

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

-

**COMMISSIONE DI STUDIO PER LE NORME
RELATIVE AI MATERIALI STRADALI E
PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE E
MANUTENZIONE STRADE**

D.P. CNR N. 13465 del 11/09/1995

**NORME FUNZIONALI E GEOMETRICHE
PER LA COSTRUZIONE DELLE STRADE**

☆ Roma, 13 novembre 1998 ☆

COMMISSIONE DI STUDIO PER LE NORME RELATIVE AI MATERIALI STRADALI E COSTRUZIONE E MANUTENZIONE STRADE

Il presente Rapporto è stato approvato in data 13.11.1998 dalla “Commissione di studio per le norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade”, costituita con Decreto del Presidente del CNR n. 13465 del 11 settembre 1995, così composta:

PRESIDENTE

Prof. Pietro **GIANNATTASIO** - Università di Napoli

MEMBRI

Prof. Michele AGOSTINACCIO	Università di Napoli	Prof. Orazio GIUFFRE'	Università di Palermo
Prof. Aurelio AMODEO	Università di Trieste	Prof. Giuseppe IMBESI	Univ. di Roma “La Sapienza”
Prof. Antonio BENINI †	già Univ. di Roma “La Sapienza”	Ing. Corrado LOSCHIAVO	Ministero dei Lavori Pubblici
Prof. Mario BORDIN	Università di Udine	Prof. Franco MACERI	Univ. Roma “Tor Vergata”
Ing. Alberto BRACCHI	Ministero dei Lavori Pubblici	Ing. Pietro MAGGIOROTTI	Ministero dei Lavori Pubblici
Prof. Alberto BUCCHI	Università di Bologna	Prof. Aurelio MARCHIONNA	Università di Roma III
Ing. Gabriele CAMOMILLA	AIPCR	Ing. Francesco MAZZIOTTA	Ministero dei Lavori Pubblici
Ing. Luciano CAROTI	Università di Pisa	Prof. Giorgio MORALDI	già Univ. di Roma “La Sapienza”
Ing. Vittorio CASTAGNETTA	Genova	T.Col. Pietro PIGNATARO	Min.Difesa Aeron. Militare
Ing. Pasquale CIALDINI	Ministero dei Lavori Pubblici	Ing. Lucio QUAGLIA	A.I.I.T.
Ing. Carlo CIDDA	A.I.S.C.A.T.	Prof. Alessandro RANZO	Univ. Roma “La Sapienza”
Prof. Mariano CUPO-PAGANO	Univ. di Roma “La Sapienza”	Prof. Felice SANTAGATA	Università di Ancona
Prof. Antonino D'ANDREA	Università di Catania	Prof. Ugo Maria S. SCHIAVONI	Univ. Roma “Tor Vergata”
Ing. Fulvio DE PAOLIS	A.N.A.S.	Ing. Goffredo SILVESTRO	Ministero dei Lavori Pubblici
Prof. Renato DI MARTINO	già Università di Napoli	Ing. Giancarlo STORTO	Ministero dei Lavori Pubblici
Prof. Lorenzo DOMENICHINI	Università di Messina	dott. Attilio ZOCCA	Ferrovie dello Stato
Ing. Aldo FRANCHI	ICITE-CNR		

COMPONENTI DEL GRUPPO DI LAVORO “Caratteristiche geometriche e funzionali delle strade”

COORDINATORE

Prof. Ing. Aurelio **AMODEO**

MEMBRI

Prof. Michele **AGOSTINACCIO**
Prof. Mario **BORDIN**
Prof. Luciano **CAROTI**
Ing. Carlo **CIDDA**
Ing. Pasquale **CIALDINI**
Prof. Antonio **D' ANDREA**
Prof. Lorenzo **DOMENICHINI**
Prof. Pietro **GIANNATTASIO**
Prof. Orazio **GIUFFRE'**
Prof. Giuseppe **IMBESI**
Prof. Aurelio **MARCHIONNA**
Ing. Lucio **QUAGLIA**
Prof. Alessandro **RANZO**
Prof. Felice **SANTAGATA**
Prof. Ugo Maria **SCHIAVONI SCHIAVONI**

Hanno anche partecipato ai lavori

Prof. Bruno **CRISMAN**
Ing. Massimo **LOSA**
Ing. Vittorio **NICOLOSI**

REDAZIONE DEL RAPPORTO

Responsabile scientifico:

prof. ing. Aurelio Amodeo

RICERCATORI

- prof. ing. Aurelio Amodeo, Università di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Civile
- prof. ing. Alessandro Ranzo, Università di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di
Idraulica, Trasporti e Strade
- prof. ing. Lorenzo Domenichini, Università di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile
- prof. ing. Aurelio Marchionna, Università di Roma Tre, Dipartimento di Scienze
dell’Ingegneria Civile
- prof. ing. Bruno Crisman, Università di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Civile
- prof. ing. Mario Bordin, Università di Udine, Dipartimento di Georisorse e Territorio
- dott. ing. Roberto Roberti, ricercatore presso l’Università di Trieste, Dipartimento di
Ingegneria Civile
- dott. ing. Silvia Fonzari, dottorando presso l’Università di Trieste, Dipartimento di
Ingegneria Civile
- dott. ing. Antonio Scalamandr , dottorando presso l’Università di Roma “La Sapienza”,
Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade

INDICE DEL RAPPORTO

COMMISSIONE DI STUDIO PER LE NORME RELATIVE AI MATERIALI STRADALI E COSTRUZIONE E MANUTENZIONE STRADE	pag.	I
COMPONENTI DEL GRUPPO DI LAVORO		I
REDAZIONE DEL RAPPORTO		II
INDICE DEL RAPPORTO		III
INTRODUZIONE		1
CAP. 1	DEFINIZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI	2
CAP. 2	LE RETI STRADALI	4
CAP. 3	CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E CRITERI COMPOSITIVI DELLA PIATTAFORMA	9
3.1	Premessa	9
3.2	Individuazione delle categorie di traffico	9
3.3	Elementi costitutivi dello spazio stradale	13
3.4	Caratteristiche geometriche e di traffico delle sezioni	18
3.4.1	Numero delle corsie per senso di marcia	18
3.4.2	Larghezza delle corsie	18
3.4.3	Larghezza del margine interno o laterale	18
3.4.4	Livello di servizio	19
3.4.5	Flusso massimo	19
3.4.6	Larghezza del marciapiede	19
3.4.7	Regolazione della sosta	19
3.4.8	Regolazione dei mezzi pubblici	20
3.5	Strade locali a destinazione particolare	20
3.6	Esempi di organizzazione della piattaforma stradale	20
CAP. 4	ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE	32
4.1	Sezione stradale in sede artificiale	32
4.1.1	Opere di scavalco e sottopassi	32
4.1.2	Gallerie	36
4.2	Corsie supplementari per i veicoli lenti	40
4.3	Elementi marginali e di arredo della sede stradale	42
4.3.1	Margine interno	42
4.3.2	Margine laterale	42
4.3.3	Margine esterno	42
4.3.4	Cigli e cunette	43
4.3.5	Marciapiedi	43
4.3.6	Piazzole di sosta	46
4.3.7	Dispositivi di ritenuta	46

CAP. 5	GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE	pag. 47
5.1	Distanze di visibilità	47
5.1.1	Visuali libere	47
5.1.2	Distanza di visibilità per l'arresto	47
5.1.3	Distanza di visibilità per il sorpasso	52
5.1.4	Distanza di visibilità per manovra di cambiamento di corsia	52
5.1.5	Applicazioni progettuali	52
5.2	Andamento planimetrico dell'asse	54
5.2.1	Criteri di composizione dell'asse	54
5.2.2	Elementi del tracciato planimetrico	54
5.2.3	Pendenze trasversali della piattaforma nei rettifili	56
5.2.4	Pendenze trasversali della piattaforma in funzione del raggio delle curve circolari e della velocità	57
5.2.5	Curve a raggio variabile	61
5.2.6	Pendenze trasversali nelle curve a raggio variabile	67
5.2.7	Allargamento della carreggiata in curva	69
5.3	Andamento altimetrico dell'asse	75
5.3.1	Elementi del profilo altimetrico	75
5.3.2	Raccordi verticali	76
5.3.3	Raccordi verticali convessi (dossi)	78
5.3.4	Raccordi verticali concavi (sacche)	80
5.4	Diagramma delle velocità	82
5.4.1	Lunghezza di transizione	82
5.4.2	Distanza di riconoscimento	83
5.4.3	Costruzione del diagramma delle velocità	83
5.4.4	Esame del diagramma delle velocità	86
5.5.	Coordinamento plano-altimetrico	86
5.5.1	Posizioni del raccordo verticale	86
5.5.2	Difetti di coordinamento fra elementi planimetrici e altimetrici	87
5.5.3	Perdita di tracciato	87

INTRODUZIONE

In attuazione dell'art. 13 del D. L.vo 30 aprile 1992, n. 285 "Nuovo Codice della Strada" e successive modificazioni, il Ministro dei Lavori Pubblici emana le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi";

Dette norme, devono essere improntate anche alla sicurezza della circolazione degli utenti della strada, alla riduzione dell'inquinamento acustico ed atmosferico, ed al rispetto dell'ambiente e di immobili di notevole pregio architettonico o storico.

Per la redazione di queste norme il Ministro dei LL.PP. dovrà sentire il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche. In particolare, il CNR, dovrà rivedere e completare le "Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle strade" sulla base delle disposizioni contenute nel D.Lgs. citato, al fine di consentire al Ministero dei Lavori Pubblici di predisporre le norme funzionali e geometriche a carattere cogente, per la programmazione, progettazione, costruzione, collaudo, nonché per il controllo e la manutenzione delle infrastrutture stradali e delle relative pertinenze di esercizio e di servizio, nonché di predisporre le direttive ministeriali per una corretta applicazione dell'art. 81 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616, attribuendo particolare rilievo agli aspetti urbanistico-territoriali che devono essere attentamente valutati nella progettazione stradale, in un quadro di interconnessione con gli altri sistemi a rete.

In questo ampio programma si inquadra il presente rapporto, elaborato in seno al Gruppo di Lavoro CNR e riguardante in particolare le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

CAP. 1 - DEFINIZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

Si definisce "strada" l'area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali.

Le norme che formano oggetto di questo fascicolo definiscono i criteri per la progettazione degli aspetti funzionali e degli elementi geometrici delle strade, in relazione alla loro classificazione secondo Codice. La qualificazione funzionale delle strade è basata sui tipi di utenti e di attività ammesse sulle strade stesse, tenuto conto della situazione ambientale in cui esse sono inserite. I criteri di progettazione riguardano gli elementi geometrici dell'asse e della piattaforma delle strade urbane ed extraurbane, affinché la circolazione degli utenti ammessi si svolga con sicurezza e regolarità. Nello specifico, per i veicoli motorizzati le presenti norme perseguono lo scopo di indurre i conducenti a non superare i valori di velocità posti a base della progettazione.

La domanda di trasporto, individuata dal volume orario di traffico, dalla sua composizione e dalla velocità media di deflusso, determina, come scelta progettuale, la sezione stradale e l'intervallo della velocità di progetto. In particolare, la scelta del numero di corsie di marcia della sezione stradale e della loro tipologia definisce l'offerta di traffico, mentre la scelta dell'intervallo di velocità di progetto condiziona, in relazione all'ambiente attraversato dall'infrastruttura, le caratteristiche plano-altimetriche dell'asse e le dimensioni dei vari elementi della sezione.

Con il termine "intervallo di velocità di progetto" si intende il campo dei valori in base ai quali devono essere definite le caratteristiche dei vari elementi di tracciato della strada (rettifili, curve circolari, curve a raggio variabile). Detti valori variano da elemento ad elemento, allo scopo di consentire al progettista una certa libertà di adeguare il tracciato al territorio attraversato.

Il limite superiore dell'intervallo è la velocità di riferimento per la progettazione degli elementi meno vincolanti del tracciato, date le caratteristiche di sezione della strada. Essa è comunque almeno pari alla velocità massima di utenza consentita dal "Codice della strada" per i diversi tipi di strada (limiti generali di velocità).

Il limite inferiore dell'intervallo è la velocità di riferimento per la progettazione degli elementi plano-altimetrici più vincolanti per una strada di assegnata sezione.

Nel fissare le velocità di progetto di due elementi successivi e contigui del tracciato stradale si dovrà evitare l'adozione dei valori minimo e massimo dell'intervallo prefissato. Inoltre il passaggio da un elemento con una certa velocità di progetto ad un altro con velocità di progetto sensibilmente diversa dovrà avvenire con i criteri di gradualità successivamente prescritti.

Si osservi che, in situazioni favorevoli per conformazione del territorio interessato dal tracciato e per assenza di vincoli di qualunque tipo, è possibile, senza un sensibile aggravio dei costi di costruzione, adottare per la progettazione degli elementi plano-altimetrici più vincolanti, una velocità di riferimento maggiore del limite inferiore dell'intervallo previsto.

Le norme di questo fascicolo si riferiscono alla costruzione di tutti i tipi di strade previste dal Codice, con esclusione di quelle di montagna collocate su terreni morfologicamente difficili, per le quali non è generalmente possibile il rispetto dei criteri di progettazione di seguito previsti.

Inoltre queste norme non considerano particolari categorie di strade urbane, quali ad esempio quelle collocate in zone residenziali, che necessitano di particolari arredi, quali anche i dispositivi per la limitazione della velocità dei veicoli. *Parimenti, esse non riguardano la progettazione geometrica e funzionale degli incroci.*

Interventi su strade esistenti vanno eseguiti adeguando alle presenti norme, per quanto possibile, le caratteristiche geometriche delle stesse, in modo da soddisfare nella maniera migliore le esigenze della circolazione.

Per quanto riguarda le distanze minime - in parallelo alla strada - a protezione della piattaforma e delle pertinenze, occorre fare riferimento al Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice - D.P.R. 16.12.1992 n.° 495 - artt. 26, 27 e 28.

Pertanto si raccomanda alla sensibilità del progettista la previsione progettuale vincolante di idonei distanziamenti, rispetto la strada, di recinzioni, alberature, esercizi di vendita ecc., in modo tale da non pregiudicare la sicurezza di tutti gli utenti e la scorrevolezza del traffico.

Rimane inoltre ai progettisti la possibilità di proporre soluzioni innovative rispetto le seguenti norme, con l'obbligo che esse debbano venir comunque approvate secondo le modalità precisate all'art. 13 del Codice della Strada.

CAP. 2 - LE RETI STRADALI

Ai fini di una valorizzazione delle infrastrutture stradali, dal punto di vista della funzionalità e sicurezza, coordinata al rispetto delle risorse ambientali ed allo sviluppo socio-economico dell'area territoriale di inserimento, risulta fondamentale individuare un ordinamento delle strade basato sia sulla funzione ad esse associata nel territorio, sia sulla funzione da esse assolta all'interno della rete stradale di appartenenza.

Il sistema globale di infrastrutture stradali può essere schematizzato come un insieme integrato di reti distinte, ciascuna delle quali costituita da un insieme di elementi componenti che si identificano con le strade (archi), collegate da un sistema di interconnessioni (nodi).

In considerazione di ciò e della necessità di una classificazione funzionale delle strade, prevista dal Nuovo Codice della Strada, risulta quindi indispensabile eseguire una valutazione complessiva delle reti stradali a cui le singole strade possono appartenere e definire per tali reti un preciso rapporto gerarchico basato sull'individuazione della funzione assolta dalla rete nel contesto territoriale e nell'ambito del sistema globale delle infrastrutture stradali.

A tale scopo sono stati individuati alcuni fattori fondamentali che, caratterizzando le reti stradali dal punto di vista funzionale, consentono di collocare la rete oggetto di studio in una classe precisa; essi sono:

- tipo di movimento servito (di transito, di distribuzione, di penetrazione, di accesso); il movimento è da intendersi pure nel senso opposto, cioè di raccolta progressiva ai vari livelli;
- entità dello spostamento (distanza mediamente percorsa dai veicoli);
- funzione assunta nel contesto territoriale attraversato (collegamento nazionale, interregionale, provinciale, locale);
- componenti di traffico e relative categorie (veicoli leggeri, veicoli pesanti, motoveicoli, pedoni, ecc.).

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (ex art. 2 del Codice) ed in considerazione dei quattro fattori fondamentali sopra elencati, si possono individuare nel sistema globale delle infrastrutture stradali i seguenti quattro livelli di rete, ai quali far corrispondere le funzioni riportate nella seguente tabella. Nella stessa tabella è presentata una corrispondenza indicativa tra gli archi della rete e i tipi di strade previsti dal Codice.

RETE	STRADE CORRISPONDENTI SECONDO CODICE	
	in ambito extraurbano	in ambito urbano
a - rete primaria (di transito, scorrimento)	autostrade extraurbane strade extraurbane principali	autostrade urbane strade urbane di scorrimento
b - rete principale (di distribuzione)	strade extraurbane principali	strade urbane di scorrimento
c - rete secondaria (di penetrazione)	strade extraurbane secondarie	strade urbane di quartiere
d - rete locale (di accesso)	strade locali extraurbane	strade locali urbane

RETE PRIMARIA

- movimento servito: *transito, scorrimento*
- entità dello spostamento: distanze lunghe
- funzione nel territorio: nazionale e interregionale in ambito extraurbano, di intera area urbana in ambito urbano
- componenti di traffico: componenti limitate

RETE PRINCIPALE

- movimento servito: *distribuzione* dalla rete primaria alla secondaria ed eventualmente alla locale
- entità dello spostamento: media distanza
- funzione nel territorio: interregionale e regionale in ambito extraurbano, interquartiere in ambito urbano
- componenti di traffico: componenti limitate

RETE SECONDARIA

- movimento servito: *penetrazione* verso la rete locale
- entità dello spostamento: distanza ridotta
- funzione nel territorio: provinciale e interlocale in ambito extraurbano, di quartiere in ambito urbano
- componenti di traffico: tutte le componenti

RETE LOCALE

- movimento servito: *accesso*
- entità dello spostamento: *breve distanza*
- funzione nel territorio: *interlocale e comunale in ambito extraurbano, interna al quartiere in ambito urbano*
- componenti di traffico: *tutte le componenti*

Procedendo in ordine decrescente nella gerarchia prefissata per le reti, si verifica che la velocità media di percorrenza decresce e la qualità del servizio offerto diminuisce rapidamente all'aumentare del flusso di traffico. Non deve essere sottovalutata, inoltre, nell'ambito del fattore "componenti di traffico" la variabile *veicoli pesanti* che, oltre a dare implicitamente indicazioni sulla tipologia di movimento servito, pone l'accento sull'eventuale necessità di istituire "canali di traffico preferenziale" da introdurre come elementi fondamentali delle reti stradali a destinazione specifica.

Ai quattro livelli funzionali di rete sopracitati deve essere aggiunto, inoltre, il livello terminale, che si identifica con le strutture predisposte alla sosta dei veicoli, limitate anche a poche unità di superficie e che risulta caratterizzato nel modo che segue:

LIVELLO TERMINALE

- movimento servito: *sosta*
- entità dello spostamento: *nulla*
- funzione nel territorio: *locale*
- componenti di traffico: *tutte le componenti, salvo limitazioni specifiche*

Individuata la classe funzionale di ciascuna delle reti stradali formanti il sistema globale, è possibile individuare gli elementi componenti della stessa, cioè le strade, definendo per essi le caratteristiche d'uso e di collocazione più idonea. In linea teorica, la funzione principale assegnata alla singola strada deve coincidere con quella propria della rete di appartenenza. In realtà, si può raggiungere solo una coerenza funzionale tra rete ed elemento stradale; a tale proposito può essere utile definire per il singolo tronco stradale una funzione principale ed eventuali funzioni secondarie le quali, però, per garantire il buon funzionamento della rete, devono corrispondere alle funzioni principali delle classi funzionali contigue a quella propria dell'elemento oggetto di studio, secondo lo schema di seguito riportato:

TIPO DI STRADA \ FUNZIONE	PRIMARIA	PRINCIPALE	SECONDARIA	LOCALE
transito, scorrimento	●	○		
distribuzione	○	●	○	
penetrazione		○	●	○
accesso			○	●

- funzione principale propria
- funzione principale della classe adiacente

Da ciò emerge che per il buon funzionamento del sistema globale è necessaria una chiara attribuzione di funzioni alle singole reti ed una precisa individuazione delle funzioni principali e secondarie per gli archi di esse; in questo modo è possibile evitare che i singoli elementi stradali appartengano contemporaneamente a diverse classi di reti.

Inoltre, per assicurare il funzionamento del sistema globale devono essere aggiunte le interconnessioni che, se omogenee, collegano strade della stessa rete, e se disomogenee collegano, di norma, strade appartenenti a reti di livello funzionale adiacente.

Si individuano le seguenti classi:

- interconnessione primaria (nella rete primaria e tra rete primaria e rete principale)
- interconnessione principale (nella rete principale e fra rete principale e rete secondaria)
- interconnessione secondaria (nella rete secondaria e tra rete secondaria e rete locale)
- interconnessione locale (nella rete locale)

Tali nodi o interconnessioni hanno caratteristiche tecniche diverse a seconda della classe funzionale cui appartengono. Inoltre, essi sono presenti sulle reti in numero crescente al diminuire della loro collocazione gerarchica.

All'interno di un sistema globale di reti esistenti è possibile l'assenza di qualche livello funzionale; ciò risulta accettabile purché venga rispettato l'ordinamento gerarchico dei movimenti fra elementi stradali gerarchicamente più prossimi.

La Figura 2.a graficizza esemplificativamente i quattro livelli di rete.



Figura 2.a

CAP. 3 - CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E CRITERI COMPOSITIVI DELLA PIATTAFORMA

3.1 PREMESSA

Conformemente a quanto previsto all'art.2 del "Codice della strada" (D. L.vo 285/92 e suoi aggiornamenti successivi) le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

- A - Autostrade (extraurbane ed urbane)
- B - Strade extraurbane principali
- C - Strade extraurbane secondarie
- D - Strade urbane di scorrimento
- E - Strade urbane di quartiere
- F - Strade locali (extraurbane ed urbane)

3.2 INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE DI TRAFFICO

Sulla strada possono circolare, a norma del Codice, tre componenti di traffico: pedoni, veicoli e animali.

I veicoli risultano classificati agli articoli 47 e 73 del Codice e sono riassunti nella tabella 3.2.a.

Le funzioni di traffico ammesse per la circolazione sulla sede stradale sono: movimento, sosta di emergenza, sosta, accesso privato diretto.

Il collegamento tra componenti e funzioni di traffico è illustrato nella tabella 3.2.b.

Ai fini di pervenire all'identificazione degli spazi stradali necessari alle diverse componenti di traffico, per assolvere le funzioni previste nel rispetto dei criteri di sicurezza e regolarità della circolazione esposti nel cap. 2, le componenti di traffico, le classi veicolari e le funzioni ammesse sono state raggruppate in quattordici categorie di traffico, omogenee per caratteristiche ed esigenze funzionali (Tabella 3.2.c).

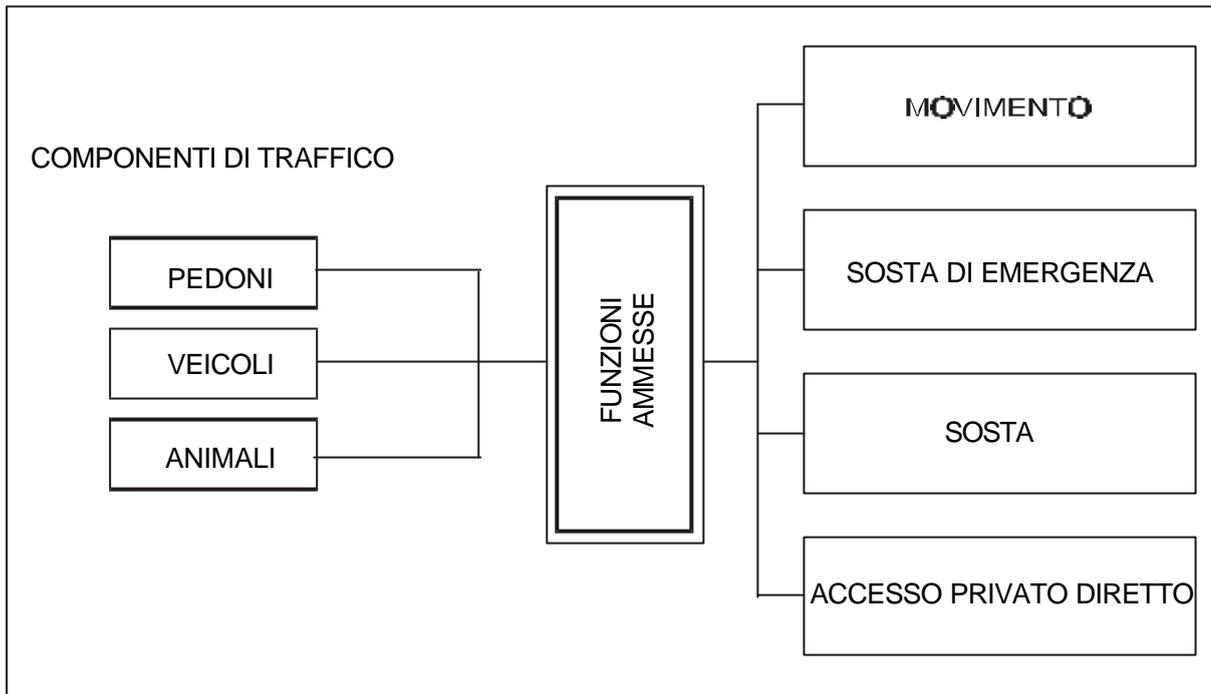
Ad ogni categoria corrisponde uno spazio stradale che, nella composizione finale della sezione corrente, potrà essere autonomo o comune a più categorie compatibili.

L'assegnazione delle categorie di traffico ai diversi tipi di strada di cui al paragrafo 3.1., anche tenendo conto delle condizioni dettate dalle norme del Codice, è illustrata nella tabella 3.2.d. In questa tabella è stata introdotta per certi tipi di strada l'ulteriore distinzione, ammessa dal Codice, tra strada principale e strada di servizio per poter consentire, sulla stessa piattaforma, funzioni di traffico per veicoli appartenenti a categorie non compatibili tra loro.

