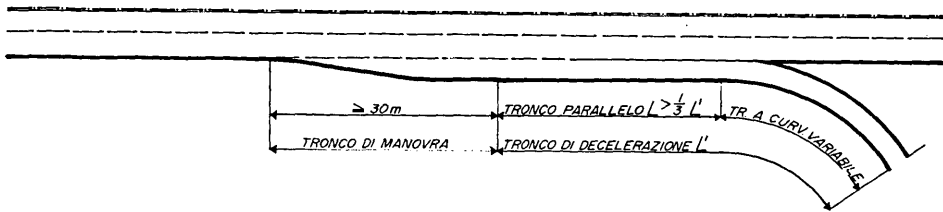


Fig. 26 - Soluzione di svolta a destra con tronco di decelerazione parzialmente realizzato nel raccordo a raggio variabile.

A right filter lane with a deceleration section in a stretch of road with a varying radius.

7. INTERSEZIONI NON ATTREZZATE

Nel caso di intersezioni non attrezzate con corsie specializzate, occorre quanto meno predisporre adeguate soluzioni per la sede viaria tali che la fascia di ingombro dinamico delle correnti veicolari di svolta sia sempre compresa nella propria semicarreggiata. Ciò in funzione del tipo e delle caratteristiche dei veicoli ammessi al transito nella intersezione.

Per il tracciamento dei margini della carreggiata si ricorre alle curve tricentriche, secondo i criteri già esposti in precedenza. In casi eccezionali è consentito il tracciamento con una unica curva circolare monocentrica di raggio interno minimo di 8,00 m se in presenza di sole autovetture, e di 12,00 m negli altri casi.

8. CONCLUSIONI

Il tema sulle intersezioni a raso è stato sviluppato soltanto in alcune parti: lo studio non pretende pertanto di aver trattato esaurientemente l'argomento che annovera altri aspetti e diversi.

Infatti come visto, i tipi, la configurazione, le modalità di realizzazione sono numerosi e complessi. La scelta della soluzione ottimale deriverà dalle condizioni obiettive che si presenteranno caso per caso, dall'importanza delle arterie, dal grado di funzionalità che si vuole assegnare agli incroci, dallo stato dei siti.

Qualunque siano le premesse e i limiti da tenere in conto e le finalità primarie da conseguire, le decisioni da prendere saranno comunque condizionate da fattori che dovranno privilegiare anzitutto la sicurezza, non disgiunta dalla funzionalità e dal costo, tenuto anche conto, ma non in ultimo, del corretto inserimento nel paesaggio degli apprestamenti e dei manufatti da realizzare, esigenza troppo spesso a torto ignorata e mortificata con modalità d'esecuzione traumatiche e irrimediabili, frutto di insensibilità e di mera indifferenza.

BIBLIOGRAFIA

Bollettino Ufficiale del CNR n. 31 del 28.3.73.

Bollettino Ufficiale del CNR n. 78 del 28.7.80.

MONARDO L. 1981 - Pianificazione e tecnica delle infrastrutture stradali. Università di Roma. Facoltà di Architettura.

BONFIGLI C., SOLAINI L. 1982 - Trattato di Topografia. Vol. III, Le Monnier, Firenze.

FERRARI P., GIANNINI F. 1983 - Geometria e progetto di strade. Vol. I, A. Mondadori.

DRAGONETTI-PROCINO-ROSSI Topografia e disegno topografico A.P.E. - Mursia.

AGOSTINI A. 1983 - Nuovo corso di Topografia - Vol. III. Hoepli.

TESORIERE G. 1983 - Strade ferrovie aeroporti. Vol. I, UTET Torino.

Bollettino Ufficiale del CNR n. 90 del 15.4.83.

DEL GAUDIO A., 1986 - Nuovo corso di Topografia. Calderini.