TAB. 3.2.a - CLASSIFICAZIONE DEI VEICOLI

a) veicoli a braccia	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>spinti o trainati dall'uomo a piedi</i> b) <i>azionati dalla forza muscolare dello stesso conducente</i>
b) veicoli a trazione animale	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>veicoli destinati principalmente al trasporto di persone</i> b) <i>veicoli destinati principalmente al trasporto di cose</i> c) <i>carrì agricoli destinati a trasporti per uso esclusivo delle aziende agricole</i>
c) velocipedi	
d) slitte	
e) ciclomotori	
f) motoveicoli	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>motocicli</i> b) <i>motocarrozette</i> c) <i>motoveicoli per trasporto promiscuo</i> d) <i>motocarri</i> e) <i>mototrattori</i> f) <i>motoveicoli per trasporti specifici</i> g) <i>motoveicoli per uso speciale</i> h) <i>quadricicli a motore</i>
g) autoveicoli	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>autovetture</i> b) <i>autobus</i> c) <i>autoveicoli per trasporto promiscuo</i> d) <i>autocarri</i> e) <i>trattori stradali</i> f) <i>autoveicoli per trasporti specifici</i> g) <i>autoveicoli per uso speciale</i> h) <i>autotreni</i> i) <i>autoarticolati</i> l) <i>autosnodati</i> m) <i>autocaravan</i> n) <i>mezzi d'opera</i>
h) filoveicoli	
i) rimorchi	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>rimorchi per trasporto di persone</i> b) <i>rimorchi per trasporto di cose</i> c) <i>rimorchi per trasporti specifici</i> d) <i>rimorchi ad uso speciale</i> e) <i>caravan</i> f) <i>rimorchi per trasporto di attrezzature turistiche e sportive</i>
l) macchine agricole	<ul style="list-style-type: none"> a) SEMOVENTI <ul style="list-style-type: none"> 1) <i>trattici agricole</i> 2) <i>macchine agricole operatrici a 2 o più assi</i> 3) <i>macchine agricole operatrici ad un asse</i> b) TRAINATE <ul style="list-style-type: none"> 1) <i>macchine agricole operatrici</i> 2) <i>rimorchi agricoli</i>
m) macchine operatrici	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>macchine impiegate per la costruzione e la manutenzione di opere civili o delle infrastrutture stradali o per il ripristino del traffico</i> b) <i>macchine sgombraneve, spartineve o ausiliarie quali spanditrici di sabbia e simili</i> c) <i>carrelli</i>
n) veicoli con caratteristiche atipiche	
o) veicoli su rotaia in sede promiscua	

TAB. 3.2.b - COMPONENTI DI TRAFFICO E FUNZIONI AMMESSE



TAB. 3.2.c - CATEGORIE DI TRAFFICO

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. PEDONI 2. ANIMALI 3. VEICOLI A BRACCIA
E A TRAZIONE ANIMALE <ul style="list-style-type: none"> - veicoli a braccia - veicoli a trazione animale - slitte 4. VELOCIPEDI 5. CICLOMOTORI <ul style="list-style-type: none"> - ciclomotori - motocicli (< 150 cc) - motomazzette (< 250 cc) - motoveicoli con massa a vuoto < 400 kg - motoveicoli con massa tot. < 1300 kg 6. AUTOVETTURE <ul style="list-style-type: none"> - motoveicoli con massa a vuoto ≥ 400 kg - motoveicoli con massa tot. ≥ 1300 kg - autovetture - autoveicoli ad uso promiscuo 7. AUTOBUS <ul style="list-style-type: none"> - autobus - autotreni - filoveicoli | <ol style="list-style-type: none"> 8. AUTOCARRI <ul style="list-style-type: none"> - autocarri - autocaravan - trattori stradali 9. AUTOTRENI-AUTOARTICOLATI <ul style="list-style-type: none"> - autotreni - autoarticolati - caravan - mezzi d'opera 10. MACCHINE OPERATRICI <ul style="list-style-type: none"> - macchine agricole - macchine operatrici 11. VEICOLI SU ROTAIA
IN SEDE PROMISCUA 12. SOSTA DI EMERGENZA 13. SOSTA 14. ACCESSO PRIVATO DIRETTO |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

TAB. 3.2.d - TIPI DI STRADE - CATEGORIE DI TRAFFICO AMMESSE

	TIPI SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	CATEGORIE DI TRAFFICO														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	○	○	○	○	○	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	URBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	○	○	○	○	○	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	○	○	○	○	○	○
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	□	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
LOCALE	F	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
		URBANO		○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
		URBANO		○	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆

Non ammessa in piattaforma (3) □ Esterno alla carreggiata (in piattaforma)

◆ in carreggiata ◆ parzialmente in carreggiata

NOTE:

(1) vale se è presente una pista ciclabile.

(2) qualora la categoria 7 e 11 debbano essere ammesse, le dimensioni delle corsie e la geometria dell'asse varino commisurate con le esigenze dei veicoli appartenenti a tali categorie.

(3) quando è presente una strada di servizio complanare, caso in cui la piattaforma delle due strade (principale e servizio) è unica, la non ammissibilità sulla strada principale è da intendersi limitata alla sola parte di piattaforma che la riguarda.

3.3 ELEMENTI COSTITUTIVI DELLO SPAZIO STRADALE

Ai fini delle presenti norme e tenuto conto dell'art. 3 del Codice, le denominazioni degli spazi stradali hanno i seguenti significati (Figura 3.3.a):

BANCHINA: parte della strada, libera da qualsiasi ostacolo (segnaletica verticale, delineatori di margine, dispositivi di ritenuta), compresa tra il margine della carreggiata e il più vicino tra i seguenti elementi longitudinali: marciapiede, spartitraffico, arginello, ciglio interno della cunetta, ciglio superiore della scarpata nei rilevati.

Si distingue in:

"Banchina in destra", che ha funzione di franco laterale destro. E' di norma pavimentata ed è sostituita, in talune tipologie di sezione, dalla corsia di emergenza:

"Banchina in sinistra", che è la parte pavimentata del margine interno.

CARREGGIATA: parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli; essa è composta da una o più corsie di marcia; è pavimentata ed è delimitata da strisce di margine (segnaletica orizzontale).

CONFINE STRADALE: limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea.

CORSIA: parte longitudinale della strada, normalmente delimitata da segnaletica orizzontale, di larghezza idonea a permettere esclusivamente il transito di una sola fila di veicoli. Si distingue in:

- a) corsia di marcia: corsia facente parte della carreggiata, destinata alla normale percorrenza o al sorpasso;
- b) corsia riservata: corsia di marcia destinata alla circolazione esclusiva di una o solo di alcune categorie di veicoli;
- c) corsia specializzata: corsia destinata ai veicoli che si accingono ad effettuare determinate manovre, quali svolta, attraversamento, sorpasso, decelerazione, accelerazione, manovra per la sosta o che presentino basse velocità (corsia di arrampicamento) o altro;
- d) corsia di emergenza: corsia, adiacente alla carreggiata, destinata alle soste di emergenza, al transito dei veicoli di soccorso ed, eccezionalmente, al movimento dei pedoni.

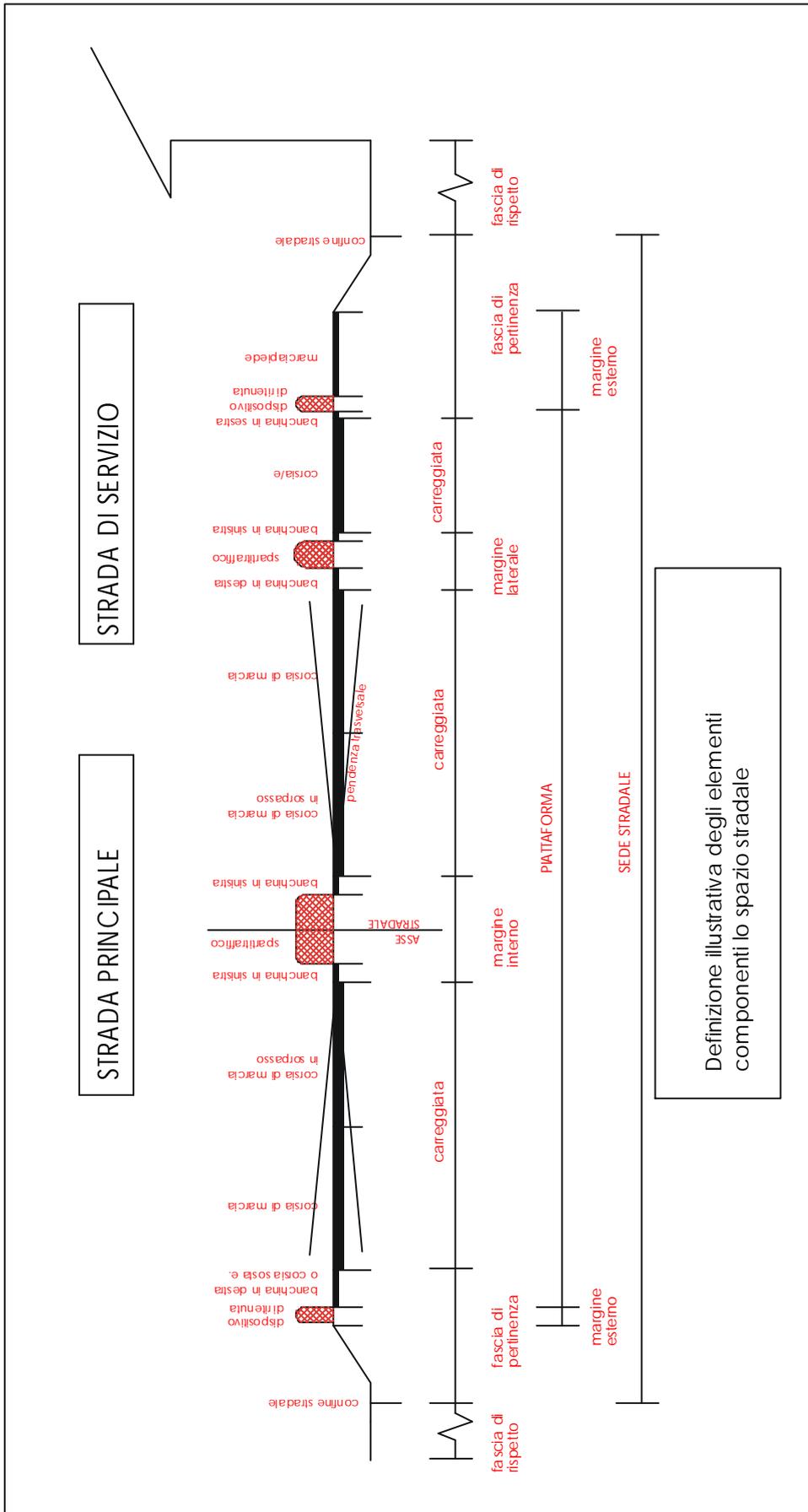


Fig.3.3.a

DISPOSITIVO DI RITENUTA: Elemento tendente ad evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla piattaforma o comunque a ridurre le conseguenze dannose. E' contenuto all'interno dello spartitraffico o del margine esterno alla piattaforma.

FASCIA DI PERTINENZA: striscia di terreno compresa tra la carreggiata più esterna e il confine stradale. E' parte della proprietà stradale e può essere utilizzata solo per la realizzazione di altre parti della strada.

FASCIA DI RISPETTO: striscia di terreno, esterna al confine stradale, sulla quale esistono vincoli alla realizzazione, da parte del proprietario del terreno, di scavi, costruzioni, recinzioni, piantagioni, depositi e simili. Per la larghezza vedere gli articoli 26, 27 e 28 del DPR 495/92.

FASCIA DI SOSTA LATERALE: parte della strada adiacente alla carreggiata, separata da questa mediante striscia di margine discontinua e comprendente la fila degli stalli di sosta e la relativa corsia di manovra.

MARCIAPIEDE: parte della strada, esterna alla carreggiata, rialzata o altrimenti delimitata e protetta, destinata ai pedoni.

MARGINE INTERNO: parte della piattaforma che separa carreggiate percorse in senso opposto.

MARGINE LATERALE: parte della piattaforma che separa carreggiate percorse nello stesso senso.

MARGINE ESTERNO: parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli e cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti sostegni, ecc.).

PARCHEGGIO: area o infrastruttura posta fuori della carreggiata, destinata alla sosta regolamentata o non dei veicoli.

PIATTAFORMA: parte della sede stradale che comprende i seguenti elementi:

- a) una o più carreggiate complanari, di cui la corsia costituisce il modulo fondamentale;
- b) le banchine in destra e in sinistra;
- c) i margini (eventuali) interno e laterale (comprensivi delle banchine);
- d) le corsie riservate, le corsie specializzate, le fasce di sosta laterale e le piazzole di sosta o di fermata dei mezzi pubblici (se esistenti).

Non rientra nella piattaforma il margine esterno.

TAB. 3.3.b - SPAZI DA ASSEGNARE IN PIATTAFORMA ALLE CATEGORIE DI TRAFFICO

TIPI SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	CATEGORIE DI TRAFFICO													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AUTOSTRADA	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	○	○	○	○	1	1	1	○	○	○	○	○	○
			5	5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	○	○	○
EXTRAURBANA PRINCIPALE	URBANO	STRADA PRINCIPALE STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	○	○	○	○	1	1	1	○	○	○	○	○	○
			6	5	1	1-7	1	1-2	1	1	1	1	1-2-4	1-5-3	4	8
EXTRAURBANA SECONDARIA	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	○	○	○	○	○	1	1	○	○	○	○	○	○
			5	5	1	1-7	1	1	1	1	1	○	○	○	○	○
URBANA DI SCORRIMENTO	URBANO	STRADA PRINCIPALE STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	○	○	7	1	1	1	1	1	1	○	○	○	○
			6	1/5	1	1-7	1	1-2	1	1	1	1	1-2-4	1-5	4	8
URBANA DI QUARTIERE	URBANO	STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			6	1	1	1-7	1	1-2	1	1	1	1	1-2-4	1-5	4	8
LOCALE	EXTRAURBANO		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			5	1	1	1-7	1	1	1	1	1	○	○	○	○	○
	URBANO		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			6	1	1	1-7	1	1-2	1	1	○	○	○	○	○	○

1) CORSIA

2) CORSIA RISERVATA

3) CORSIA DI EMERGENZA

4) IN APPOSITI SPAZI

5) BANCHINA

6) MARCIAPIEDE

7) PISTA CICLABILE

8) PASSI CARRABILI

1/5 IN BANCHINA PER QUANTO POSSIBILE

○ COMPONENTE DI TRAFFICO NON AMMESSA

SEDE STRADALE: superficie compresa entro i confini stradali.

SEDE TRANVIARIA: parte longitudinale della strada, opportunamente delimitata, riservata alla circolazione dei tram e dei veicoli assimilabili.

SPARTITRAFFICO: parte non carrabile del margine interno o laterale, destinata alla separazione fisica di correnti veicolari. Comprende anche lo spazio destinato al funzionamento (deformazione permanente) dei dispositivi di ritenuta.

STRADA DI SERVIZIO: strada affiancata ad una strada principale (tipo A, B e D), avente la funzione di consentire la sosta ed il raggruppamento degli accessi dalle proprietà laterali alla strada principale e viceversa, nonché il movimento e le manovre dei veicoli non ammessi sulla strada principale stessa.

STRADA EXTRAURBANA: strada esterna ai centri abitati

STRADA URBANA: strada interna ad un centro abitato

Gli spazi stradali associati alle diverse categorie di traffico, di cui alla tabella 3.2.c, sono individuati nella tabella 3.3.b, relativa alla piattaforma corrente.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI TRAFFICO DELLE SEZIONI

Il progetto della sezione stradale consiste nell'organizzazione della piattaforma e dei suoi margini. Tale organizzazione risulta dalla composizione degli spazi stradali definiti, per ogni categoria di traffico, nel paragrafo 3.3. e concepiti come elementi modulari, anche ripetibili.

Il numero di elementi e la loro dimensione sono funzione rispettivamente della domanda di trasporto e del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto.

Per ogni tipo di strada si possono pertanto avere diversi tipi di sezione, in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista.

Le dimensioni della piattaforma stradale devono essere mantenute invariate lungo tutto il tracciato della strada, sia in sede naturale, sia in sede artificiale (galleria, sottopasso, ponte, viadotto ecc.)

La tabella 3.4.a riporta, per ogni tipo di strada e per le eventuali strade di servizio associate, la composizione possibile della carreggiata, i limiti dell'intervallo di velocità di progetto, le dimensioni da assegnare ai singoli elementi modulari ed i flussi massimi smaltibili in relazione ai livelli di servizio indicati. Vengono altresì fornite alcune indicazioni sulla regolazione di funzioni di traffico specifiche.

Valgono al proposito le seguenti precisazioni:

3.4.1 Numero delle corsie per senso di marcia

Esso dipende dalla quantità e qualità dei movimenti richiesti. Il valore indicato non tiene conto di eventuali corsie riservate.

3.4.2 Larghezza delle corsie

La larghezza delle corsie è intesa come la distanza tra gli assi delle strisce che le delimitano; le dimensioni indicate non riguardano le corsie impegnate dalle categorie di traffico numerate 7,8,9,10 e 11 della tabella 3.2.c, per le quali si fissa una larghezza minima di 3,50 m.

Le corsie riservate ai mezzi pubblici, o ad uso promiscuo con i mezzi privati, sono da ubicare vicino ai marciapiedi; sulle strade a più carreggiate esse vanno collocate sulle carreggiate laterali.

3.4.3 Larghezza del margine interno e del margine laterale

La larghezza del margine è intesa come distanza tra gli assi delle strisce che delimitano due carreggiate, appartenenti alla strada principale (margine interno) o a una strada principale ed una di servizio (margine laterale).

3.4.4 Livello di servizio

Si intende per livello di servizio una misura della qualità della circolazione in corrispondenza di un flusso assegnato. Per qualità della circolazione si intendono gli oneri sopportati dagli utenti, i quali consistono prevalentemente nei costi monetari del viaggio, nel tempo speso, nello stress fisico e psicologico. La scelta del livello di servizio dipende dalle funzioni assegnate alla strada nell'ambito della rete e dall'ambito territoriale in cui essa viene a trovarsi.

3.4.5 Flusso massimo

Il flusso massimo è il valore del flusso di traffico smaltibile dalla strada in corrispondenza al livello di servizio assegnato. Esso dipende dalle caratteristiche della sezione trasversale e da quelle plano-altimetriche dell'asse¹.

3.4.6 Larghezza del marciapiede

La larghezza del marciapiede va considerata al netto sia di strisce erbose o di alberature che di dispositivi di ritenuta. Tale larghezza non può essere inferiore a metri 1,50. Sul marciapiede possono, comunque, trovare collocazione alcuni servizi di modesto impegno, quali centralini semaforici, colonnine di chiamata di soccorso, idranti, pali e supporti per l'illuminazione e per la segnaletica verticale, nonché, eventualmente per cartelloni pubblicitari (questi ultimi da ubicare, comunque, in senso longitudinale alla strada). In presenza di occupazioni di suolo pubblico localizzate e impegnative (edicole di giornali, cabine telefoniche, cassonetti ecc.) la larghezza minima del passaggio pedonale dovrà comunque essere non inferiore a metri 2,00.

3.4.7 Regolazione della sosta

Tale voce indica se la sosta è consentita, o meno, sulla piattaforma o in appositi spazi separati connessi opportunamente con la strada principale, con disposizione degli stalli in senso longitudinale o trasversale rispetto la via.

Gli stalli devono essere delimitati con segnaletica orizzontale; la profondità della fascia stradale da loro occupata è di 2,00 m. per la sosta in longitudinale, di 4,80 m. per la sosta inclinata a 45° e di 5,00 m. per quella perpendicolare al bordo della carreggiata. La larghezza del singolo stallo è di 2,00 m (eccezionalmente di 1,80 m.) per la sosta longitudinale, con una lunghezza occupata di 5,00 m.; è di 2,30 m. per la sosta trasversale.

Le eventuali corsie di manovra a servizio delle fasce di sosta devono avere una larghezza, misurata tra gli assi delle strisce che le delimitano, rispettivamente pari a 3,50 m per la sosta

¹I valori sono desunti dall' "Highway Capacity Manual" edito dal TRB, 1994

longitudinale e 6,00 m per la sosta perpendicolare al bordo della carreggiata, con valori intermedi per la sosta inclinata.

Le dimensioni indicate sono da intendersi come spazi minimi, liberi da qualsiasi ostacolo, occorrenti per la sicurezza delle manovre.

3.4.8 Regolazione dei mezzi pubblici

Vengono indicate le condizioni che regolano la possibilità di fermata dei mezzi pubblici e viene specificato in quali casi sia necessaria la presenza di una corsia riservata.

La fermata va comunque organizzata all'esterno della carreggiata.

3.5 STRADE LOCALI A DESTINAZIONE PARTICOLARE

Si fa presente che nell'ambito delle strade del tipo locale debbono considerarsi anche strade a destinazione particolare, per le quali le caratteristiche compositive fornite dalla tabella 3.4.a e caratterizzate dal parametro "velocità di progetto" non sono applicabili. Si tratta, in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito; in queste il progettista dovrà prevedere opportuni accorgimenti, sia costruttivi che di segnaletica, per il contenimento delle velocità praticate. In ambito urbano ricadono in queste considerazioni le strade residenziali, nelle quali prevale l'esigenza di adattare lo spazio stradale ai volumi costruiti ed alle necessità dei pedoni.

3.6. ESEMPI DI ORGANIZZAZIONE DELLA PIATTAFORMA STRADALE

Per esplicitare il significato delle indicazioni contenute nel paragrafo precedente e nella tabella 3.4.a, vengono rappresentati nelle figure 3.5.a - 3.5.i una serie di esempi di piattaforma stradale risultanti dalla composizione di alcuni degli elementi modulari già definiti. Gli elementi marginali e di arredo verranno rappresentati successivamente, al Cap. 4.

Le piattaforme rappresentate, sono quelle ritenute di più frequente applicazione, ma non le uniche che derivino dalle possibili combinazioni degli elementi modulari.

Per ogni tipo di strada viene proposta come soluzione base la configurazione minima prevista dal Codice; i successivi casi presentati riguardano piattaforme nelle quali sono stati aggiunti alcuni elementi modulari integrativi, la cui presenza o meno dovrà essere definita dal progettista in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista.

Inserire tabella 3.4.a (tab6ag.xls)

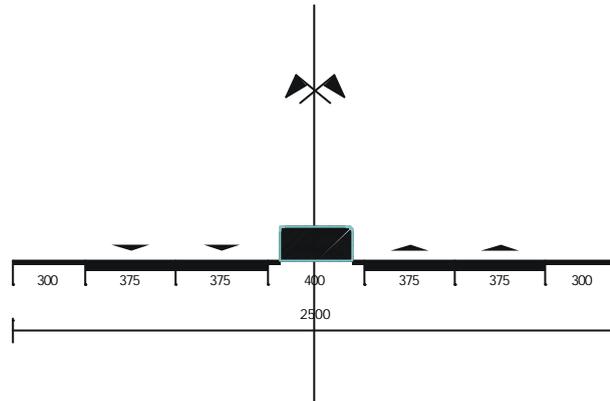
CATEGORIA A AUTOSTRAD

AMBITO EXTRAURBANO

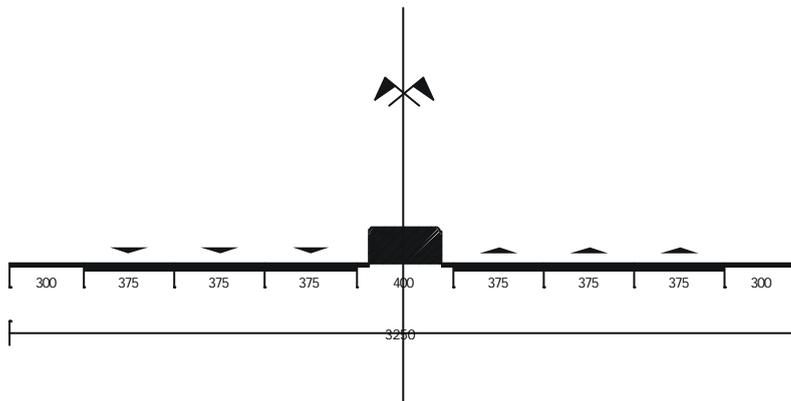
Principale
Vp min. 90
Vp max. 140

Servizio
Vp min. 40
Vp max. 100

Soluzione Base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con
strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

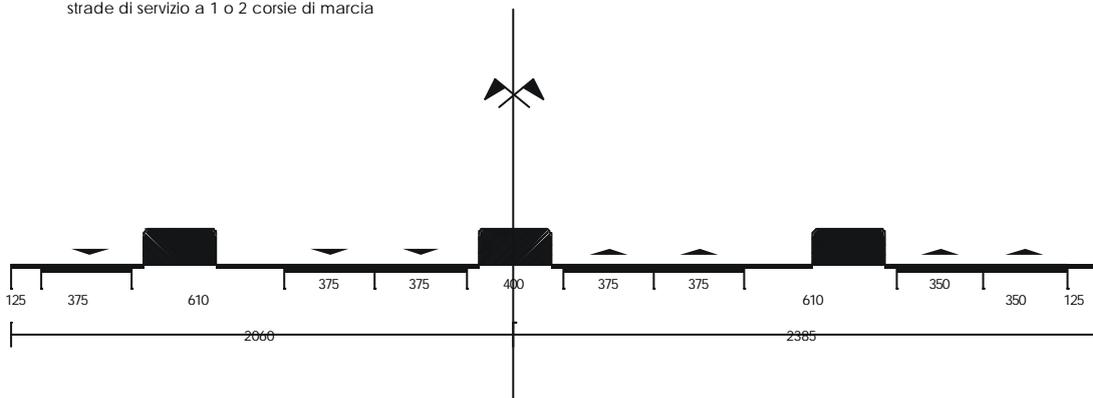


Fig. 3.5.a

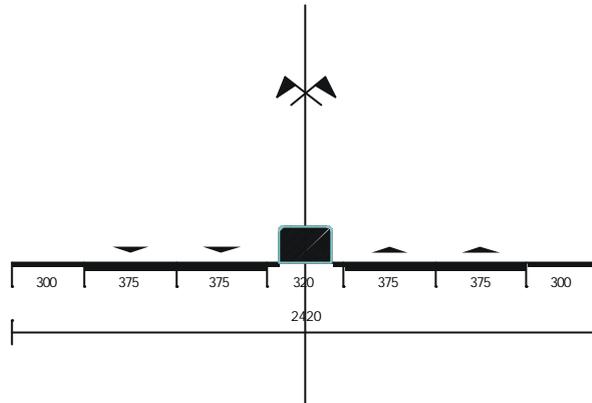
CATEGORIA A AUTOSTRAD

AMBITO URBANO

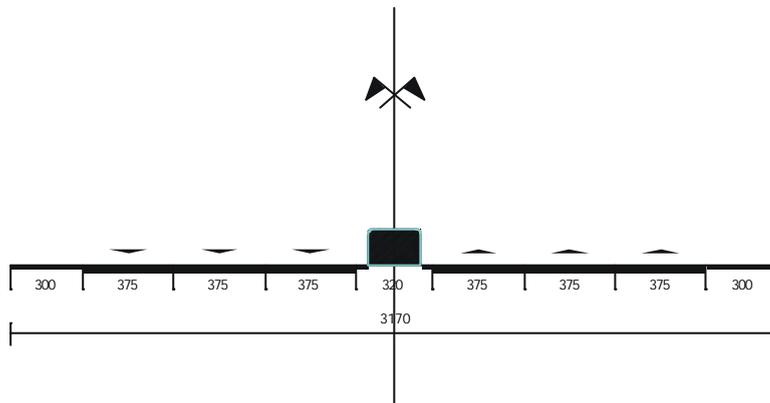
Principale
Vp min. 80
Vp max. 140

Servizio
Vp min. 40
Vp max. 60

Soluzione Base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con
strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia
di cui 1 percorsa da autobus

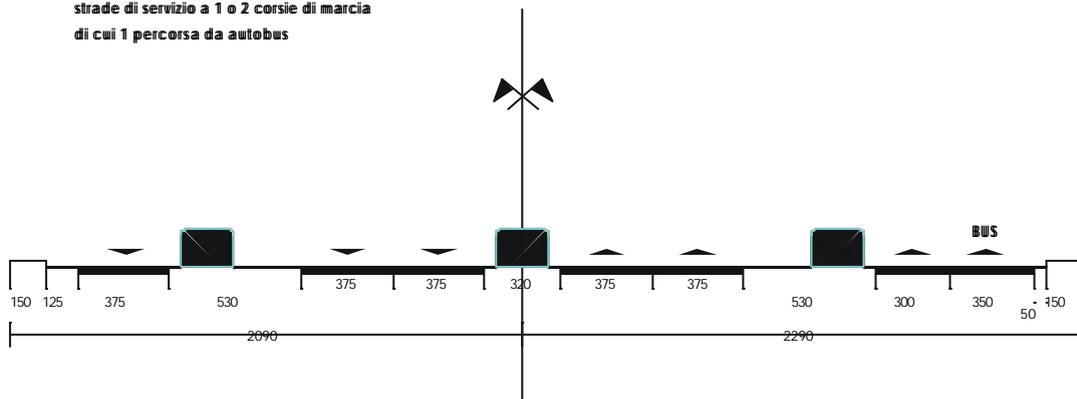


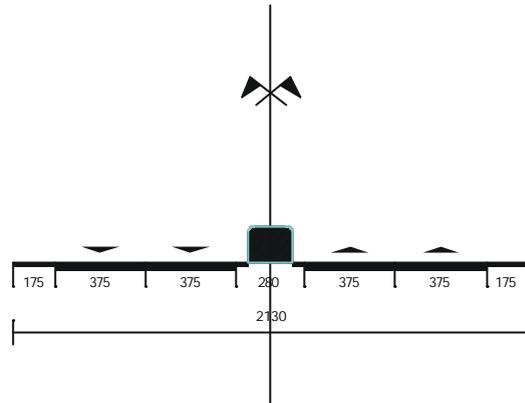
Fig. 3.5.b

CATEGORIA B EXTRAURBANE PRINCIPALI

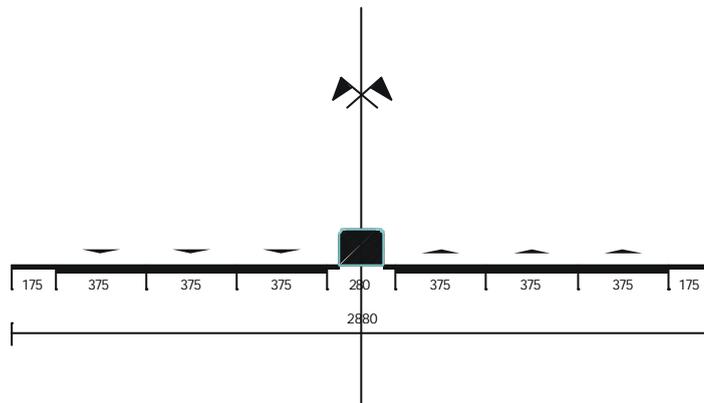
Principale
Vp min. 70
Vp max. 120

Servizio
Vp min. 40
Vp max. 100

Soluzione Base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con
strada di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

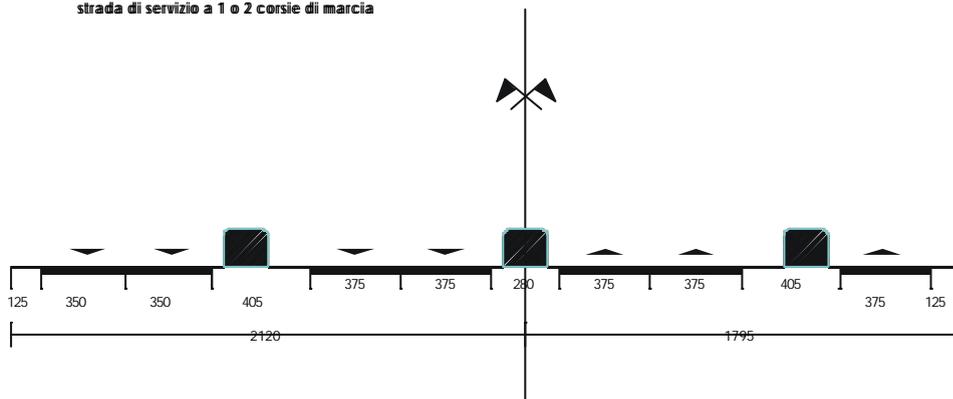
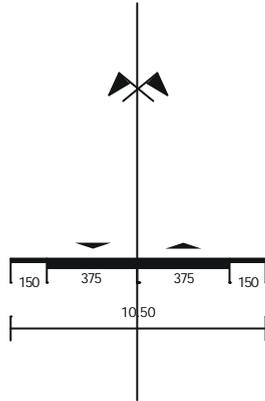


Fig. 3.5.c

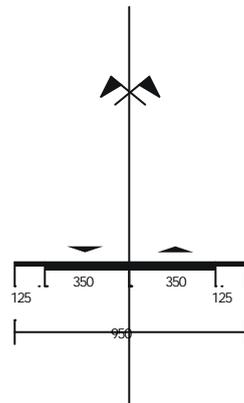
CATEGORIA C EXTRAURBANE SECONDARIE

Principale
Vp min. 60
Vp max. 100

Soluzione Base a 2 corsie di marcia



C1



C2

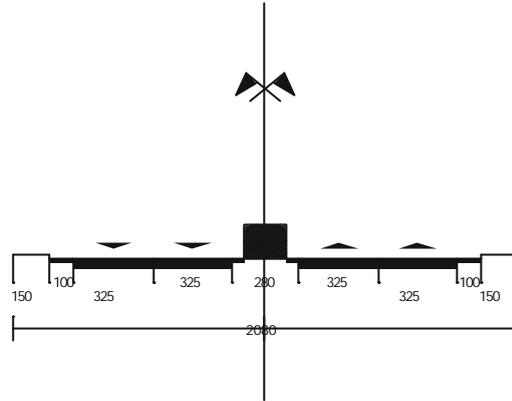
Fig. 3.5.d

CATEGORIA D URBANE DI SCORRIMENTO

Principale
Vp min. 50
Vp max. 80

Servizio
Vp min. 25
Vp max. 60

Soluzione Base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia

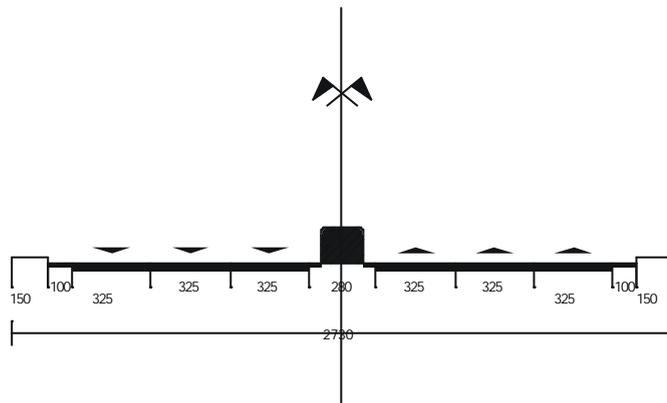


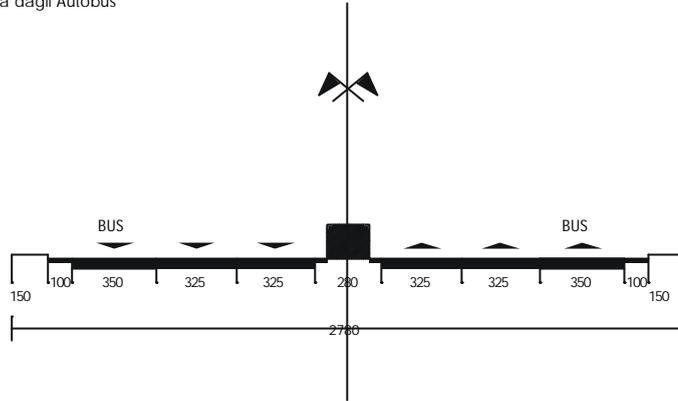
Fig. 3.5.e

CATEGORIA D URBANE DI SCORRIMENTO

Principale
Vp min. 50
Vp max. 80

Servizio
Vp min. 25
Vp max. 60

Soluzione a 2+2 corsie di marcia
con corsia percorsa dagli Autobus



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con
strade di servizio ad 1 o 2 corsie di marcia
di cui 1 percorsa da Autobus

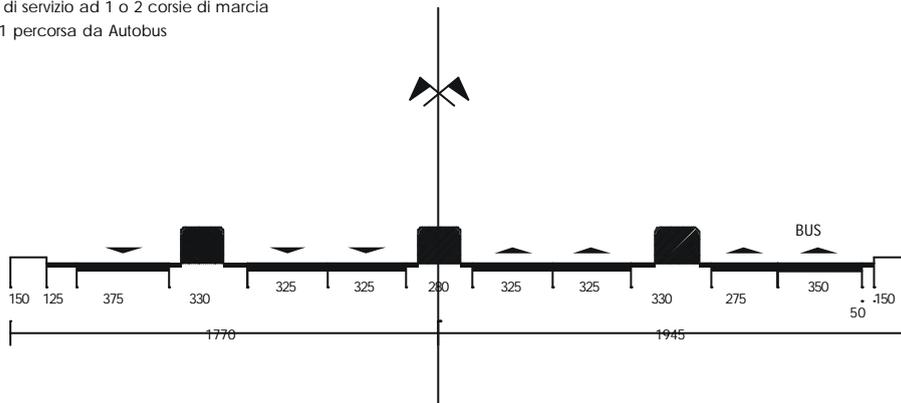
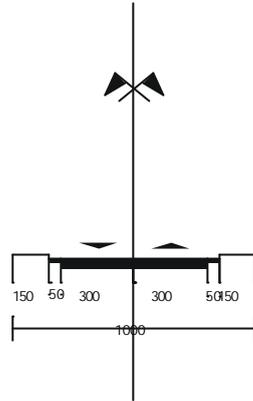


Fig. 3.5.f

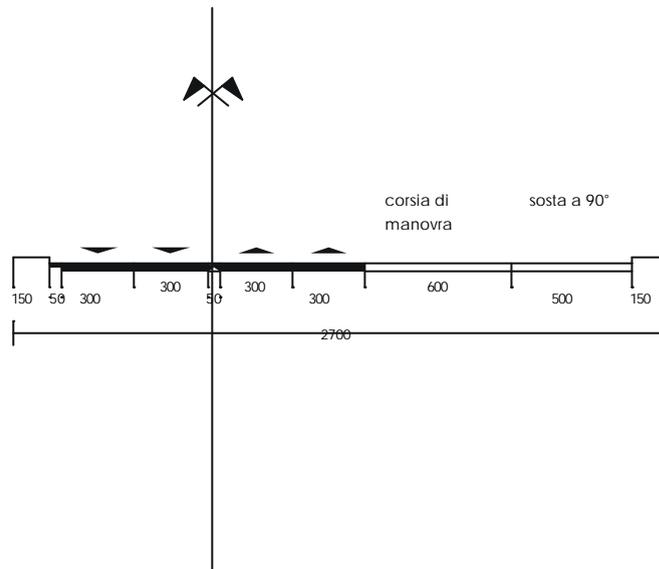
CATEGORIA E URBANE DI QUARTIERE

Principale
Vp min. 40
Vp max. 60

Soluzione Base a 1+1 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia
con fascia di sosta laterale



Soluzione a 2+2 corsie di marcia
di cui 1+1 percorsa da Autobus

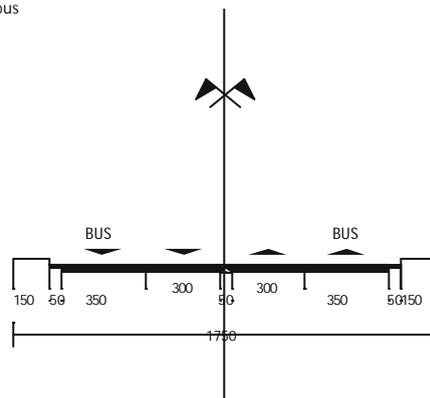


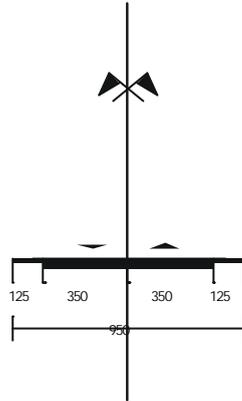
Fig. 3.5.g

CATEGORIA F LOCALI

AMBITO EXTRAURBANO

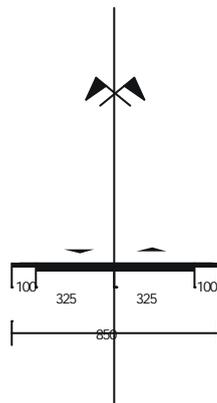
Principale
Vp min. 40
Vp max. 100

Soluzione Base a 2 corsie di marcia



F1

Soluzione a 2 corsie di marcia



F2

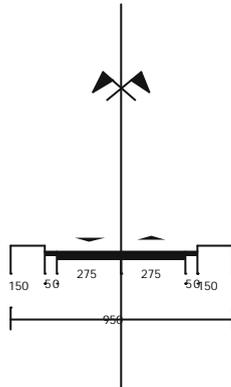
Fig. 3.5.h

CATEGORIA F LOCALI

AMBITO URBANO

Principale
Vp min. 25
Vp max. 60

Soluzione a 2 corsie di marcia



Soluzione a 2 corsie di marcia
con due file di stalli

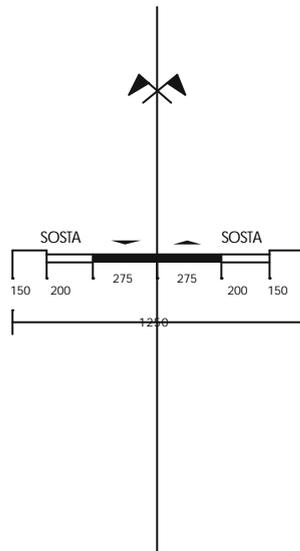


Fig. 3.5.i

CAP. 4 - ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE

4.1 SEZIONE STRADALE IN SEDE ARTIFICIALE.

4.1.1 Opere di scavalco e sottopassi

Sulle opere di scavalco (ponti, viadotti, sovrappassi) devono essere mantenute invariate le dimensioni degli elementi componenti la piattaforma stradale, relative al tipo di strada di cui fanno parte dette opere. A margine della piattaforma delle strade extraurbane e delle autostrade urbane devono essere predisposti dispositivi di ritenuta (vedi par. 4.3.7) e/o parapetti di altezza non inferiore a m. 1,00 (Fig. 4.1.1.a), (vedi D.M. 4/5/90 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali”, par. 3.11). Inoltre deve essere valutata l’opportunità di predisporre una adeguata protezione del traffico sottostante, sia esso stradale o ferroviario, con l’adozione di reti di conveniente altezza.

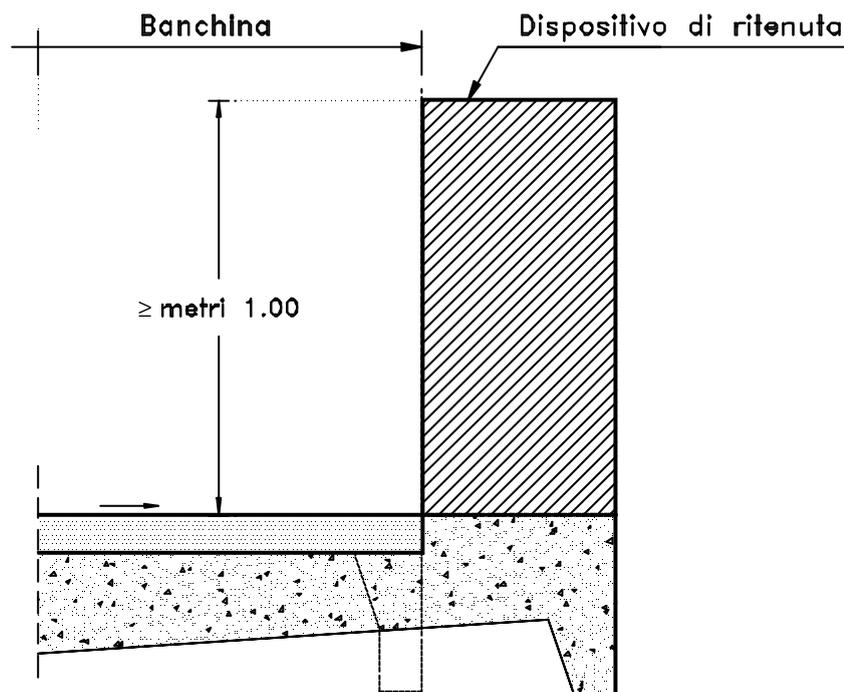


Fig. 4.1.1.a

Qualora, si tratti di strade urbane di tipo D, occorre introdurre sul lato destro di ciascuna carreggiata e al di là della banchina un marciapiede, di larghezza adeguata ma non minore di metri 1,50, delimitato verso la banchina da un ciglio sagomato e protetto da dispositivo di ritenuta invalicabile (Fig. 4.1.1.b). Il ciglio in figura può essere eliminato qualora si adottino barriere continue in calcestruzzo.

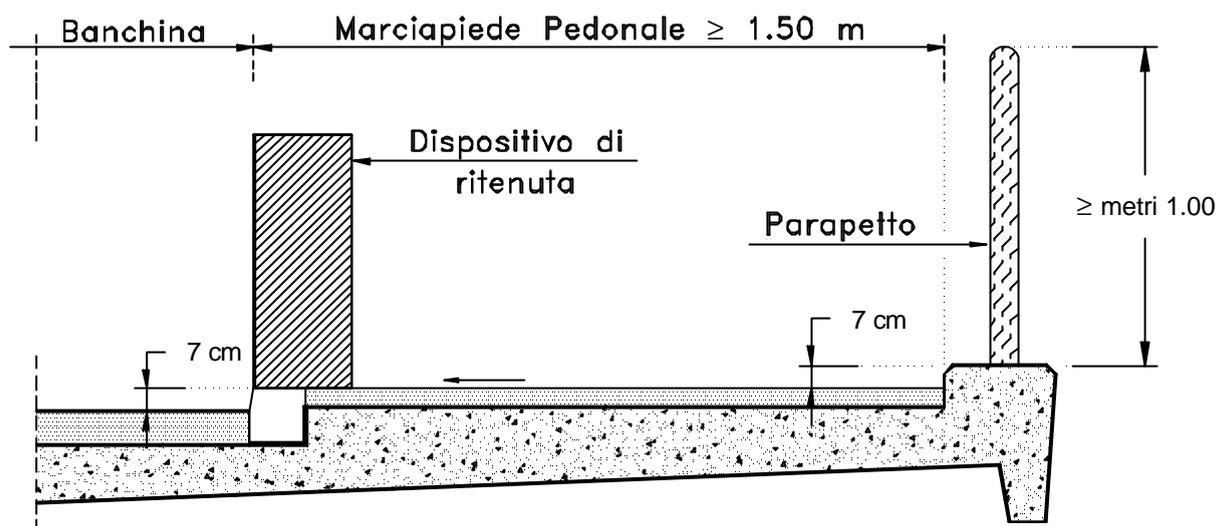


Fig. 4.1.1.b

Nelle strade tipo E ed F in ambito urbano e nelle strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento, il marciapiede sarà delimitato verso la banchina da un ciglio non sormontabile sagomato (cordolo se marciapiede a raso), di altezza compresa fra cm 20 e 25, senza protezione e con parapetto o barriera parapetto al limite esterno (Fig. 4.1.1.c).

Nel caso di carreggiate separate o indipendenti, il marciapiede deve essere disposto solo sul lato destro.

Soluzioni analoghe a quelle sopra descritte devono essere adottate in caso di corpi stradali in rilevato, delimitati da opere di sostegno a tutta altezza.

Nella progettazione di un'opera di sopra/sottopasso, la piattaforma della strada sottostante deve mantenere immutate le proprie dimensioni e composizione. Le strutture di sostegno dell'opera di scavalco dovranno essere previste al di fuori della piattaforma e comunque a distanza non inferiore a quella compatibile con il corretto funzionamento dei depositi di ritenuta (Fig. 4.1.1.d).

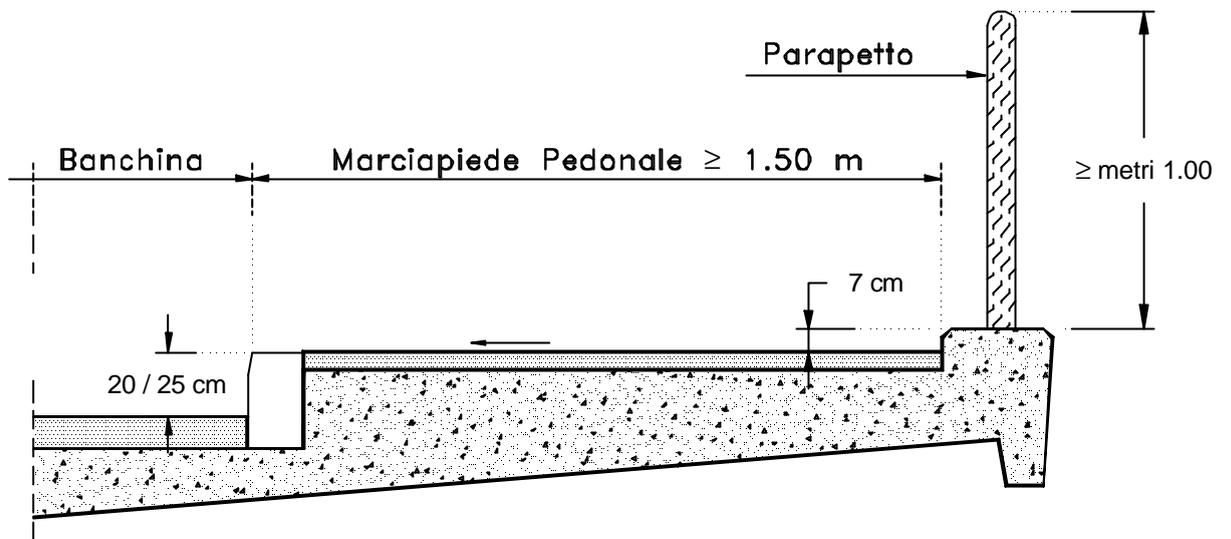


Fig. 4.1.1.c

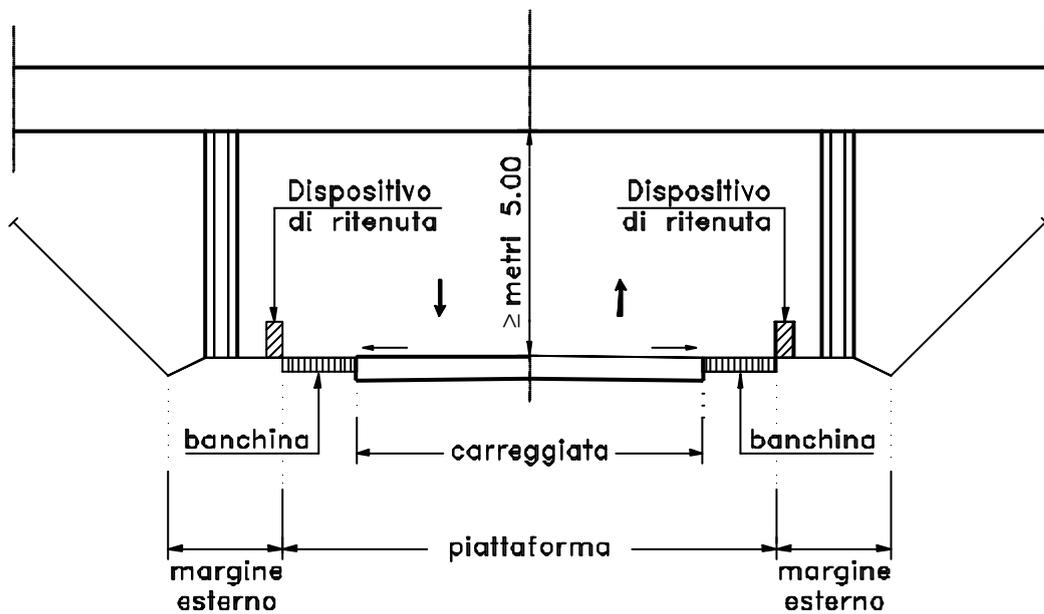


Fig. 4.1.1.d

Se la strada sottostante è di tipo D, E e F in ambito urbano, oppure è una delle strade di servizio già citate, occorrerà prevedere un marciapiede in analogia con le tipologie delle figure 4.1.1.b e 4.1.1.c.

Per tutti i tipi di strada, qualora l'opera in sottopasso abbia una lunghezza superiore ai metri 20, la piattaforma e gli elementi marginali saranno previsti in analogia al caso delle gallerie (Cap. 4.1.2).

Solo allorché la strada sottostante sia a carreggiate separate ed abbia un margine interno compatibile con il funzionamento dei dispositivi di ritenuta, può prevedersi un sostegno centrale dell'opera di scavalco (Fig. 4.1.1.e).

In tutti i casi per le strutture di sostegno va verificato quanto disposto dal D.M. 4.5.90, già citato all'inizio del capitolo, e dal D.M. 18.2.92 n° 223 e succ. int. e mod.

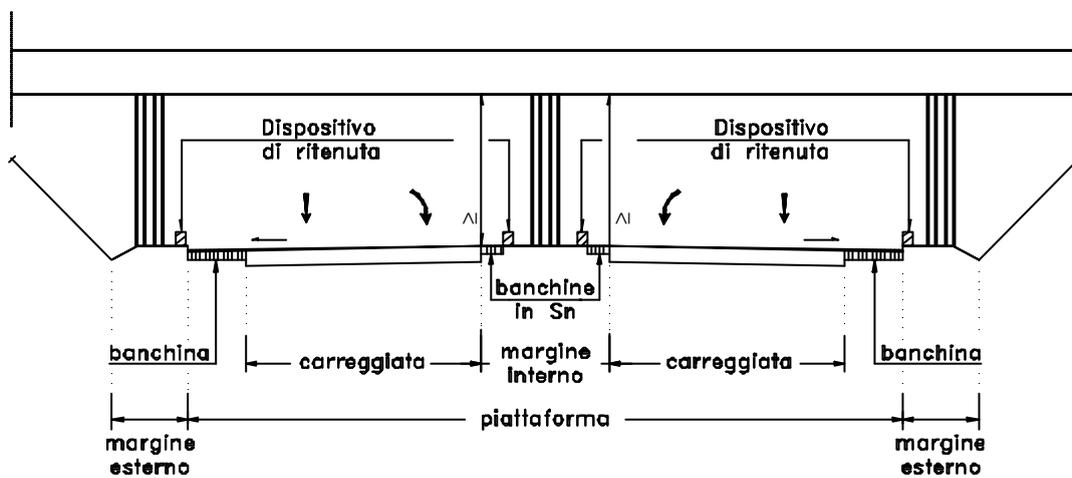


Fig. 4.1.1.e

Le strutture orizzontali debbono dar luogo ad una altezza libera, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della carreggiata stradale sottostante, non inferiore a 5,00 metri. Nei casi previsti al par. 2.2 del già citato D.M. 4.5.90 si potrà derogare dalla misura suddetta, adottando contemporaneamente opportuni dispositivi segnaletici di sicurezza (ad es. controsagome), posti a conveniente distanza dall'opera.

4.1.2 Gallerie

Per le strade a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico (tipo A, B e D) debbono prevedersi gallerie a doppio foro.

Per il tipo A le carreggiate e le banchine in sinistra nonché le corsie di emergenza, saranno mantenute di dimensioni invariate rispetto l'esterno.

Nel caso di autostrade con tre corsie di marcia per ogni direzione, qualora per vincoli tecnici e/o di spesa non sia possibile conservare la sezione come all'esterno, si potrà predisporre in galleria una sezione con due sole corsie di marcia, sopprimendo quella più interna (corsia di sorpasso veloce) ma mantenendo la corsia di emergenza. *Ciò presuppone la verifica delle condizioni di deflusso e di sicurezza della tratta stradale in cui la galleria è inserita.*

Il passaggio dalla sezione a tre corsie a quella ridotta dovrà essere realizzato all'aperto e con gradualità; inoltre il punto di passaggio dovrà essere ubicato in modo tale che la sezione autostradale non presenti cambiamenti per una lunghezza di almeno 200 metri dall'imbocco. In ogni caso si dovranno evitare cambiamenti di sezione troppo frequenti tale da pregiudicare l'omogeneità e la coerenza del tracciato.

Sul lato destro la corsia di emergenza sarà delimitata da un profilo ridirettivo addossato al piedritto. Analogo provvedimento deve venir adottato a margine della banchina in sinistra.(Fig. 4.1.2.a).

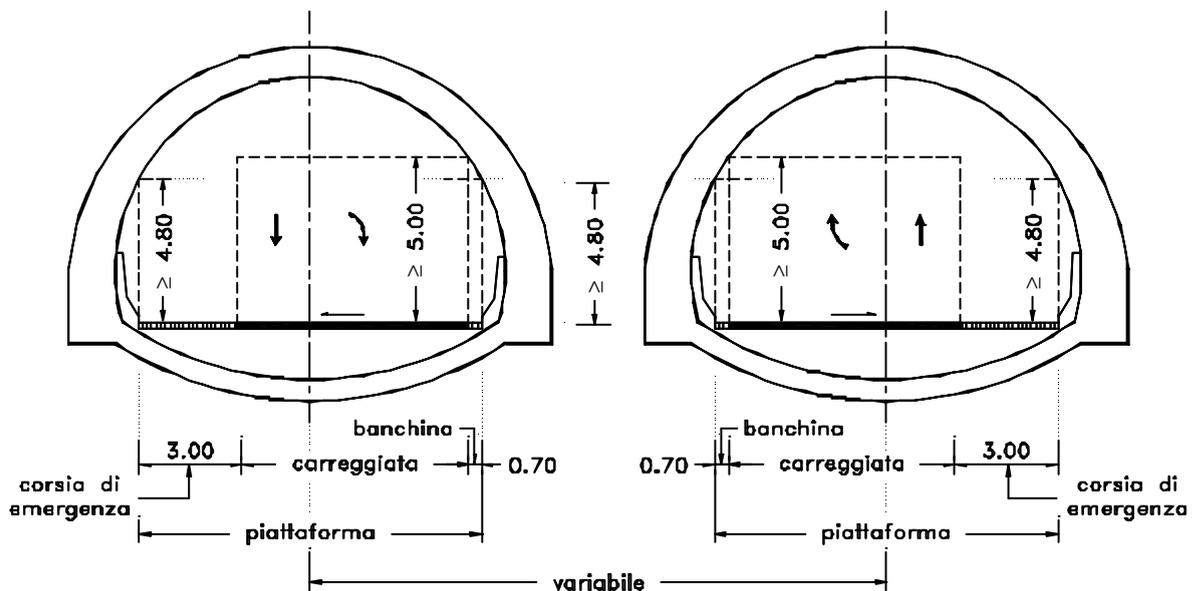


Fig. 4.1.2.a

Per il tipo B le carreggiate, le banchine in destra ed in sinistra conservano le dimensioni dell'esterno. Gli elementi di margine si modificano come nella Fig. 4.1.2.b.

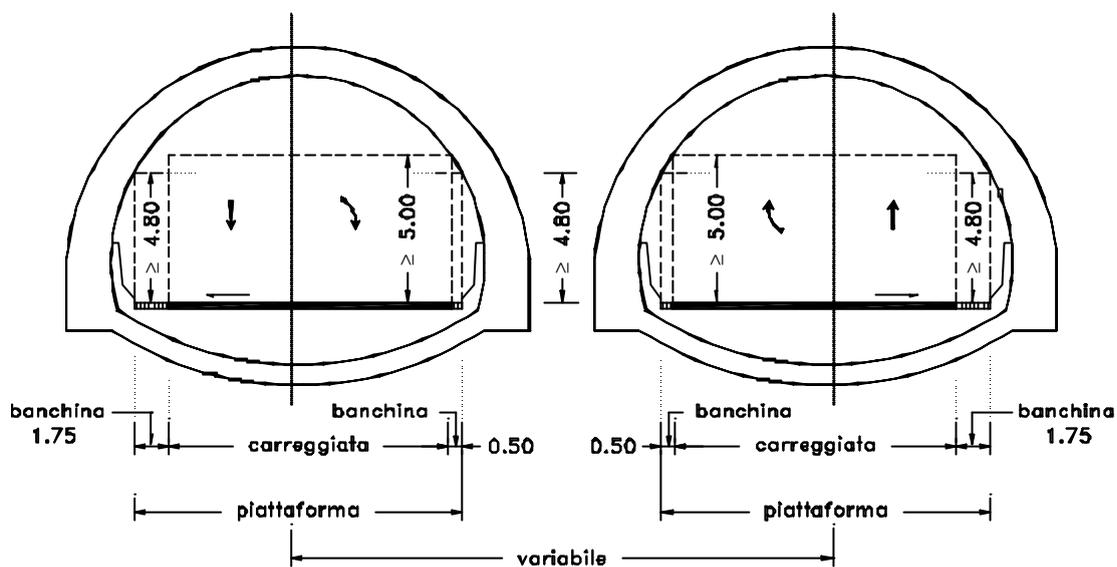


Fig. 4.1.2.b

Per il tipo D dovrà essere previsto su ciascuna delle due carreggiate ed affiancato alla banchina in destra un marciapiede, di larghezza adeguata ma non minore di metri 1,50, protetto da dispositivo di ritenuta invalicabile (Fig. 4.1.2.c).

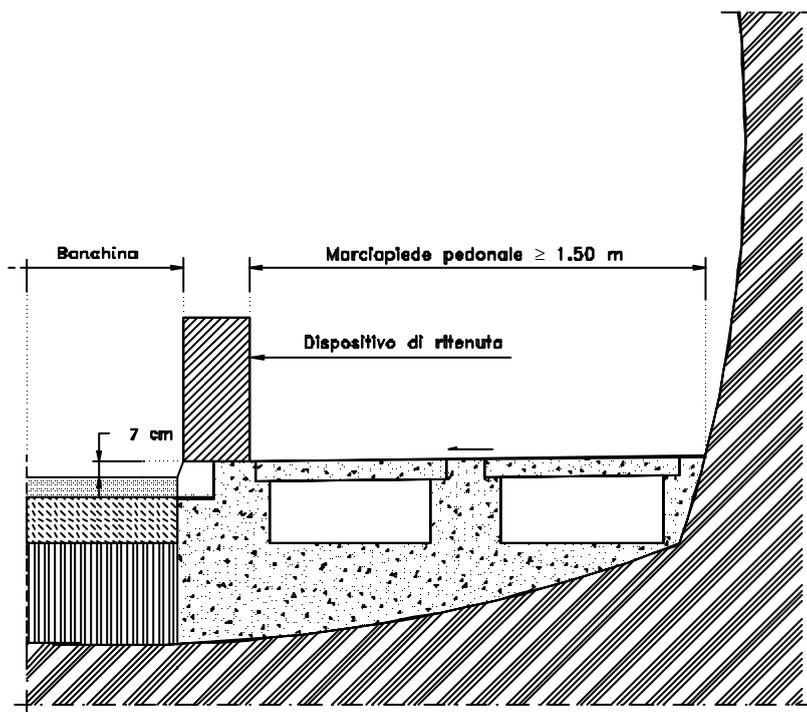


Fig. 4.1.2.c

Il ciglio in figura può essere eliminato qualora si adottino barriere continue in calcestruzzo. La banchina ed il margine in sinistra si realizzano come per il tipo B.

Per le strade a carreggiata unica bidirezionale (tipo C e F in ambito extraurbano) l'organizzazione della piattaforma è riportata in Fig. 4.1.2.d.

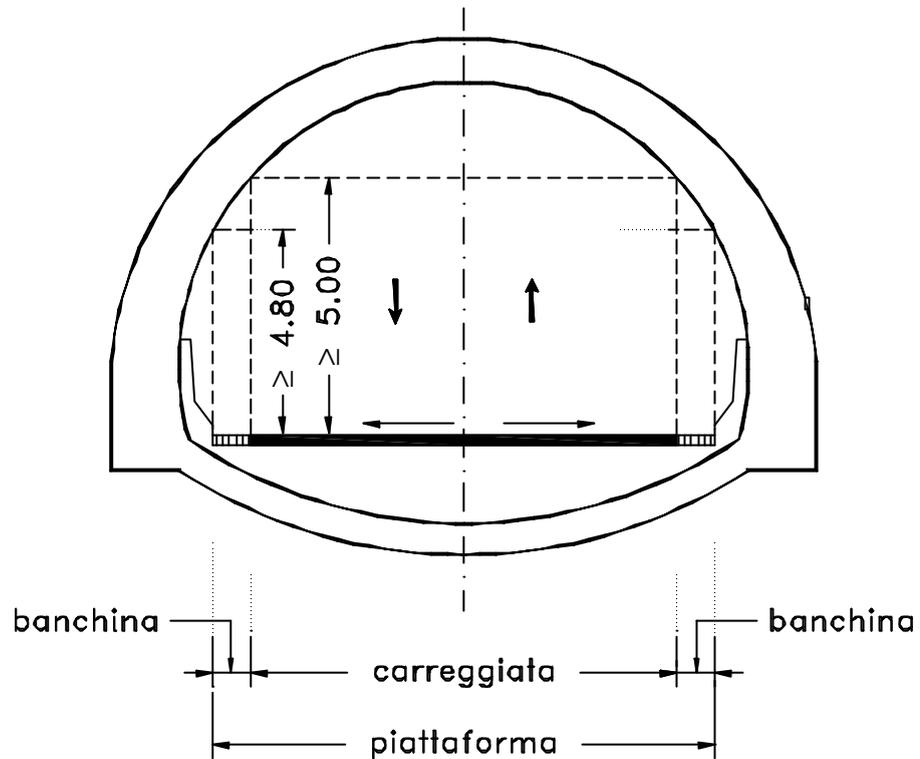


Fig. 4.1.2.d

Per le strade tipo E e F in ambito urbano e nelle strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento, dovranno essere previsti, affiancati alle banchine (che conservano la dimensione di cui all'esterno), marciapiedi rialzati di larghezza adeguata ma non minore di metri 1,50, delimitati verso le banchine da un ciglio non sormontabile sagomato (cordolo se marciapiede a raso), di altezza compresa fra cm 20 e 25, senza dispositivi di ritenuta invalicabili (Fig. 4.1.2.e)

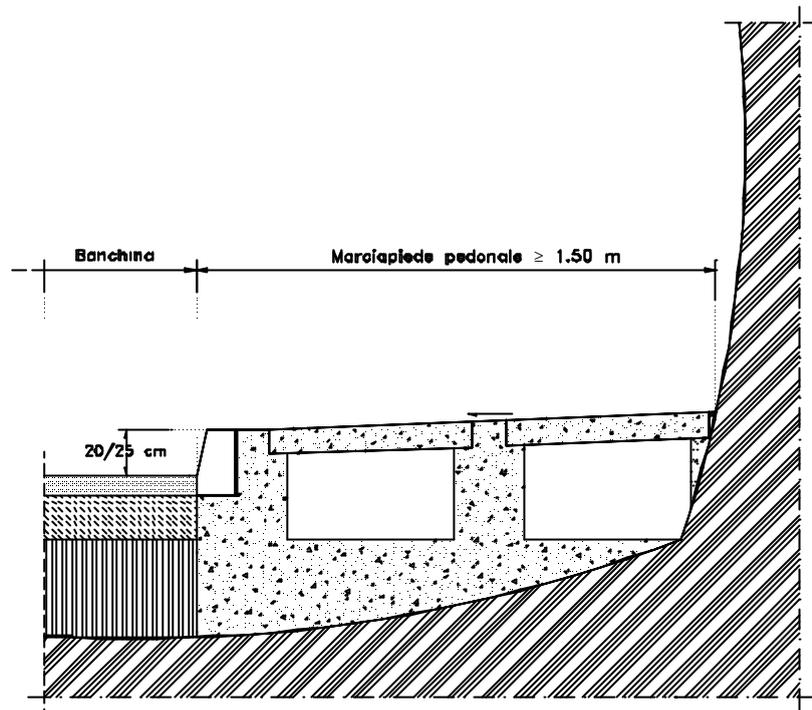


Fig. 4.1.2.e

In tutti i casi l'altezza libera nella galleria, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della piattaforma, non deve essere inferiore a metri 4.80. Nel caso di controsoffitto o di intradosso piano (galleria in artificiale) o di presenza di apparecchi sospesi, il franco libero in corrispondenza alla carreggiata non deve essere inferiore a metri 5,00. Ciò, salvo il caso di strade a traffico selezionato con altezza di sagoma limite ridotta.

Le dimensioni delle banchine laterali in destra ed in sinistra, richiamate nel presente paragrafo per i diversi tipi di strada, si intendono come valori minimi, da eventualmente incrementare qualora le verifiche di visibilità di cui al successivo paragrafo 5.1 ne dimostrino la necessità. Le superfici aggiuntive rispetto i valori minimi devono essere trattate per scoraggiarne l'utilizzo da parte degli utenti.

4.2. CORSIE SUPPLEMENTARI PER VEICOLI LENTI.

Sulle livellette di forte pendenza, soprattutto per quelle di notevole lunghezza, dovrà valutarsi l'opportunità di allargare la sezione trasversale della strada, realizzando una corsia supplementare destinata ai veicoli lenti.

L'introduzione di questa corsia dovrà, in ogni caso, essere giustificata in base ad uno studio che tenga conto:

- del rallentamento subito dai veicoli pesanti sulle rampe, da considerarsi intollerabile se la velocità di detti veicoli si riduce a meno del 50% di quella delle autovetture sulle stesse rampe. Per la valutazione delle suddette velocità, vanno seguiti i criteri esposti al punto 5.4 di queste norme (diagramma delle velocità), con l'avvertenza che per quanto riguarda le autovetture le velocità si riducono convenzionalmente sulle pendenze uguali o superiori al 6% come nella tabella seguente,

i (%)	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10
v _p (km/h)	95	85	80	75	70

mentre per quanto riguarda i veicoli pesanti le velocità sulle rampe vanno determinate in base ai diagrammi di prestazione (vedi il manuale H.C.M.)

- del decadimento della qualità della circolazione e delle condizioni di sicurezza in rapporto alla percentuale di veicoli pesanti ed al volume di traffico previsto (manuale H.C.M.).

La corsia supplementare per i veicoli lenti deve avere una larghezza pari a 3,50 m ed essere fiancheggiata da una banchina pavimentata di larghezza minima pari a 1,25 m, nonché dagli elementi marginali e di arredo previsti per l'organizzazione della sede stradale nella sezione corrente. Tale banchina non può in alcun caso sostituire la corsia di emergenza, qualora prevista dal tipo di strada considerata.

Lo sviluppo della corsia supplementare è articolato in tre tratti:

1. il tronco di manovra per il cambiamento di corsia, di lunghezza non inferiore a 40 m, tale da consentire ai veicoli lenti l'uscita dalla corsia di marcia normale; (fig. 4.2.a);

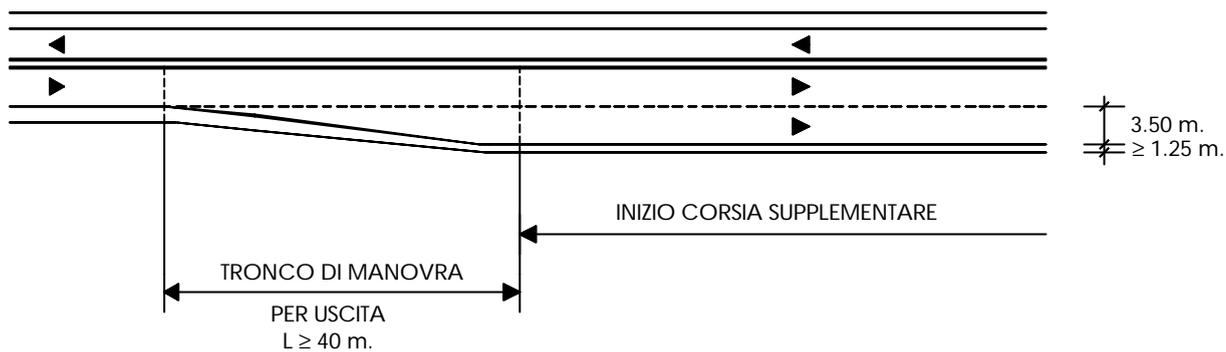


Fig. 4.2.a

2. la corsia supplementare propriamente detta, la cui lunghezza, determinata in relazione alle esigenze anzidette, va incrementata per consentire al veicolo pesante di raggiungere già prima del raccordo di rientro non meno del 60% della velocità delle autovetture sulla stessa rampa;
3. il tronco di raccordo per il rientro dei veicoli lenti nella corsia di marcia normale, di lunghezza non inferiore a 80 m (fig. 4.2.b)

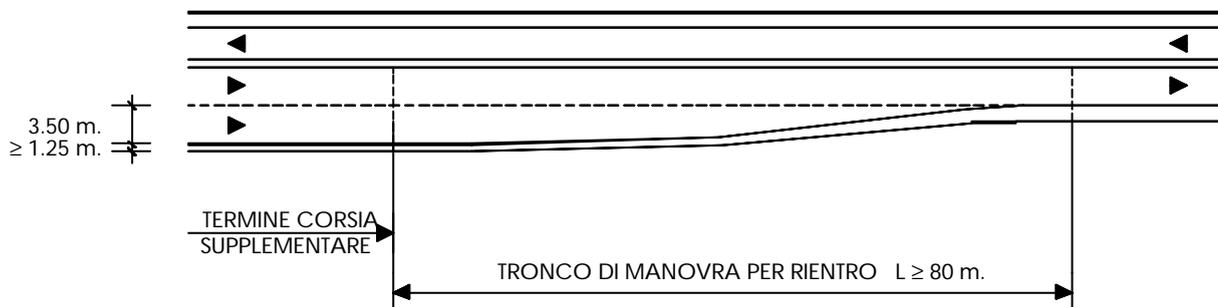


Fig. 4.2.b

Infine, fra le corsie supplementari disposte nello stesso senso di marcia dovrà aversi un distanziamento non inferiore a 600 m; laddove il tronco intermedio dovesse risultare di lunghezza inferiore, dovrà essere realizzata un'unica corsia supplementare continua.

4.3 ELEMENTI MARGINALI E DI ARREDO DELLA SEDE STRADALE.

4.3.1 Margine interno.

Parte della piattaforma che separa corsie percorse in senso opposto.

Nel caso di strade con carreggiate separate distanziate non più di 12 m, all'interno del margine devono essere collocati dispositivi di ritenuta invalicabili.

Le banchine in sinistra, oltre il limite interno della carreggiata, devono essere pavimentate, avere la medesima pendenza della carreggiata stessa e le larghezze indicate nella tabella 3.4.a del capitolo 3.

La zona compresa fra le due banchine suddette (spartitraffico) deve essere mantenuta a verde nel caso di margine di larghezza $\geq 4,00$ m; potrà essere mantenuta a verde pure nel caso di margini di larghezza inferiore.

Lo spartitraffico (parte non carrabile del margine) deve essere interrotto, in linea di massima ogni due chilometri, da una zona pavimentata atta a consentire lo scambio di carreggiata. (varco).

Analoghi varchi sullo spartitraffico devono anche essere previsti in prossimità degli imbocchi delle gallerie, delle testate di viadotti e ponti di notevole lunghezza.

In corrispondenza dei varchi non deve interrompersi la continuità dei dispositivi di ritenuta, da realizzarsi anche di classe inferiore rispetto a quella corrente (vedi D.M. n° 223 del 18/02/1992 e succ. int. e mod.), in modo tale da essere facilmente rimossi in caso di necessità.

Al fine di assicurare lo smaltimento delle acque lo spartitraffico nei tratti in curva deve assumere un'opportuna conformazione ed essere dotato di appositi apprestamenti.

Nella sistemazione sullo spartitraffico delle siepi anabbaglianti e dei dispositivi di ritenuta, occorre verificare che essi, nelle curve sinistrorse, non costituiscano ostacolo alla visibilità lungo la corsia più interna.

4.3.2 Margine laterale

Parte della piattaforma che separa la carreggiata principale da quella di servizio. Ha le caratteristiche di cui al paragrafo precedente.

4.3.3 Margine esterno

Parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti, sostegni, ecc.)

4.3.4 Cigli e cunette.

Le banchine devono essere raccordate con gli elementi marginali contigui dello spazio stradale (scarpate, cunette, marciapiedi ecc.) mediante elementi di raccordo che possono essere costituiti, a seconda delle situazioni, da arginelli, o fasce di raccordo (cigli), destinati ad accogliere eventuali dispositivi di ritenuta o elementi di arredo. In taluni casi detti elementi di raccordo possono anche mancare. Le dimensioni di tali elementi sono precisate nelle figg. 4.3.4.a/b/c/d.

L'altezza dell'arginello rispetto la banchina dovrà essere di almeno 0,10 m. Sarà raccordato alla scarpata mediante un arco le cui tangenti non siano inferiori a 0.50 m.

Nella sezione in trincea, la fascia di raccordo fra banchina e cunetta va opportunamente trattata in modo da assicurarne l'impermeabilità ed evitarne l'erosione; ove per la cunetta sia adottata la conformazione del tipo di cui alla figura 4.3.4.b (non necessitante di dispositivo di ritenuta), tale elemento di raccordo scompare e la cunetta può essere accostata direttamente alla banchina.

Nel caso in cui la sede stradale risulti sostenuta da un muro, l'elemento marginale sarà progettato in analogia con quanto previsto per la sezione stradale su opere di scavalco.

La sezione delle cunette deve comunque essere dimensionata in base ad un calcolo idraulico.

4.3.5 Marciapiedi.

Oltre quanto indicato al par. 3.4.6, va precisato che per le strade urbane di classe D-E-F, la larghezza dei marciapiedi va comunque determinata in base ai flussi pedonali previsti.

Per strade con velocità di progetto (limite superiore) maggiore di 70 km/h, il marciapiedi va protetto da dispositivi di ritenuta, sistemati come in fig. 4.1.1.b. e 4.1.2.c. Qualora la velocità prevista sia inferiore al valore sopra indicato, la protezione potrà essere omessa, ma in questo caso il marciapiedi dovrà essere delimitato da un ciglio non sormontabile sagomato, come in Fig. 4.1.1.c. e 4.1.2.e.

Tutti i marciapiedi ed i passaggi pedonali che si affacciano su carreggiate sottostanti devono essere muniti di rete di protezione alta almeno 2.0 m.

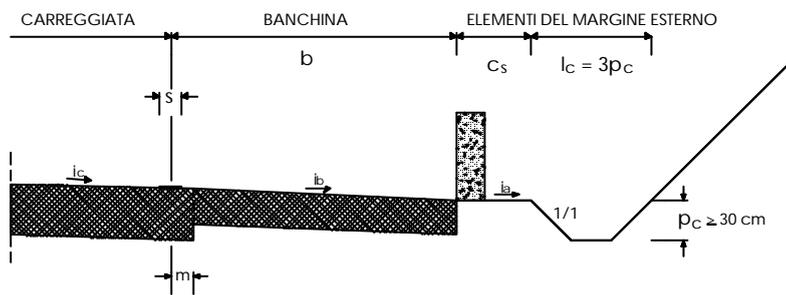
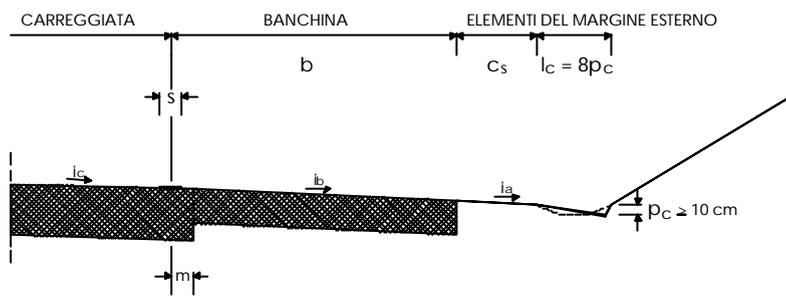
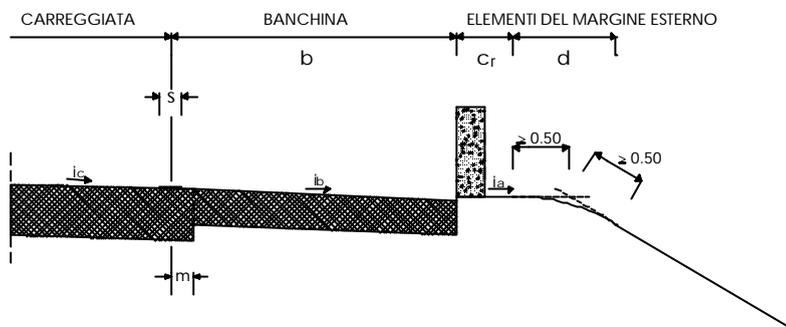


Fig. 4.3.4.c

ELEMENTO	DENOMINAZIONE	STRADA	DIMENSIONE
s	striscia di delimitazione	A - B	0,25 m
		C- D - E	0,15 m
		F	0,12 m
m	bordo carreggiata	tutte	$\geq 0,30$ m
i_c	pendenza trasversale carreggiata in rettilineo in curva	tutte	2,5 % $\geq 2,5$ %
i_b	pendenza trasversale banchina	tutte	$= i_c$
c_r	ciglio o arginello in rilevato	A - B - C - D E - F	* $\geq 0,75$ m $\geq 0,50$ m
d	raccordo	ove previsto	1,00 m
c_s	ciglio in scavo	ove previsto	come c_r
i_a	pendenza trasversale c_r e c_s	tutte	4 %
l_c	larghezza cunetta	tutte	$\geq 0,80$ m
p_c	profondità cunetta	tutte	vedi figure 4.3.4.b/c
b	banchina	vedi Tab. 3.4.a al Cap. 3	

* dipende dallo spazio richiesto per il funzionamento del dispositivo di ritenuta

Fig. 4.3.4.d

4.3.6. Piazzole di sosta

Le strade di tipo B, C e F extraurbane devono essere dotate di piazzole per la sosta ubicate all'esterno della banchina. Dette piazzole devono avere dimensioni non inferiori a quelle indicate nella figura 4.3.6.a. Esse devono essere distanziate l'una dall'altra in maniera opportuna ai fini della sicurezza della circolazione e comunque ad intervalli non superiori ai 1.000 m lungo ciascuno dei due sensi di marcia. Tali piazzole possono venir previste anche per le strade di tipo A, con le stesse dimensioni.

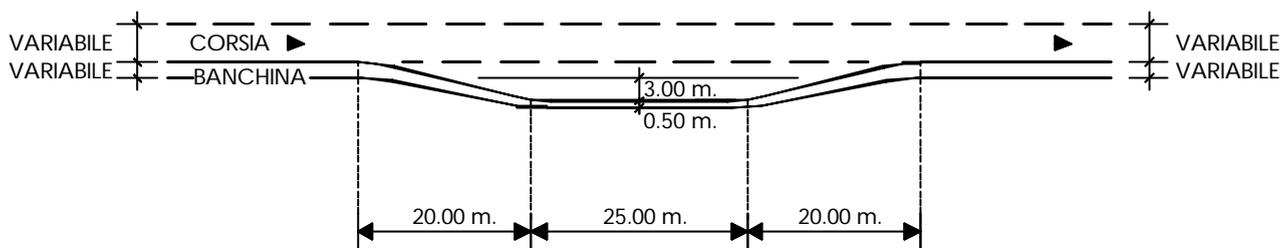


Fig. 4.3.6.a

4.3.7. Dispositivi di ritenuta

La presente norma non dà specifiche indicazioni circa le barriere stradali di sicurezza in quanto la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle stesse è disciplinato dal D.M. n° 223 del 18/2/1992 e successive modificazioni ed integrazioni; pertanto nelle figure contenute in questa norma esse sono rappresentate in maniera schematica.

In aggiunta alle prescrizioni specifiche contenute nel decreto precedentemente citato si segnala però la necessità, per il progettista stradale, di verificare sempre e comunque che le condizioni di installazione delle barriere di sicurezza siano tali da consentirne il corretto funzionamento, adottando, se necessario, per il margine interno, il margine laterale o il margine esterno dimensioni maggiori delle minime previste dalla presente norma.

Si segnala inoltre la necessità di verificare che sia assicurata la necessaria azione di contenimento sui sostegni delle barriere.

CAP. 5 - GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE

5.1 DISTANZE DI VISIBILITA'

5.1.1 Visuali libere

L'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione.

Per distanza di visuale libera si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con le seguenti distanze:

Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto.

Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza a punti singolari (incroci, uscite, ecc.).

5.1.2. Distanza di visibilità per l'arresto

Si valuta con la seguente espressione:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[f_i(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [\text{m}]$$

dove

- V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma di velocità (cfr. par. 5.4) [km/h]
- V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
- τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g =	accelerazione di gravità	[m/s ²]
R_a =	resistenza aerodinamica	[N]
m =	massa del veicolo	[kg]
f_l =	quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura	
r_0 =	resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile	[N/kg]

La resistenza aerodinamica R_a si valuta con la seguente espressione :

$$R_a = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [\text{N}]$$

dove:

C_x = coefficiente aerodinamico

S = superficie resistente [m²]

m = massa del veicolo [kg]

ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m³]

Per f_l possono adottarsi le due serie di valori di seguito riportate, una relativa alle autostrade e l'altra valida per tutti gli altri tipi di strade (vedi Fig. 5.1.2.a). Tali valori sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm)

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f_l Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
f_l Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Per le autostrade sono stati adottati valori di f_l maggiori in considerazione del fatto che su tale tipo di vie, caratterizzate da standard geometrici elevati nonché da piani viabili di qualità, l'utente tende ad impegnare l'aderenza disponibile in misura maggiore.

I valori di f_l riferiti alle autostrade possono essere adottati per le strade extraurbane principali (tipo B), qualora le qualità del piano viabile risultino paragonabili a quelle delle strade di tipo A e siano mantenute tali nel tempo.

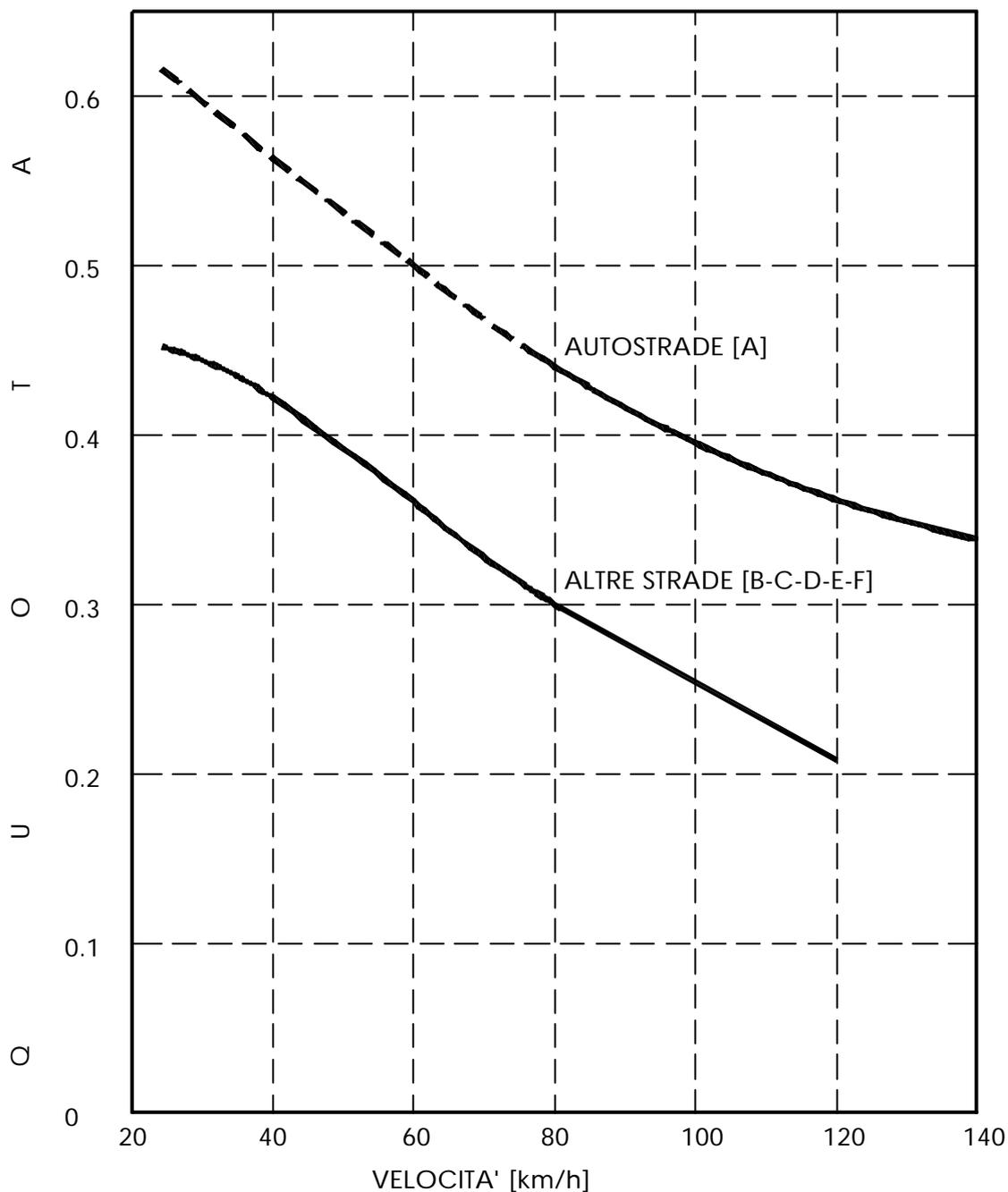


Fig. 5.1.2.a

Le distanze così calcolate sono valide sia in rettilineo che in curva.

Per il tempo complessivo di reazione si assumono valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h., in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità.

$$t = (2,8 - 0,01 V) \quad [s] \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

In situazioni particolari quali incroci o tratti di difficile lettura ed interpretazione (intersezioni complesse, innesti o deviazioni successive ecc.) il tempo di cui sopra va maggiorato di 1 secondo nel caso di strada extraurbana e fino a 3 secondi in ambito urbano.

Le figure 5.1.2.b e 5.1.2.c riportano le distanze di visibilità per l'arresto calcolate come sopra, in funzione di una pendenza longitudinale costante. In caso di variabilità di tale pendenza (raccordi verticali), si può assumere per essa il valore medio.

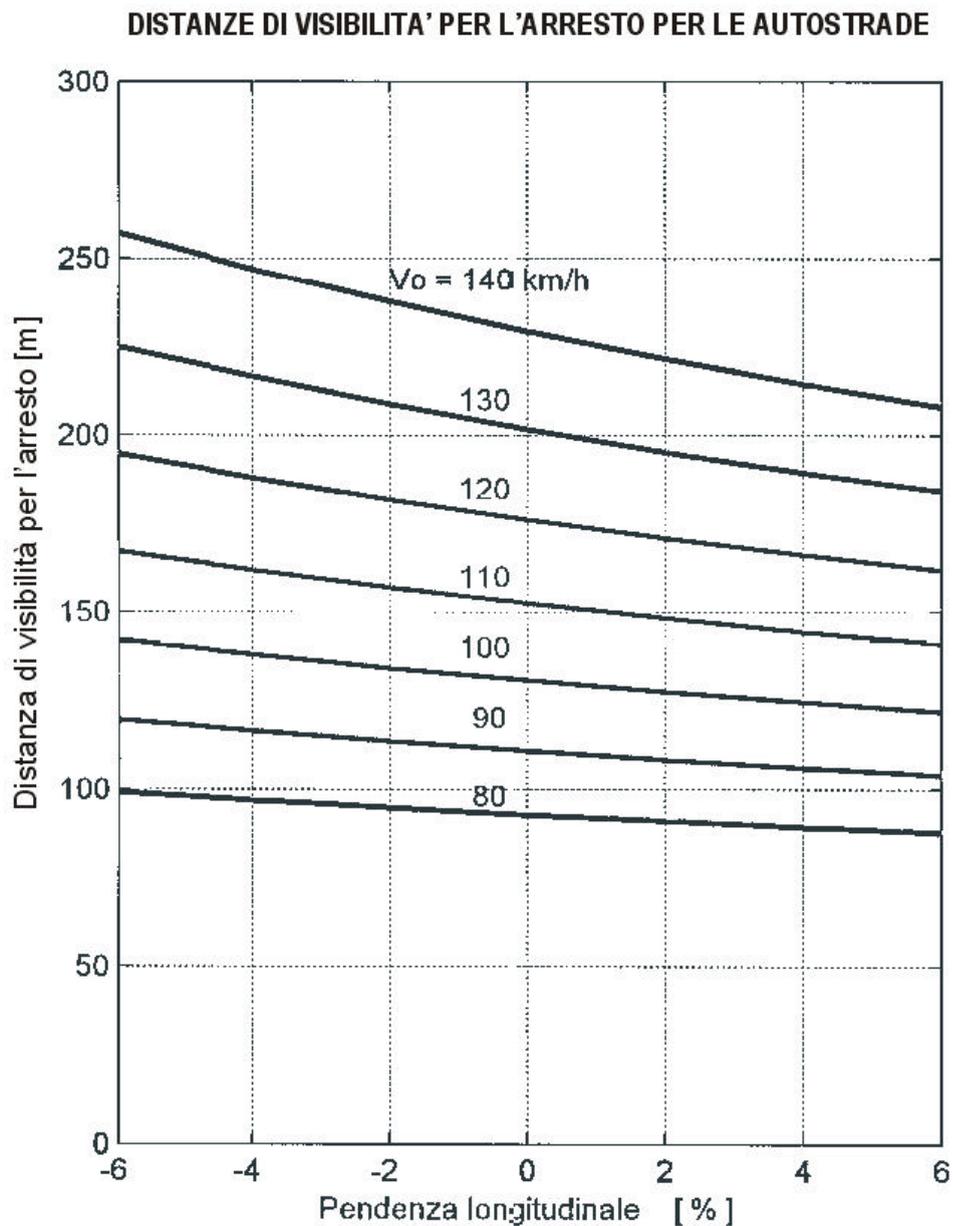


Fig. 5.1.2.b

PER LE ALTRE STRADE

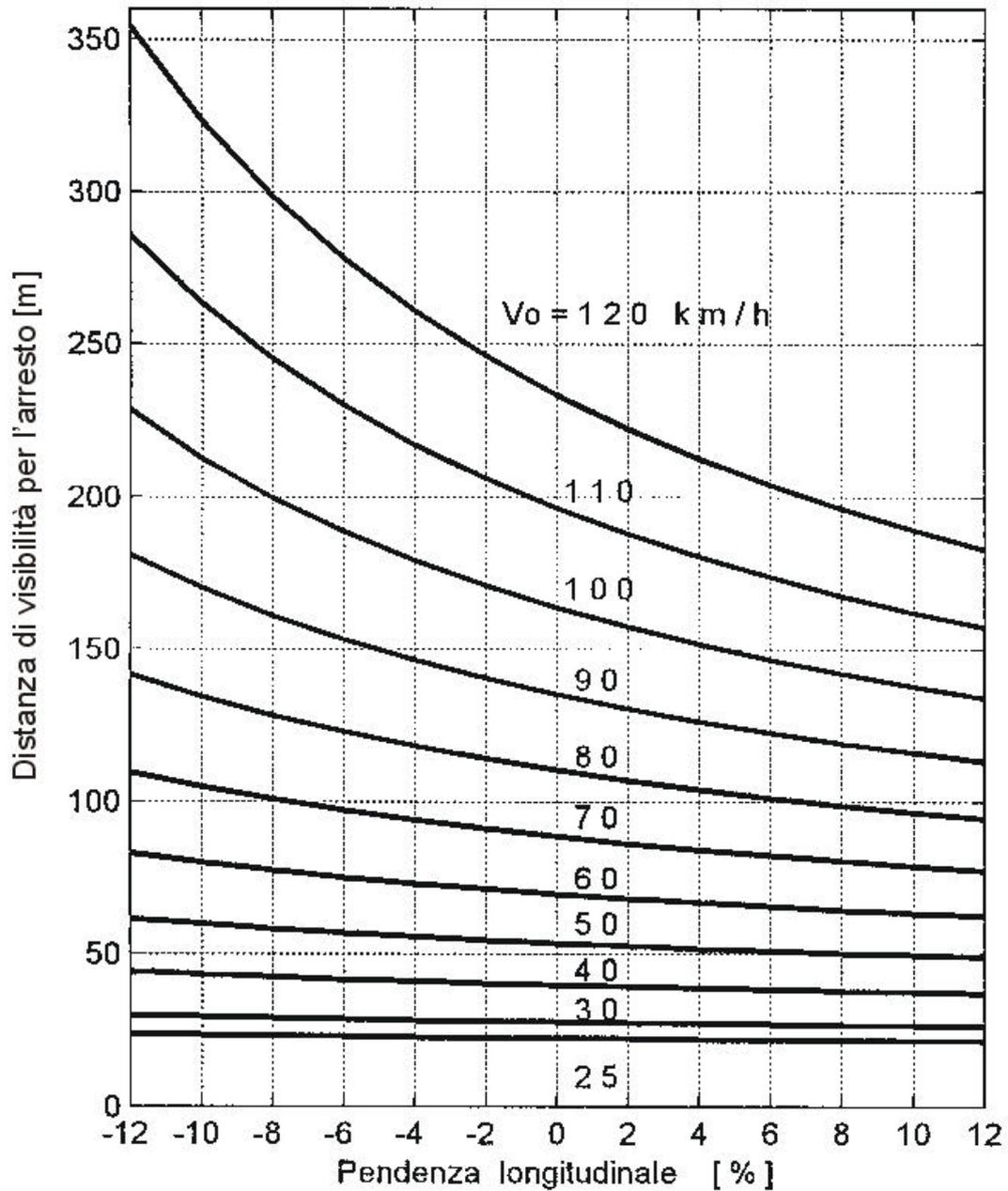


Fig. 5.1.2.c

I diagrammi di figure 5.1.2.b e 5.1.2.c sono calcolati per il caso di arresto di una autovettura le cui caratteristiche di resistenza aerodinamica (con riferimento ad una autovettura media) sono precisate di seguito:

C_x = coefficiente aerodinamico = 0,35
 S = superficie resistente = 2,1 [m²]

m = massa del veicolo = 1250 [kg]
 ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard = 1,15 [kg/m³]

Con queste condizioni

$$\frac{Ra}{m} = 2,61 \times 10^{-5} \times V^2 \quad [\text{N/kg}]$$

5.1.3 Distanza di visibilita' per il sorpasso

In presenza di veicoli marcianti in senso opposto la distanza di visibilita' completa per il sorpasso si valuta con la seguente espressione:

$$D_s = 20 \times v = 5,5 \times V \quad [\text{m}]$$

dove:

v (m/s) oppure V (km/h) è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma della velocità (cfr. par. 5.4) ed attribuita uguale sia per il veicolo sorpassante che per il veicolo proveniente dal senso opposto.

5.1.4 Distanza di visibilita' per la manovra di cambiamento di corsia

Si valuta lo spazio necessario con la seguente espressione; nella quale i 9,5 secondi comprendono i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia (4 secondi).

$$D_c = 9,5 \times v = 2,6 V \quad [\text{m}]$$

dove:

v = velocità del veicolo in [m/s], op. V in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (cfr. par. 5.4)

5.1.5 Applicazioni progettuali

Le distanze di visibilita' da verificare dipendono dal tipo di strada in progetto e dall'elemento di tracciato considerato. Indipendentemente però dal tipo di strada e dall'ambito (extraurbano o urbano), lungo tutto il tracciato deve essere assicurata la distanza di visibilita' per l'arresto in condizioni ordinarie o con tempi di reazione maggiorati.

Nelle strade extraurbane a unica carreggiata con doppio senso di marcia, la distanza di visibilità per il sorpasso deve essere garantita per una conveniente percentuale di tracciato, in relazione al flusso di traffico smaltibile con il livello di servizio assegnato, in misura comunque non inferiore al 20%.

Nei tratti di carenza di visibilità per il sorpasso, tale manovra deve essere interdetta con l'apposita segnaletica.

In presenza di più corsie per senso di marcia nonché in corrispondenza a punti singolari (incroci, deviazioni ecc.) occorre assicurare la distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia.

Ai fini delle verifiche delle visuali libere, la posizione del conducente va sempre considerata al centro della corsia da lui impegnata, con l'altezza del suo occhio a m. 1,10 dal piano viabile. Nella valutazione della distanza di visibilità per l'arresto, l'ostacolo va collocato a m. 0,10 dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente. Nel caso della distanza di visibilità per il sorpasso, l'ostacolo mobile va collocato nella corsia opposta, con altezza pari a m. 1,10. Nel caso della manovra di cambiamento di corsia, deve venir verificata la possibilità di vedere il limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente.

5.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

5.2.1 Criteri di composizione dell'asse

In genere, nelle strade a unica carreggiata si assume come asse quello della carreggiata stessa; nelle strade a due carreggiate complanari e ad unica piattaforma, l'asse si colloca a metà del margine interno. Negli altri casi occorre considerare due assi distinti.

Nella definizione dell'asse di una strada, la via che si segue tradizionalmente studia separatamente l'andamento planimetrico da quello altimetrico.

Secondo tale impostazione il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali, quali i rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile, mentre quello altimetrico si articola in una successione di livellette e raccordi concavi o convessi.

Ai fini di garantire una soluzione sicura, confortevole per gli utenti e soddisfacente dal punto di vista ottico, è necessario adottare per la planimetria e l'altimetria, soluzioni coordinate e compatibili con le velocità di progetto.

Sono possibili, per definire la linea d'asse, soluzioni alternative che si basano sulla utilizzazione di linee polinomiali; ciò può essere fatto considerando separatamente la linea planimetrica e quella altimetrica, oppure definendo la linea d'asse direttamente nello spazio. Tuttavia, nel caso in cui l'asse stradale sia definito secondo linee di tipo polinomiale o con l'impiego di curve diverse da quelle indicate in seguito, le verifiche di accettabilità devono essere effettuate riconducendo le medesime linee alle equivalenti linee tradizionali con procedimenti numerici di assimilazione.

Di seguito ci si riferisce soltanto al modo tradizionale di composizione dei tracciati.

5.2.2. Elementi del tracciato planimetrico

Tra due elementi a raggio costante (curve circolari, ovvero rettilo e curva circolare) deve essere inserita una curva a raggio variabile, lungo la quale generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza.

La definizione di questi elementi e la loro combinazione è connessa soprattutto ad esigenze di sicurezza.

- Rettifici

Per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifici abbiano una lunghezza L_r contenuta nel seguente limite

$$L_r = 22 \cdot V_{p \text{ Max}} \quad [\text{m}]$$

dove $V_{p \text{ Max}}$ è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in km/h..

Inoltre, in genere, l'adozione dei rettifici di lunghezza limitata favorisce l'inserimento della strada nell'ambiente.

Per poter esser percepito come tale dall'utente, il rettifilo deve avere una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella seguente tabella; per velocità si intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

- Curve circolari

Una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva (cfr. par. 5.4).

I rapporti tra i raggi R_1 e R_2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato di strade di tipo A, B, C, D e F extraurbane, sono regolati dall'abaco riportato nella figura 5.2.2.a. In particolare, per le strade di tipo A e B detto rapporto deve collocarsi nella "zona buona"; per le strade degli altri tipi è utilizzabile pure la "zona accettabile".

Tra un rettifilo di lunghezza L_r ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettifilo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, deve essere rispettata la relazione:

$R > L_R$ per $L_R < 300$ m
 $R \geq 400$ m per $L_R \geq 300$ m

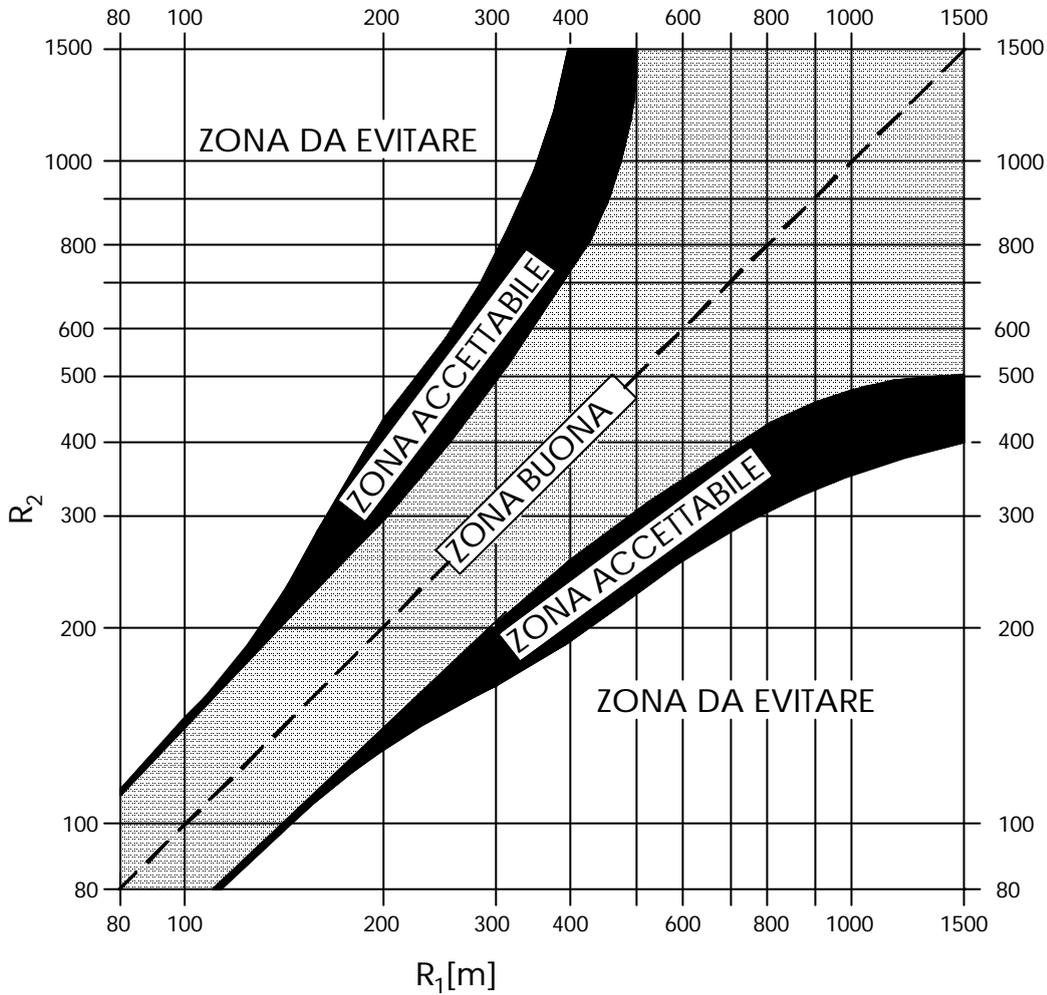


Fig. 5.2.2.a*

5.2.3 Pendenze trasversali della piattaforma nei rettifili

La pendenza trasversale in rettifilo nasce dall'esigenza di allontanamento dell'acqua superficiale. A seconda del tipo di strada si adottano le sistemazioni di cui alla figura 5.2.3.a

* da "Richtlinien für Anlage von Strassen, RAS - L 1995"

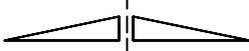
STRADE TIPO	PIATTAFORMA	PENDENZE TRASVERSALI
A, B, D a due o piu' corsie per carreggiata		
E a quattro corsie		
altre strade		

Fig. 5.2.3.a

Indipendentemente dal tipo di strada, la pendenza minima delle falde della carreggiata, i_c , è del 2,5 % ($q = 0,025$). Valori inferiori saranno impiegati, con gli accorgimenti indicati nel cap. 5.2.4, solo nei tratti di transizione tra elementi di tracciato caratterizzati da opposte pendenze trasversali.

5.2.4 Pendenze trasversali della piattaforma in funzione del raggio delle curve circolari e della velocità

In curva la carreggiata è inclinata verso l'interno. La pendenza trasversale è la stessa su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio.

La pendenza massima vale 7% ($q=0,07$) per le strade tipo A (urbane ed extraurbane), tipo B, C, F extraurbane e strade di servizio extraurbane; vale 5% per le strade di tipo D e 3,5 % per le strade di tipo E ed F urbane, nonché per le strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento.

Per la determinazione della pendenza in funzione del raggio è indispensabile stabilire il legame tra la velocità di progetto V_p , la pendenza trasversale in curva i_c e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente f_t . Dallo studio dell'equilibrio di un veicolo transitante su una curva circolare si ottiene

$$\frac{V_p^2}{R \cdot 127} = q + f_t$$

dove:

V_p = velocità di progetto della curva [km/h]

R = raggio della curva [m]

$$q = \frac{i_c}{100}$$

f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente

Per quanto riguarda la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente $f_{t \max}$, valgono i valori di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. $f_{t \max}$ per strade tipo A, B, C, F extra urbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. $f_{t \max}$ per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Per velocità intermedie fra quelle indicate si provvede all'interpolazione lineare.

Per una strada di assegnato intervallo di velocità di progetto, il raggio minimo R_{\min} è quello calcolato con l'espressione dianzi citata e con la velocità al limite inferiore dell'intervallo di progetto, per una pendenza trasversale pari alla q_{\max} , nonché per un impegno di aderenza trasversale pari a $f_{t \max}$. Vedansi i valori nella tabella seguente

TIPI SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	$V_p \min$ [km/h]	q_{\max}	$f_{t \max}$	Raggio minimo [m]
AUTOSTRADA A	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	90	0,07	0,118	339
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,07	0,210	45
	URBANO	STRADA PRINCIPALE	80	0,07	0,130	252
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,035	0,210	51
EXTRAURBANA PRINCIPALE B	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	70	0,07	0,147	178
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,07	0,210	45
EXTRAURBANA SECONDARIA C	EXTRAURBANO		60	0,07	0,170	118
URBANA DI SCORRIMENTO D	URBANO	STRADA PRINCIPALE	50	0,05	0,205	77
		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	25	0,035	0,220	19
URBANA DI QUARTIERE E	URBANO		40	0,035	0,210	51
LOCALE F	EXTRAURBANO		40	0,07	0,210	45
	URBANO		25	0,035	0,220	19

Per raggi maggiori di R_{\min} si utilizzano gli abachi di cui alle figure 5.2.4.a (strade tipo A urbane ed extraurbane, tipo B, C, F extraurbane e strade di servizio extraurbane) e 5.2.4.b (strade tipo D, E, F urbane e strade di servizio urbane), procedendo nel modo di seguito riportato.

Finché il raggio è minore di quello R^* calcolato con l'espressione citata all'inizio del paragrafo per la velocità V_{\max} di progetto, per la pendenza i_{\max} e per f_{\max} , la pendenza trasversale dovrà essere mantenuta costante e pari al valore massimo. In tale campo, cioè per $R_{\min} \leq R \leq R^*$, la velocità di progetto V_p è data dall'espressione già citata, sempre con f_{\max} .

La pendenza trasversale 2,5 % deve essere impiegata quando il raggio di curvatura è uguale o maggiore ai valori del raggio $R_{2,5}$, riportati nelle figure seguenti.

Per valori del raggio non inferiori a quelli R' indicati nella Tabella seguente, è possibile conservare la sagoma in contropendenza al valore - 2,5 %.

STRADA TIPO	A	B	C F extraurbane	D	E F urbane
R' [m]	10250	7500	5250	2000	1150

STRADA DI SERVIZIO	A extraurbane.	A urbane	B F extraurbane	D
R' [m]	5250	1150	5250	1150

Per strade soggette a frequente innevamento la pendenza trasversale va limitata al 6 % e di conseguenza il raggio minimo utilizzabile è quello che corrisponde negli abachi a tale valore.

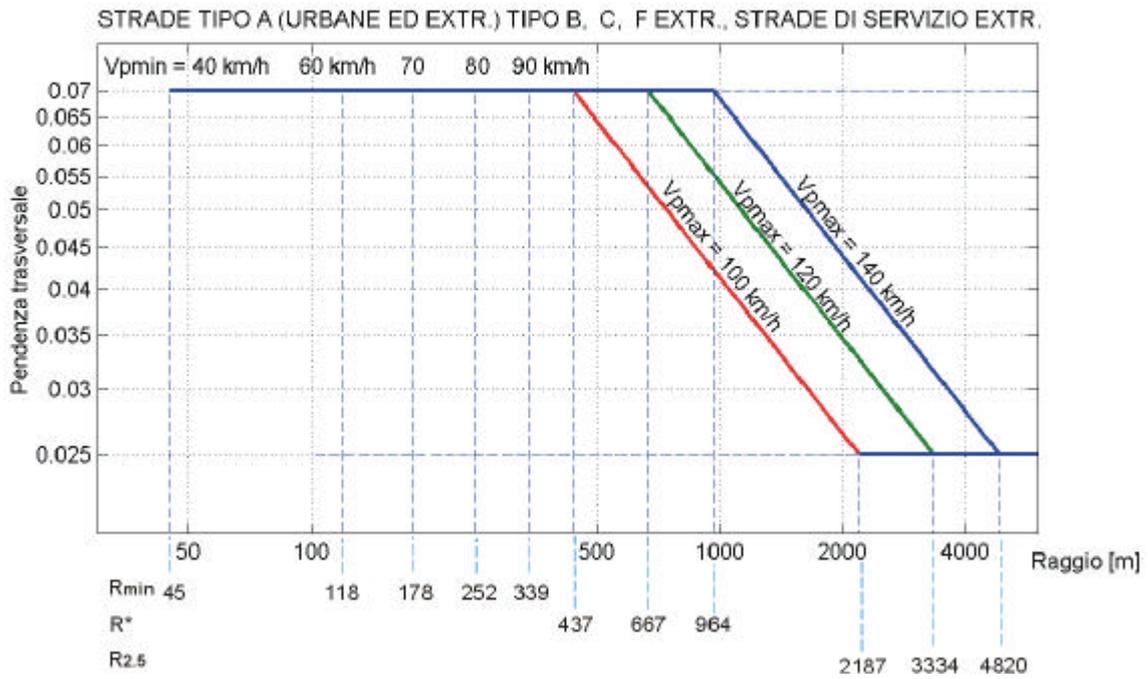


Fig. 5.2.4.a

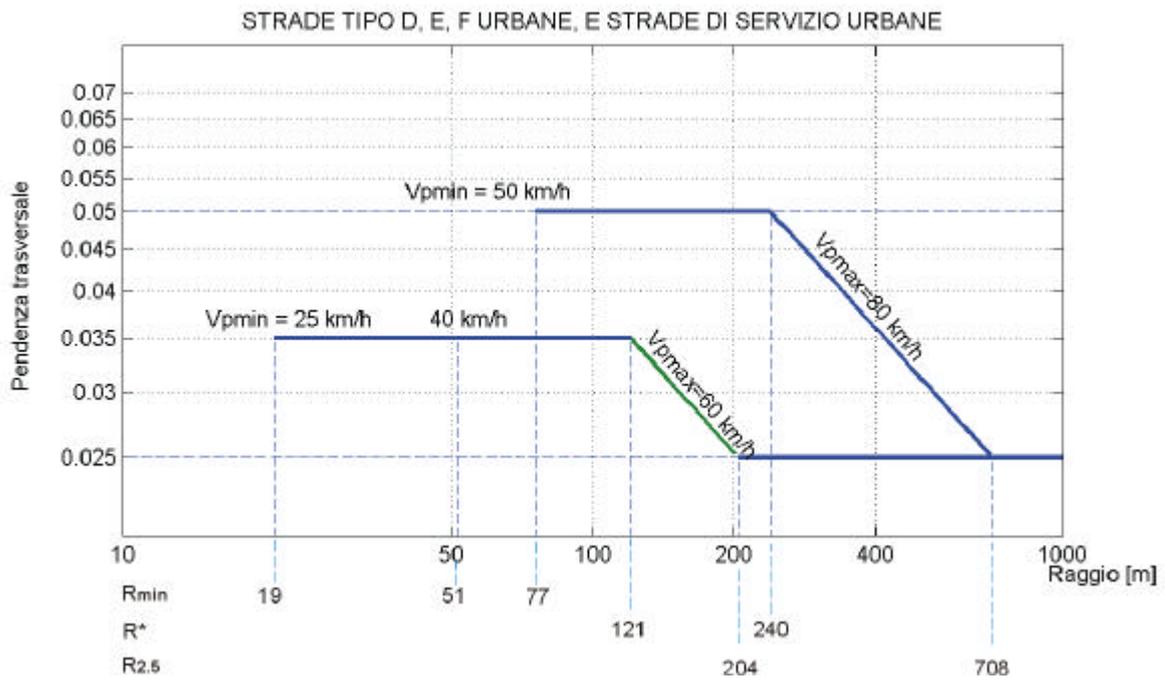


Fig. 5.2.4.b

La pendenza geodetica J risultante dalla combinazione della pendenza trasversale i_c e di quella longitudinale i_l , pari a:

$$J = \sqrt{i_l^2 + i_c^2}$$

non deve superare il valore del 10 % per le strade di tipo A e B e del 12% per le altre; nel caso di strade a frequente innevamento tale valore limite è dell' 8%.

La pendenza trasversale calcolata con i criteri ora descritti deve essere estesa all'intera piattaforma, banchine comprese.

La determinazione dei valori del raggio e della velocità nelle curve sulla base dell'equilibrio del veicolo non esime però dall'esame della congruità del valore ottenuto mediante la verifica della visuale libera per le manovre previste ai paragrafi precedenti, verifica che potrebbe comportare una maggiorazione di tale valore oppure un incremento dei franchi laterali, in particolare nelle curve sinistrorse per la presenza di siepi anabbaglianti o di dispositivi di ritenuta, e nelle gallerie.

In galleria la pendenza trasversale minima può essere ridotta al 1 %.

Le norme contenute in questo paragrafo non si applicano, come già detto, alla progettazione dei tornanti delle strade di montagna, dove il raggio risulterà normalmente inferiore al valore minimo ricavato col criterio precedentemente indicato.

5.2.5 Curve a raggio variabile

Queste curve sono progettate in modo da garantire:

- una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccolpo) contenuta entro valori accettabili;
- una limitazione della pendenza (o sovrappendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- la percezione ottica corretta dell'andamento del tracciato.

La curva a raggio variabile da impiegarsi è la clotoide, che è una particolare curva della famiglia delle spirali generalizzate definite dalla seguente equazione:

$$r \cdot s^n = A^{n+1}$$

dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A = parametro di scala

n = parametro di forma; regola la variazione della curvatura $1/r$

e dove, per $n = 1$, si ottiene l'equazione della Clotoide (fig. 5.2.5.a)

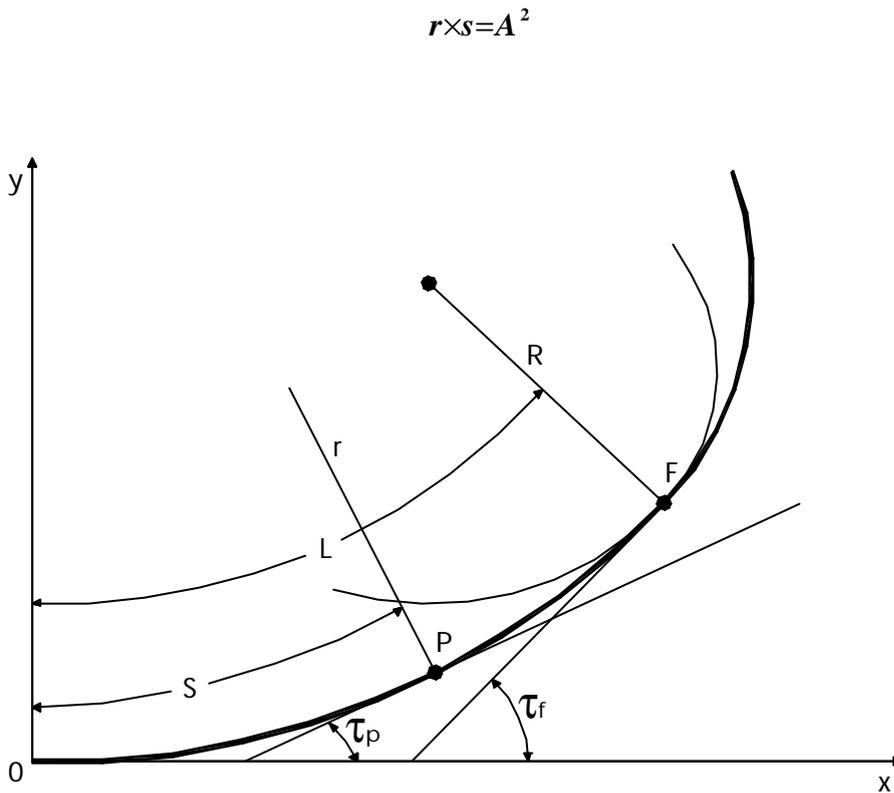


Fig. 5.2.5.a

e dove ancora, nella figura:

F = punto finale della clotoide

R (m) = raggio dell'arco di cerchio da raccordare

L (m) = lunghezza dell'arco di clotoide

τ_P = angolo di deviazione nel generico punto P

τ_F = angolo di deviazione nel punto di fine della clotoide

Verifica del parametro di scala A

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Affinchè lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo c), fra il parametro A e la massima velocità, V (km/h), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{V^3}{c} - \frac{g V R (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100}, \text{ con } i_{ci} = \text{pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide};$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100}, \text{ con } i_{cf} = \text{pendenza trasversale nel punto finale della clotoide}.$$

Trascurando il secondo termine dell'espressione del radicando e assumendo per il contraccolpo il valore limite

$$c_{\max} = \frac{50,4}{V} \quad (\text{m/s}^3)$$

si ottiene

$$A \geq 0,021 \cdot V^2$$

Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della piattaforma)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la piattaforma stradale presenta differenti assetti trasversali, che vanno raccordati longitudinalmente, introducendo una pendenza (o una sovrappendenza) nelle linee di estremità della piattaforma.

Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{D_{\max}} \times 100 \times \frac{B_i}{2} (q_i + q_f)}$$

dove:

B_i (m) = larghezza della piattaforma, o parte della stessa, nella sezione iniziale della curva a raggio variabile (vedi par. 5.2.6)

Δi_{\max} (%) = pendenza o sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse (vedi par. 5.2.6); in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della piattaforma

$q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale, in valore assoluto

$q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale, in valore assoluto

Nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{\frac{B_i}{2} (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

dove:

R_i = raggio nel punto iniziale della curva a raggio variabile [m]

R = raggio nel punto terminale della curva a raggio variabile [m]

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione

$$A \geq R/3 \quad (R_i/3 \text{ in caso di continuità})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere

$$A \leq R$$

Campo di utilizzazione dei raccordi di clotoide

Resta definito dai valori ammissibili per il parametro A, come dalla figura 5.2.5.b seguente

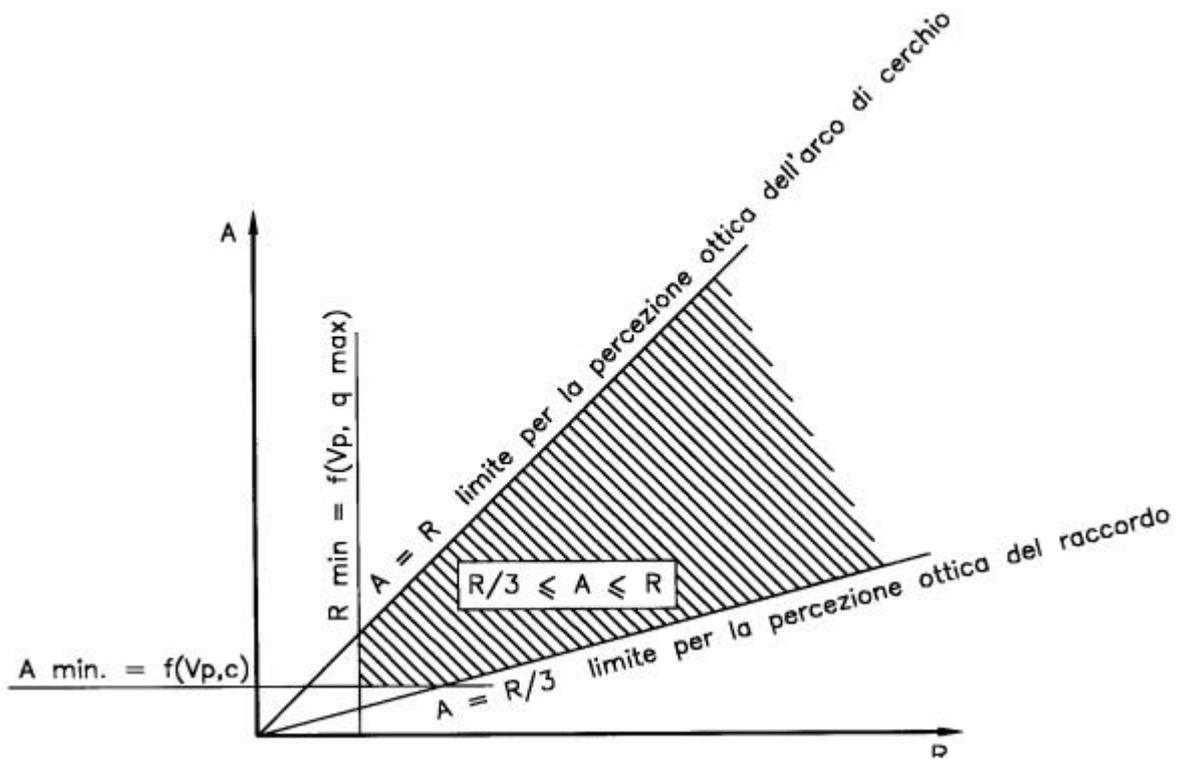


Fig. 5.2.5.b

dove

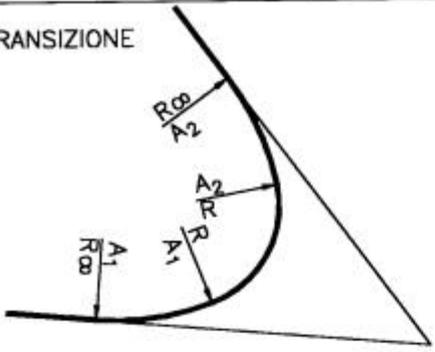
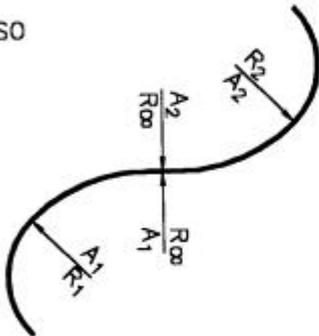
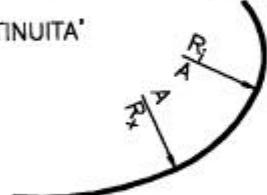
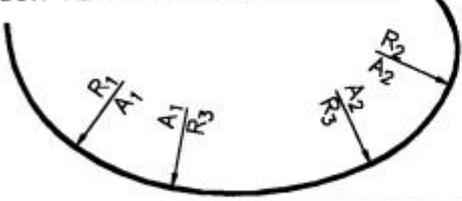
$$R_{\min} = \frac{V_p^2}{127 [f_{t \max}(V_p) + q_{\max}]}$$

$$A_{\min} = 0,021 \times V_p^2$$

In caso di continuità $\frac{R_i}{3} < A < R$

APPLICAZIONI

I casi più importanti nei quali la clotoide viene inserita in un tracciato sono riassunti nella figura 5.2.5.c, dove sono anche indicate le limitazioni per i valori dei parametri e sono anche indicate le situazioni da evitare.

TIPOLOGIA	LIMITI
<p>TRANSIZIONE</p> 	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R}{3} \leq A_1 \leq R$ $\frac{R}{3} \leq A_2 \leq R$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$
<p>FLESSO</p> 	$R_2 < R_1$ $A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ <p>FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$</p> $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$ <p>FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$</p> $\frac{R_1}{3} \leq A < R_2$
<p>CONTINUITA'</p> 	$R_x < R_i$ R_x all'interno di R_i ma non concentrico $A_{min} \leq A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_x$
<p>RACCORDO TRA DUE CERCHI SECANTI CON ALTRO CERCHIO AUSILIARIO</p> 	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_3}{3} \leq A_1 < R_1$ $\frac{R_3}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$

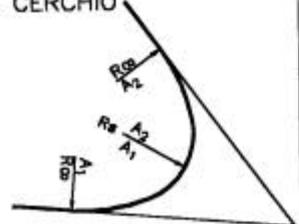
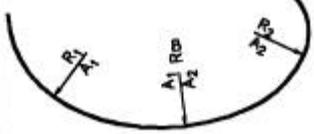
CASI DA EVITARE		
<p>TRANSIZIONE SENZA IL CERCHIO</p> 	<p>FALSO OVALE</p> 	<p>PIU' CURVE DI RACCORDO CONSECUTIVE</p> 

Fig. 5.2.5.c

Nel caso del flesso è possibile inserire un rettifilo di lunghezza non superiore a

$$L = \frac{A_1 + A_2}{12,5} \quad [\text{m}]$$

per le lunghezze di rettifili non vale perciò il requisito minimo fissato al par. 5.2.2.

5.2.6 Pendenze trasversali nelle curve a raggio variabile

Lungo le curve a raggio variabile, inserite fra due elementi di tracciato a curvatura costante si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale dal valore proprio di un elemento a quello relativo al successivo (paragrafi 5.2.3 e 5.2.4).

Questo passaggio si ottiene facendo ruotare la carreggiata stradale, o parte di essa, secondo i casi, intorno al suo asse ovvero intorno alla sua estremità interna; le banchine seguono in linea la carreggiata che ruota (Fig. 5.2.6.a).

La rotazione intorno all'asse è generalmente da preferire, ove possibile, perché comporta un minor sollevamento dell'estremità della piattaforma: essa può essere generalmente adottata nelle strade a carreggiata unica a 2 o più corsie e nelle strade a carreggiate separate con spartitraffico di larghezza superiore ai 4 m. Per larghezze minori, allo scopo di evitare che lo spartitraffico acquisti una eccessiva pendenza trasversale, è necessario far ruotare le due vie intorno alle estremità interne delle carreggiate.

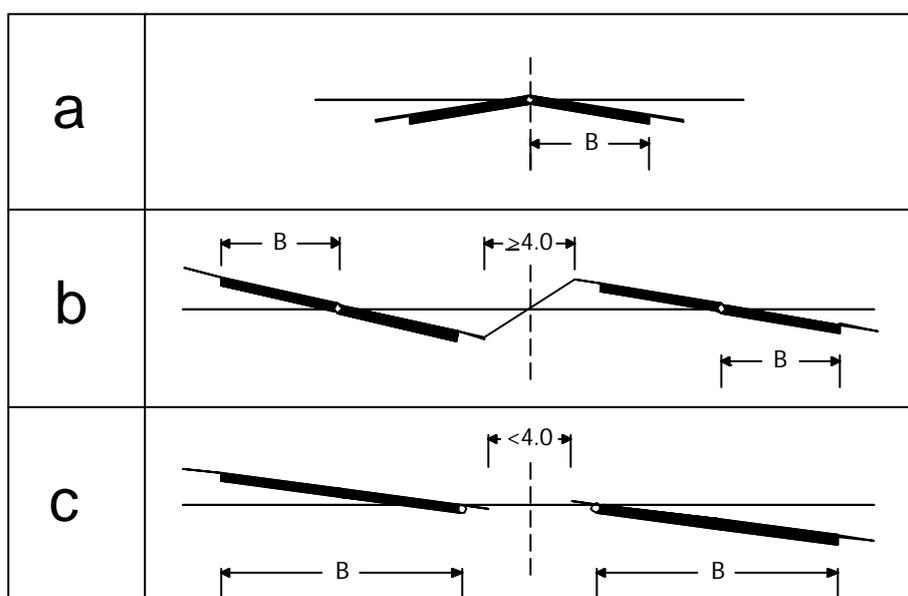


Fig. 5.2.6.a

Nelle strade ad unica carreggiata a due o più corsie, la cui sagoma in rettifilo è a doppia falda, il passaggio dalla sagoma propria del rettifilo a quella della curva circolare avviene generalmente in due tempi: in una prima fase ruota soltanto la falda esterna intorno l'asse della carreggiata fino a realizzare una superficie piana, successivamente ruota l'intera (Fig. 5.2.6.b), sempre intorno al suo asse.

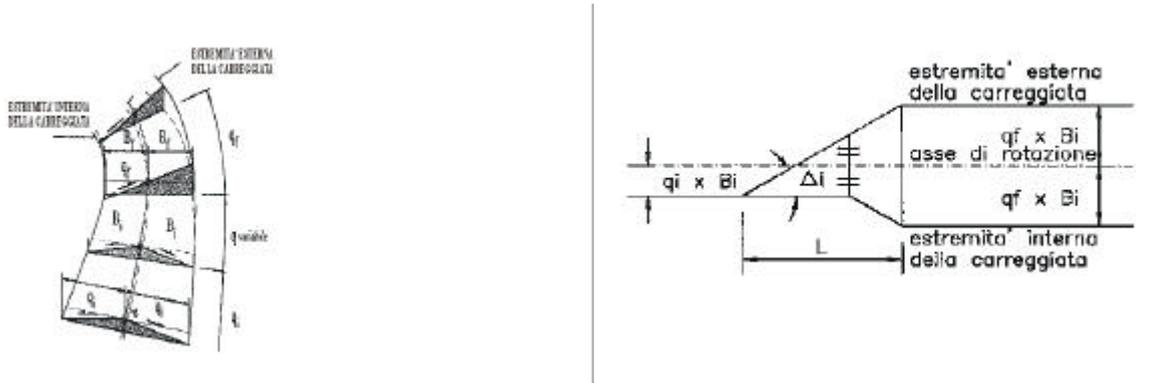


Fig. 5.2.6.b

Valori massimi della pendenza $\mathbf{D_i}$

Per ragioni dinamiche (cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli – velocità di rollio) la pendenza (o sovrappendenza) longitudinale $\mathbf{D_i}$ [%] delle estremità della carreggiata, o di parte di essa, non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione.

$$\Delta i_{\max} = \frac{dq}{dt} \times \frac{B_i}{v} \times 100 \cong 18 \times \frac{B_i}{V} \quad [\%]$$

dove

$\frac{dq}{dt}$ = variazione della pendenza trasversale nel tempo pari a $0,05 \text{ rad. s}^{-1}$

B_i = distanza (in m) fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata (o di parte di essa) all'inizio della curva a raggio variabile

V = velocità di progetto [km/h]

v = velocità di progetto [m/s]

Valori minimi della pendenza Δi

Quando lungo una curva a raggio variabile la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, per esempio lungo una clotoide di flesso e nel passaggio dal rettifilo alla curva circolare, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5 % necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale D_i dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore $D_{i\min}$ [%] dato in percento da:

$$D_{i\min} = 0,1 \times B_i \quad [\%]$$

Se pertanto la pendenza D_i è inferiore a $D_{i\min}$, è necessario spezzare in due parti il profilo longitudinale di quella estremità della carreggiata che è esterna alla curva, realizzando un primo tratto con pendenza maggiore o uguale a $D_{i\min}$ fino a quando la pendenza trasversale della via ha raggiunto il 2,5%; la pendenza risultante per il tratto successivo, inferiore o uguale a $D_i \max$, potrà anche essere inferiore a $D_{i\min}$.

I vari casi che possono presentarsi sono riassunti nella figura 5.2.6.c, dove sono indicate le sagome della carreggiata nelle sezioni caratteristiche ed i profili delle estremità riferiti a quello dell'asse.

Detti casi si riferiscono alla condizione a) della figura 5.2.6.a; le condizioni b e c si risolvono combinando opportunamente le indicazioni della figura 5.2.6.c.

5.2.7 Allargamento della carreggiata in curva

Allo scopo di consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia sia allargata di una quantità E , data dalla relazione:

$$E = \frac{K}{R} \quad [\text{m}]$$

dove:

$K = 45$

$R =$ raggio esterno (in m) della corsia;

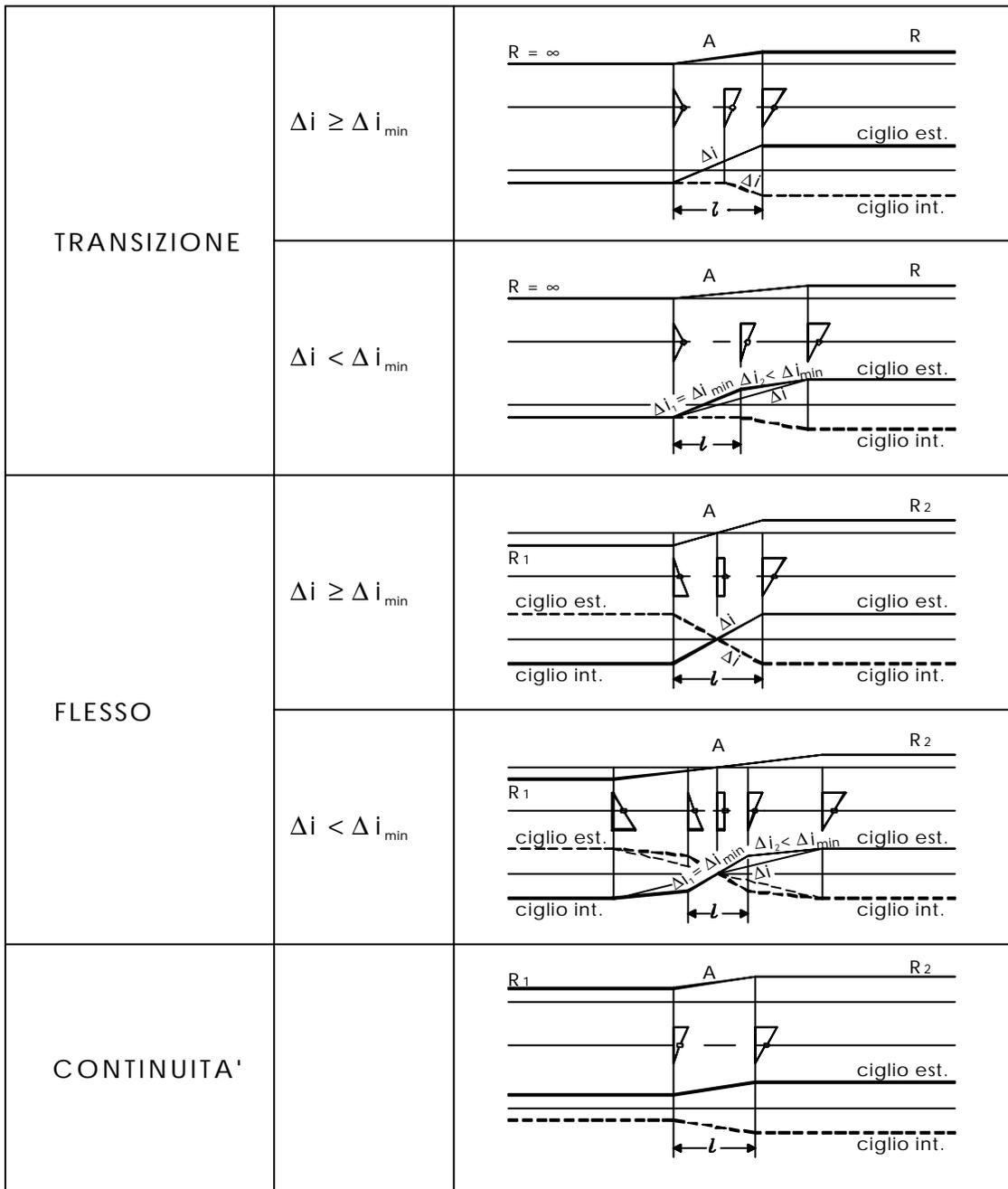


Fig. 5.2.6.c

per $R > 40$ m si può assumere, nel caso di strade ad unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata. Nel caso di strade a carreggiate separate, o ad unica carreggiata a più di una corsia per senso di marcia, si assume come raggio per il calcolo dell'allargamento quello dell'asse di ciascuna carreggiata o semi carreggiata.

Se l'allargamento E , così calcolato, è inferiore a 20 cm. la corsia conserva la larghezza del rettifilo.

L'espressione precedente per il calcolo di E vale per $R \geq 15$ m; per valori inferiori si adotterà un allargamento sempre di tre metri. Il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi : autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

L'allargamento complessivo della carreggiata o semicarreggiata E_t sarà pari alla somma degli allargamenti delle singole corsie nel caso in cui esse siano in numero di una o al massimo due per senso di marcia; nel caso in cui il numero di corsie per senso di marcia sia maggiore di due, l'allargamento complessivo della carreggiata sarà pari alla somma di quelli calcolati per le due corsie più interne alla curva.

Nel caso di raccordo clotoidico (rettifilo/curva), l'allargamento parte 7,50 m prima dell'inizio della curva di raccordo e termina 7,50 m dopo il punto finale del raccordo (Fig. 5.2.7.a).

La lunghezza complessiva L_z del tratto di strada lungo il quale si effettua l'allargamento è quindi:

$$L_z = 2 \times 7,50 + L \quad [m]$$

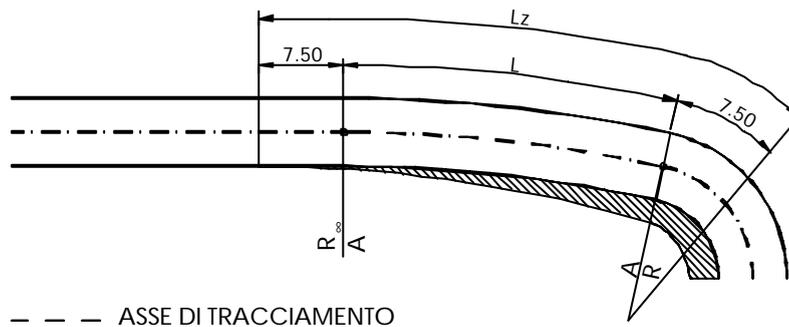


Fig. 5.2.7.a

dove:

L (m) = lunghezza della curva di raccordo.

In ogni caso la lunghezza L_z , anche in assenza di raccordo clotoidico (strade esistenti), deve essere di almeno 15 m.

Nel caso di raccordo di transizione, se la curva circolare ha uno sviluppo inferiore a 15 m (strade esistenti) deve risultare per ciascun ramo del raccordo (Fig. 5.2.7.b)

$$L_z = 7,50 + L + \frac{s}{2} \quad [m]$$

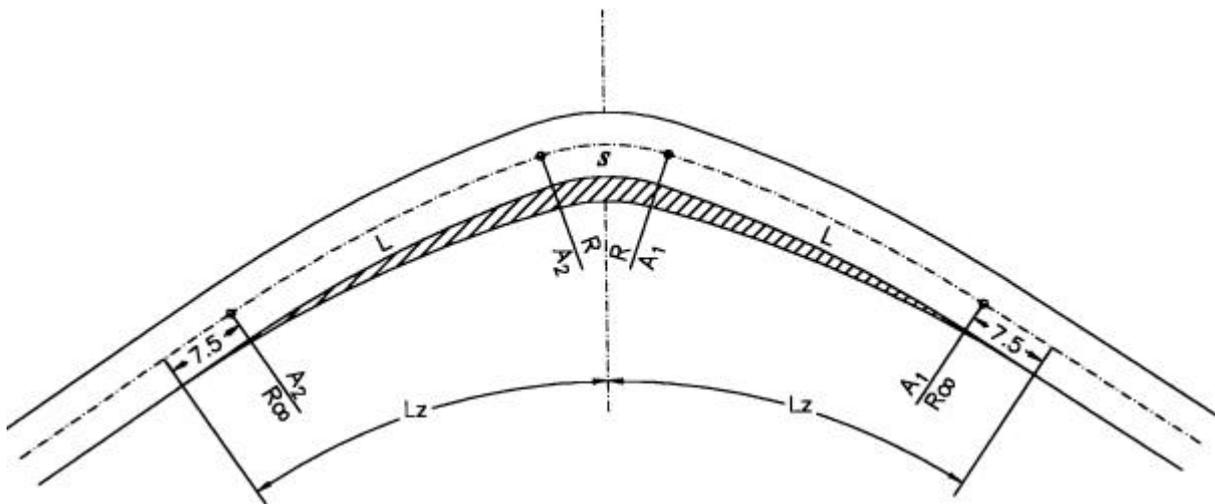


Fig. 5.2.7.b

dove

s (m) = sviluppo della curva circolare (al limite $s = 0$)

L (m) = lunghezza della curva di raccordo considerata.

Nel caso di flesso, per ciascun ramo del raccordo l'inizio del tratto di allargamento è anticipato di 7.50 m rispetto al punto di flesso e termina di uguale misura dopo il punto finale della curva di raccordo; (Fig. 5.2.7.c); si ha quindi:

$$L_z = 2 \cdot 7,50 + L \quad [m]$$

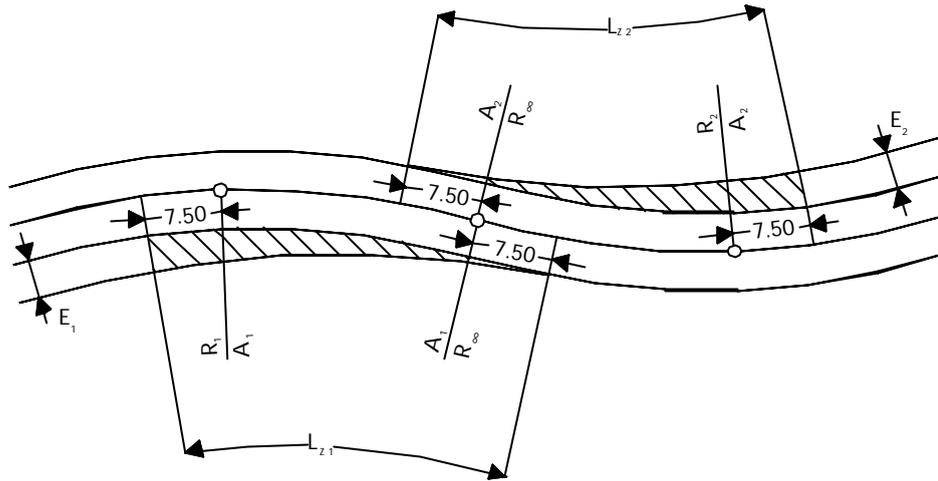


Fig. 5.2.7.c

Nel caso di raccordo di continuità l'allargamento avviene lungo il raccordo;(Fig. 5.2.7.d). Pertanto risulta:

$$L_z = L$$

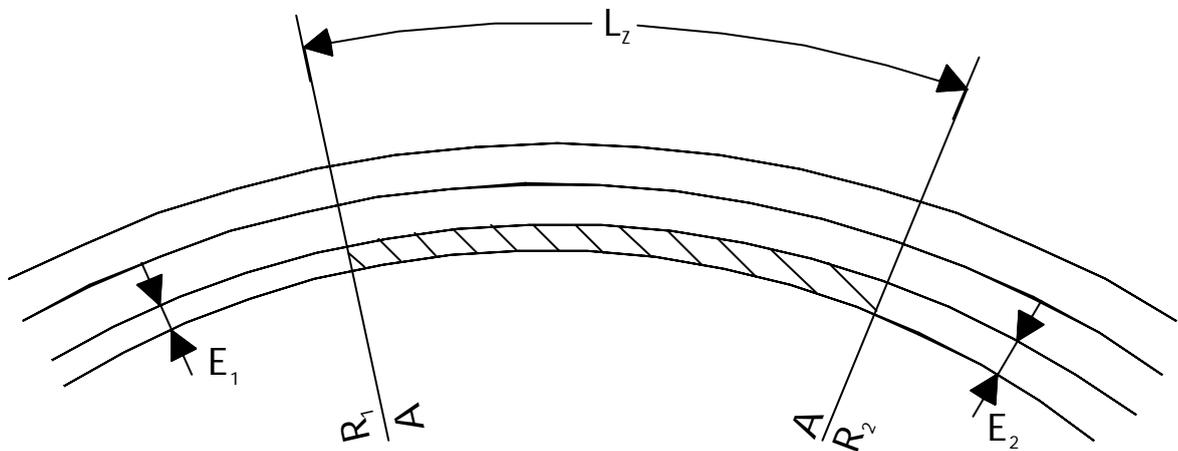


Fig. 5.2.7.d

L'allargamento complessivo della carreggiata deve essere riportato tutto sul lato interno della curva (Fig. 5.2.7.e). Le banchine e le eventuali corsie di sosta conservano le larghezze che hanno in rettilineo.

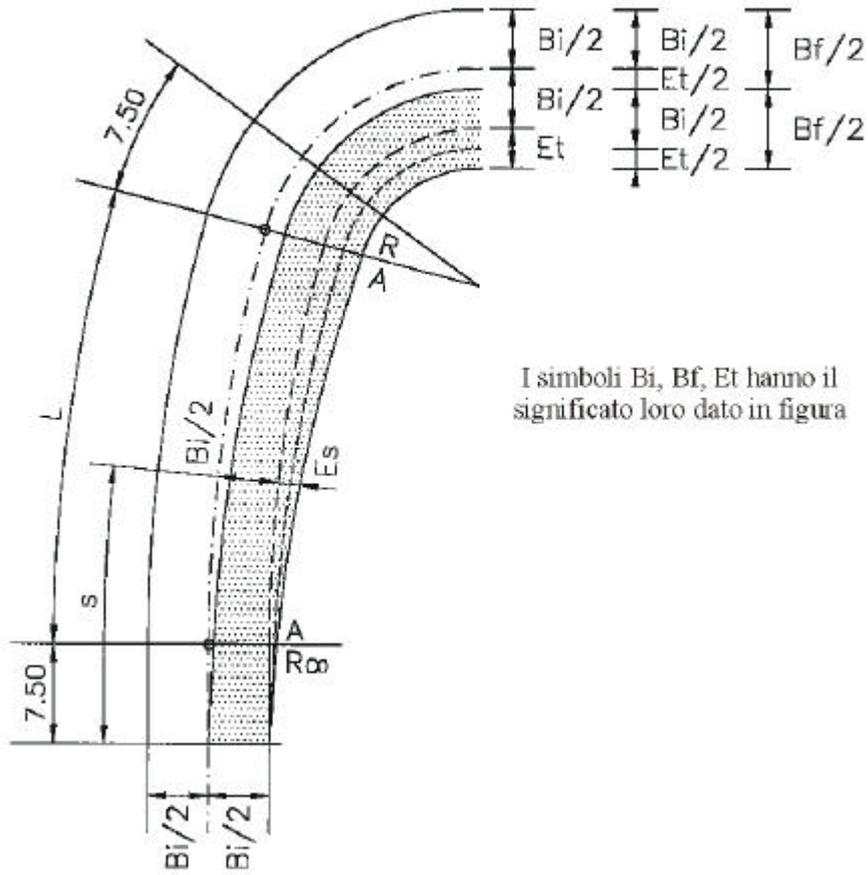


Fig. 5.2.7.e

Il valore dell'allargamento E_s al variare dell'ascissa curvilinea s si ottiene come nella figura 5.2.7.f e dalle seguenti espressioni

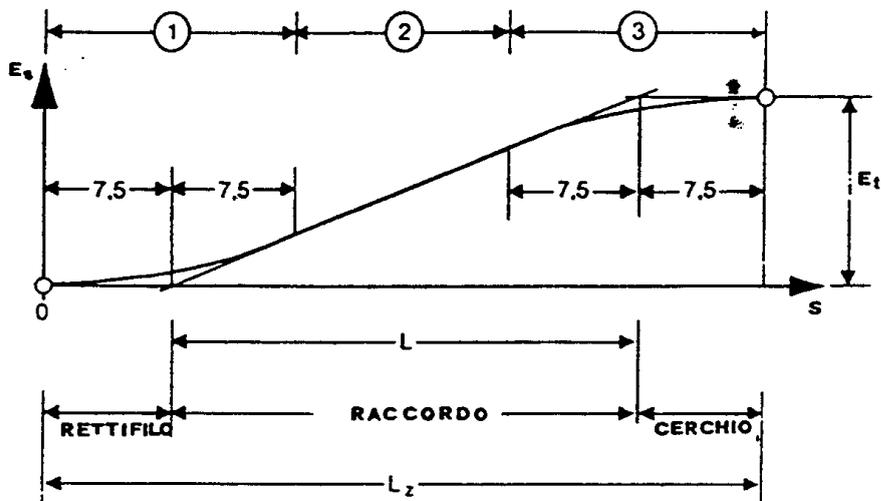


Fig. 5.2.7.f

$$E_s = \frac{E_t}{30 \cdot L} \cdot s^2 \quad \text{per} \quad 0 \leq s \leq 15 \text{ m} \quad (\text{tratto 1})$$

$$E_s = \frac{E_t}{L} \cdot (s - 7,5) \quad \text{per} \quad 15 \text{ m} \leq s \leq (L_z - 15) \quad (\text{tratto 2})$$

$$E_s = E_t - \frac{E_t}{30 \cdot L} \cdot (L_z - s)^2 \quad \text{per} \quad (L_z - 15) \leq s \leq L_z \quad (\text{tratto 3})$$

5.3 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL'ASSE

5.3.1 Elementi del profilo altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Le pendenze massime adottabili per i diversi tipi di strada sono indicate nella tabella seguente

TIPO DI STRADA		AMBITO URBANO	AMBITO EXTRAURBANO
AUTOSTRADA	A	6%	5%
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	-	6%
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	-	7%
URBANA DI SCORRIMENTO	D	6%	-
URBANA DI QUARTIERE	E	8%	-
LOCALE	F	10%	10%

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

Per quanto riguarda le strade di servizio è consigliabile mantenere pendenze longitudinali uguali a quelle della strada principale corrispondente.

Per strade di tipo A, B e D è opportuno, per contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi, non superare in galleria la pendenza del 4%. In caso di lunghe gallerie tale valore deve essere opportunamente ridotto in relazione ai volumi ed alla composizione del traffico previsto.

5.3.2 Raccordi verticali

Devono essere eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione

$$L = R_v \cdot \frac{\Delta i}{100} \quad [m]$$

dove Δi è la variazione di pendenza in percento delle livellette da raccordare (Fig. 5.3.2.a) ed R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola, determinato come ai paragrafi seguenti.

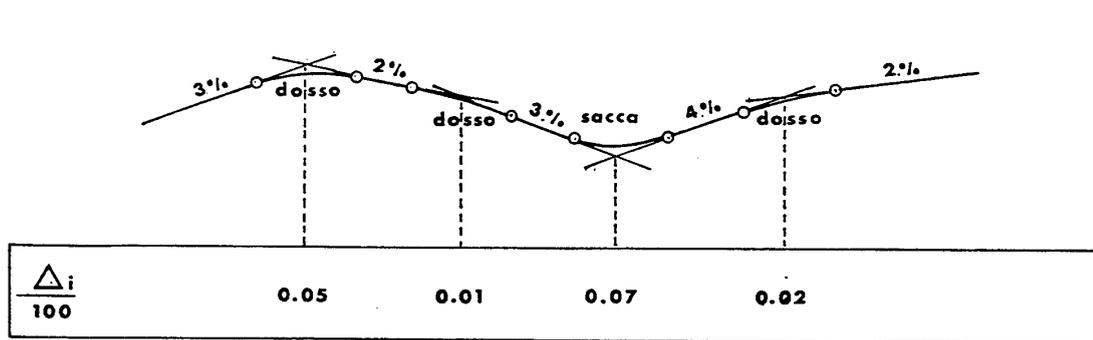


Fig. 5.3.2.a

L'arco di parabola da inserire tra due livellette ha, rispetto il riferimento cartesiano indicato nella figura 5.3.2.b, la seguente equazione

$$y = bx - ax^2$$

dove:

$$a = \text{parametro della parabola} = \frac{\Delta i}{100 \cdot 2L} = \frac{1}{2R_v} \quad [m^{-1}]$$

$$b = \frac{i_1}{100}$$

$$R_v = \frac{1}{2a} = \text{raggio del cerchio osculatore nel vertice A della parabola} \quad [\text{m}]$$

$$L = \frac{D}{100 \cdot 2A} = R_v \frac{D}{100} = \text{lunghezza dell'arco di parabola} \quad [\text{m}]$$

$$x_a = \frac{i_1}{D} \cdot L = \frac{i_1}{100} \cdot R_v = \text{ascissa del punto a tangente orizzontale (punto pi\`u alto del dosso o pi\`u basso della sacca)} \quad [\text{m}]$$

$$y_a = \frac{i_1}{100} \cdot x_a - ax_a^2 \quad [\text{m}]$$

$$f = \frac{R_v}{8} \frac{aD^2}{100^2} \quad [\text{m}]$$

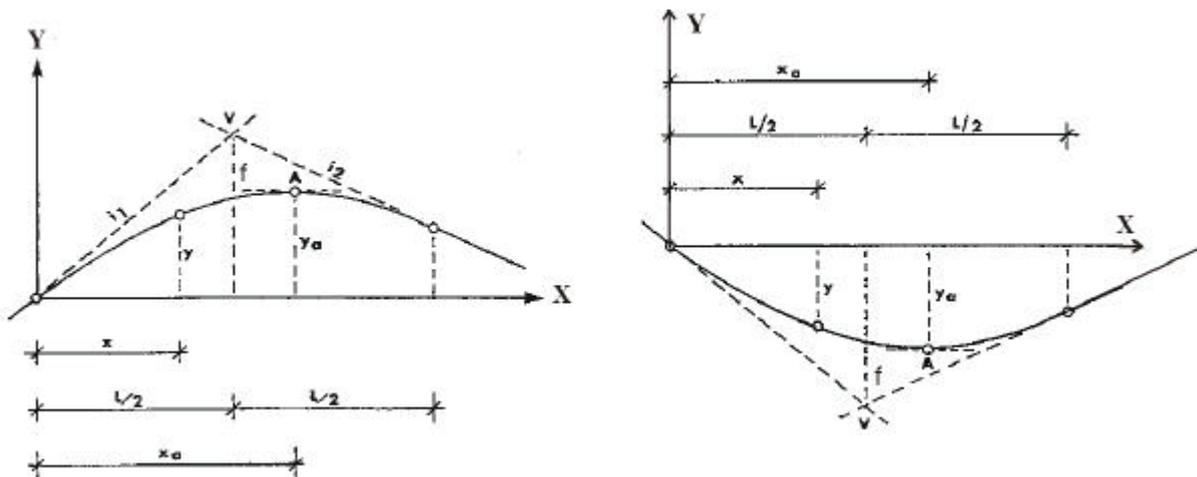


Fig. 5.3.2.b

Il valore minimo del raggio R_v , che definisce la lunghezza del raccordo, deve essere determinato in modo da garantire:

- che nessuna parte del veicolo (eccetto le ruote) abbia contatti con la superficie stradale; ci\`o comporta:

$$R_v \geq R_v \text{ min} = 20 \text{ m} \quad \text{nei dossi}$$

$$R_v \geq R_v \text{ min} = 40 \text{ m} \quad \text{nelle sacche}$$

- che per il comfort dell'utenza l'accelerazione verticale a_v non superi il valore a_{lim} ; si ha

$$a_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{\text{lim}}$$

dove:

v_p = velocità di progetto della curva [m/s], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (par. 5.4)

R_v = raggio del raccordo verticale [m]

a_{lim} = 0,6 m/s²

criterio vincolante solo per piccole variazioni di pendenza.

- che vengano garantite le visuali libere di cui al par. 5.1 con i criteri di cui ai paragrafi seguenti

In ogni caso, al di là delle verifiche secondo i criteri sopraesposti e che conducono alla determinazione di raggi da intendersi come minimi, è opportuno adottare valori anche sensibilmente maggiori, al fine di garantire una corretta percezione ottica del tracciato, in particolare nei casi di piccole variazioni di pendenza delle livellette e nei casi di sovrapposizione di curve verticali con curve orizzontali (torsione dell'asse).

5.3.3 Raccordi verticali convessi (dossi)

Con riferimento alle distanze di visibilità da verificare in relazione alle situazioni progettuali assunte, e specificate al par. 5.1.5, il raggio minimo del raccordo viene determinato come di seguito.

Siano:

R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]

D = distanza di visibilità da realizzare [m]

Δ_i = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si distinguono due casi:

- se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \times (h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2})}$$

- se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{D} \left[D - 100 \frac{h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2}}{D} \right]$$

Si pone di norma $h_1 = 1,10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0,10$ m. In caso di visibilità necessaria per il sorpasso si pone $h_2 = 1,10$ m.

La fig. 5.3.3.a fornisce, per diversi valori di D , le lunghezze di R_v quando $h_1 = 1,10$ m e $h_2 = 0,10$ m.

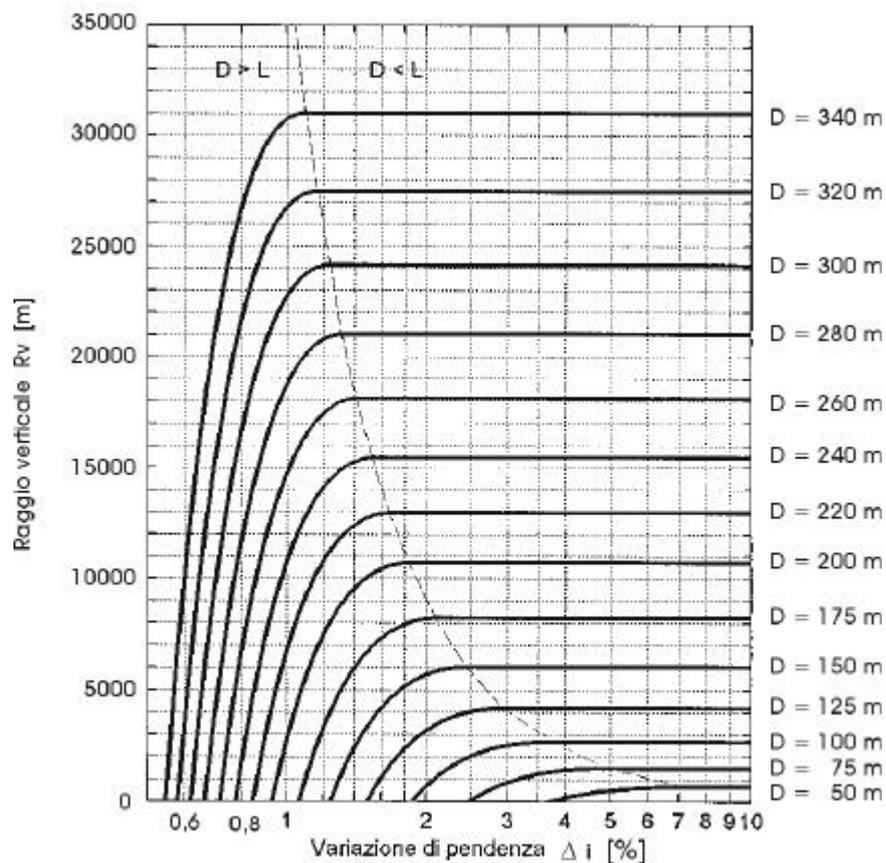


Fig. 5.3.3.a

La fig. 5.3.3.b si riferisce invece ad $h_1 = h_2 = 1,10$ m.

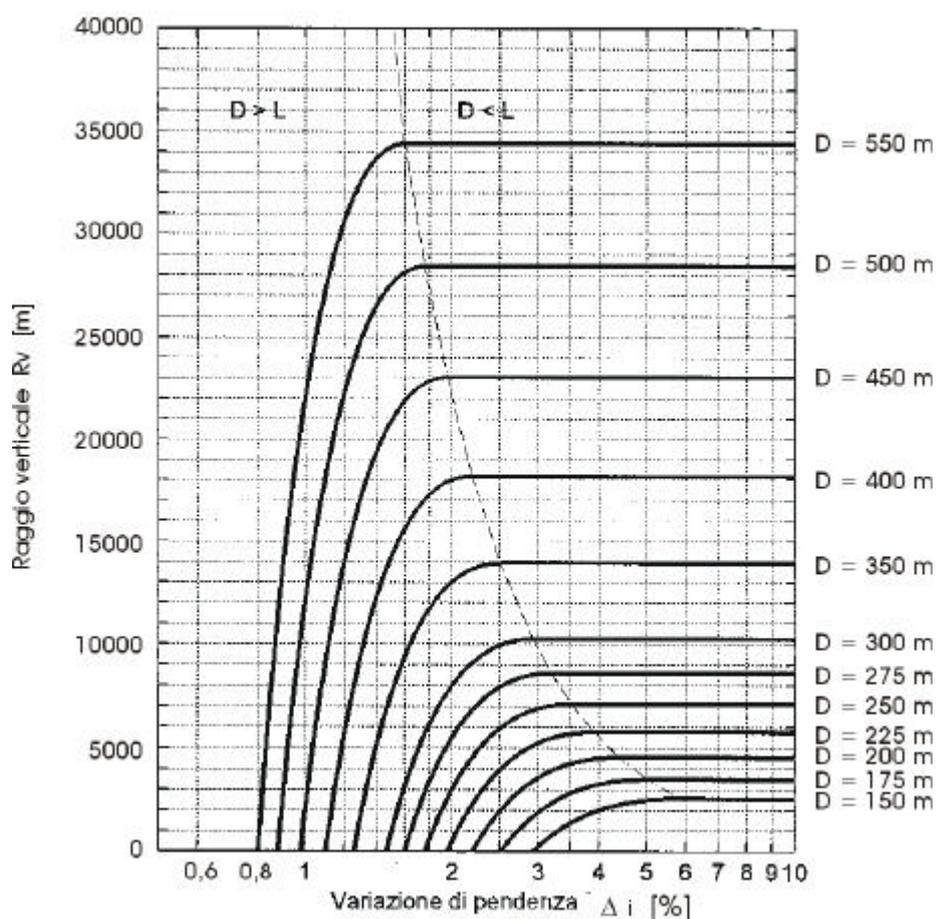


Fig. 5.3.3.b

5.3.4 Raccordi verticali concavi (sacche)

Con riferimento alla sola distanza di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso (par. 5.1.5), ed in mancanza di luce naturale, il raggio minimo del raccordo viene determinato come di seguito.

Siano

R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]

Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale

θ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo

Si distinguono due casi:

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2(h + D \sin \theta)}$$

- se invece D > L

$$R_v = \frac{2 \times 100}{D} \left(\frac{L}{\sin \theta} - \frac{100}{D} (h + D \sin \theta) \right)$$

ponendo h = 0,5 m e $\theta = 1^\circ$ si hanno i valori di R_v riportati nella figura 5.3.4.a

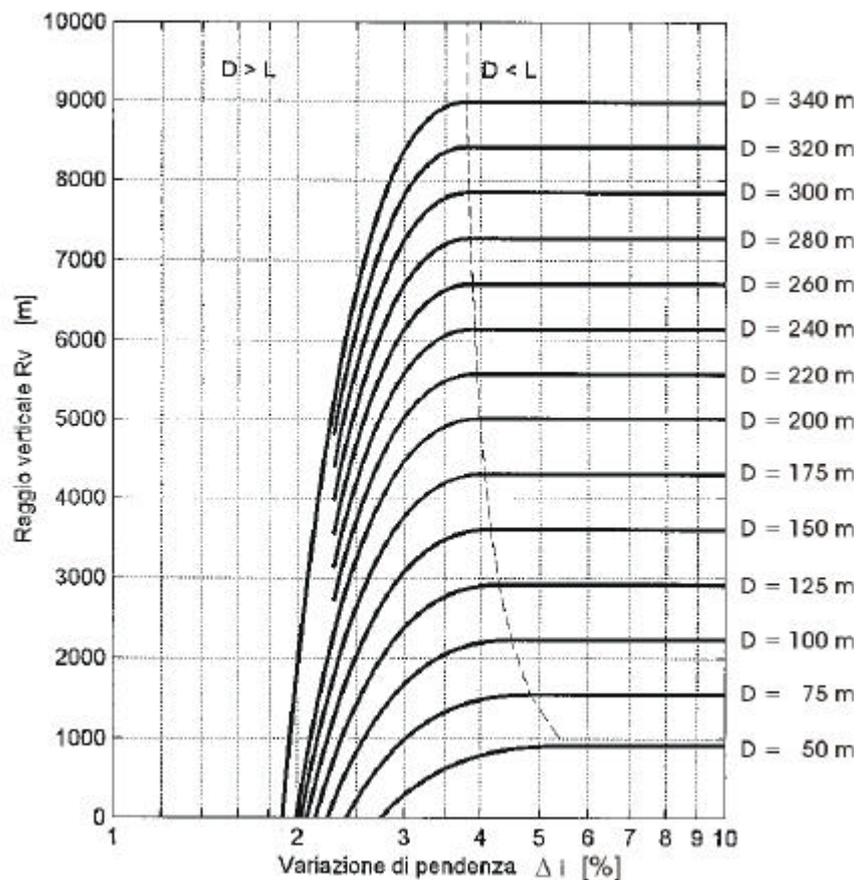


Fig. 5.3.4.a

5.4 DIAGRAMMA DELLE VELOCITA'

La corretta progettazione comporta la redazione del diagramma di velocità.

Come indicato al cap. 2 ed evidenziato nella tabella 3.4.a, ad ogni tipo di strada sono associati un limite inferiore ed uno superiore per le velocità di progetto degli elementi planoaltimetrici che compongono il suo asse.

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce, per ogni senso di circolazione, sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando per ogni elemento di esso l'andamento della velocità di progetto, che deve essere contenuta nei limiti di cui sopra.

Il modello convenzionale di variazione della velocità lungo il tracciato, che di seguito si presenta, si basa sulle seguenti ipotesi:

- in rettilineo, sugli archi di cerchio con raggio non inferiore a R_{max} (V_{pmax}) (par. 5.2.2), e nelle clotoidi, la velocità di progetto tende al limite superiore dell'intervallo; gli spazi di accelerazione conseguenti all'uscita da una curva circolare, e quelli di decelerazione per l'ingresso a detta curva, ricadono soltanto negli elementi considerati (rettilineo, curve ampie con $R > R_{max}$ e clotoidi);
- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$, e si determina dagli abachi 5.2.4.a e 5.2.4.b;
- i valori dell'accelerazione e della decelerazione restano determinati in 0.8 m/s^2 ;
- si assume che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

5.4.1 Lunghezza di transizione

La lunghezza di transizione D_T è la lunghezza in cui la velocità, conformemente al modello teorico ammesso, passa dal valore V_{p1} a quello V_{p2} , competenti a due elementi che si succedono.

D_T (in metri) è dato dalla seguente espressione:

$$D_T = \frac{DV \times V_m}{12,96 \times a}$$

dove:

ΔV = differenza di velocità ($V_{p1} - V_{p2}$) [km/h]

V_m = velocità media tra due elementi [km/h]

a = accelerazione o decelerazione $\pm 0,8$ [m/s²]

5.4.2 Distanza di riconoscimento

Per distanza di riconoscimento D_r s'intende la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti. Essa è funzione della velocità e può essere calcolata in metri con la relazione:

$$D_r = t \times v_p$$

con

$$t = 12 \text{ s}$$

v_p , espressa in m/s, è da intendersi riferita all'elemento di raggio maggiore

Secondo questo modello l'apprezzamento di una variazione di curvatura dell'asse, che consente al conducente di modificare la sua velocità, può avvenire solo all'interno della distanza di riconoscimento e quindi, per garantire la sicurezza della circolazione:

in caso di decelerazioni la distanza di transizione deve avere una lunghezza non superiore alla distanza di riconoscimento

$$D_T \leq D_r$$

ed inoltre perché la variazione di curvatura sia effettivamente percepita deve essere

$$D_T \leq D_v$$

dove con D_v si indica la distanza di visuale libera di cui al cap.5

5.4.3 Costruzione del diagramma delle velocità

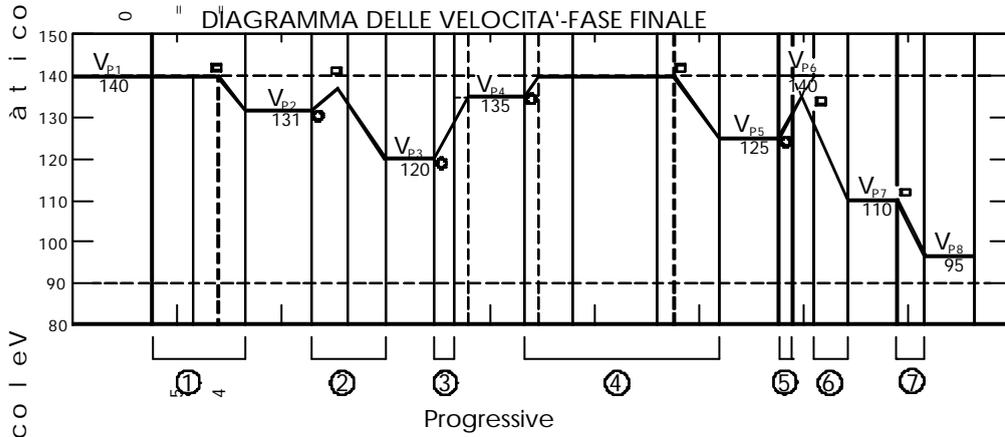
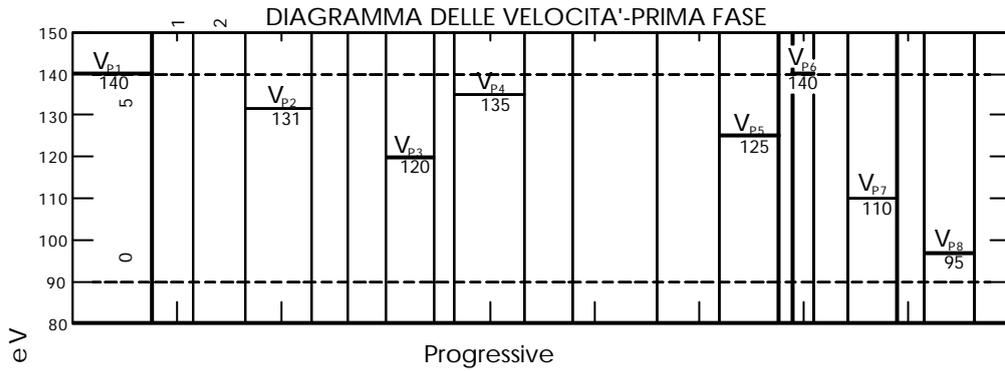
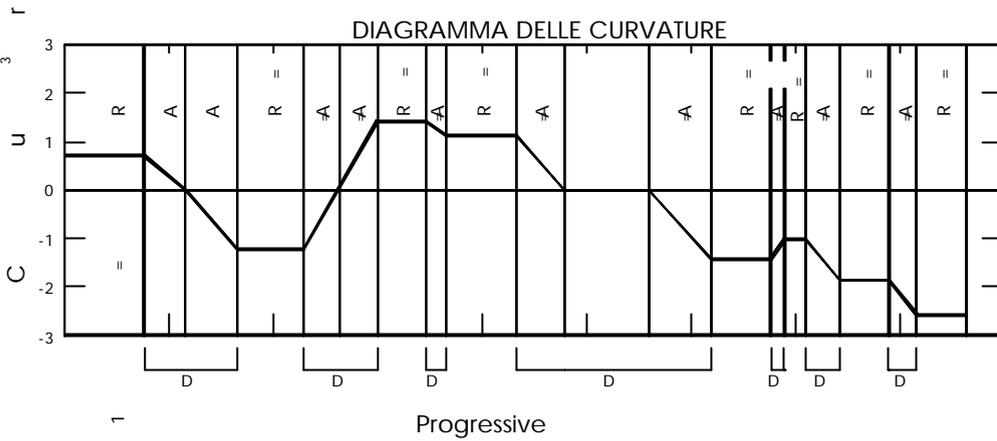
Per chiarezza operativa è opportuno predisporre preliminarmente il diagramma delle curvature dell'asse stradale, associandolo alle velocità di progetto nei tratti a curvatura costante e quindi individuando i punti di inizio delle manovre di accelerazione (O) e quelli finali per le decelerazioni (□). La distanza D indicata nei grafici successivi somma le lunghezze dei raccordi di transizione e dell'eventuale rettilineo interposto, il tutto fra i punti di tangenza di due curve circolari successive.

Il diagramma delle velocità si ottiene riportando le D_T relative alle manovre di accelerazione o decelerazione dai rispettivi punti di inizio (O) o di fine (\square).

Come si può osservare nelle figure seguenti, aventi solo carattere esemplificativo, i casi che si possono presentare dipendono dal rapporto fra le lunghezze D e D_T , cioè

$$D > D_T \quad D = D_T \quad D < D_T$$

v



①	$V_{Pmax} = V_{P1} > V_{P2}$	$D > D_T$	D_T lunghezza di transizione per decelerare da V_{P1} a V_{P2}
②	$V_{Pmax} > V_{P2} > V_{P3}$	$D > D_T$	D_T lunghezza di transizione per decelerare da V_{P2} a V_{P3}
③	$V_{P3} < V_{P4} < V_{Pmax}$	$D < D_T$	D_T lunghezza di transizione per accelerare da V_{P3} a V_{P4}
④	$V_{Pmax} > V_{P4} > V_{P5}$	$D > (D_{T4} + D_{T5})$	D_{T4} lunghezza di transizione per accelerare da V_{P4} a V_{Pmax} D_{T5} lunghezza di transizione per decelerare da V_{Pmax} a V_{P5}
⑤	$V_{P5} < V_{P6} = V_{Pmax}$	$D < D_T$	D_T lunghezza di transizione per accelerare da V_{P6} a V_{Pmax}
⑥	$V_{P6} = V_{Pmax} > V_{P7}$	$D < D_T$	D_T lunghezza di transizione per decelerare da V_{P6} a V_{P7}
⑦	$V_{Pmax} > V_{P7} > V_{P8}$	$D = D_T$	D_T lunghezza di transizione per decelerare da V_{P7} a V_{P8}

5.4.4 Esame del diagramma delle velocità'

Una volta ottenuto il diagramma di velocità e verificato che le condizioni precedentemente indicate sulle distanze di transizione D_T , siano soddisfatte, occorre assicurarsi che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo.

A questo scopo devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

Per $V_{pmax} \geq 100$ km/h (autostrade, strade extraurbane principali e secondarie) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza non deve superare i 15 km/h.

Per gli altri tipi di strade ($V_{pmax} \leq 80$ km/h) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità non deve superare 5 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza non deve superare i 10 km/h.

Poiché si tratta di una verifica globale sulle scelte puntuali dei vari elementi di un tracciato, nel caso le condizioni sopra esposte non siano verificate, anche solo in singole parti, occorrerà riprendere la geometria di interi tratti.

5.5 COORDINAMENTO PLANO - ALTIMETRICO

Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, occorre coordinare opportunamente l'andamento planoaltimetrico dell'asse con il profilo longitudinale. Un valido strumento di controllo di tale coerenza è fornito dalla rappresentazione prospettica del tracciato.

5.5.1 Posizione del raccordo verticale

Quando un raccordo verticale è situato in un tratto ad andamento rettilineo ed è sufficientemente distante dai punti di tangenza delle curve planimetriche, la percezione del tracciato è corretta. Se non è possibile evitare la sovrapposizione dei due elementi curvilinei, è opportuno far coincidere il vertice del raccordo verticale con quello della curva planimetrica. In tal caso, il risultato ottimale dal punto di vista ottico lo si ottiene se la lunghezza dei due raccordi è dello stesso ordine.

Nei tratti con andamento planimetrico sinuoso è opportuno evitare cambiamenti di pendenza longitudinale.

5.5.2 Difetti di coordinamento fra elementi planimetrici ed altimetrici

- Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso. Se ciò si verifica, risulta mascherato il cambiamento di direzione in planimetria.

Un miglioramento del quadro prospettico lo si ottiene anticipando l'inizio dell'elemento curvilineo planimetrico quanto più possibile.

- Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo. Se ciò si verifica la visione prospettica dei cigli presenta una falsa piega.

Quando non sia possibile spostare i due elementi in modo che le posizioni dei rispettivi vertici coincidano, un miglioramento della qualità ottica del tracciato lo si ottiene imponendo che il rapporto fra il raggio verticale R_v ed il raggio della curva planimetrica R sia ≥ 6 .

- Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo. In questo caso, la visione prospettica di uno dei cigli presenta difetti di continuità.

Per correggere tale difetto occorre aumentare il più possibile il rapporto R_v/R in modo che gli sviluppi dei due raccordi coincidano.

- Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica. Anche in questo caso nelle linee di ciglio si presentano evidenti difetti di continuità ed inoltre si percepisce un restringimento della larghezza della sede stradale che può indurre l'utente ad adottare comportamenti non rispondenti alla reale situazione del tracciato.

Questo difetto può essere ancora corretto portando a coincidere i vertici dei due elementi.

- Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale.

Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

5.5.3 Perdita di tracciato

Quando un raccordo concavo segue un raccordo convesso, nel quadro prospettico dell'utente può rimanere mascherato un tratto intermedio del tracciato. Si definisce questa situazione come "perdita di tracciato". Questa perdita può disorientare l'utente quando il tracciato ricompare ad una distanza inferiore a quella riportata nella tabella seguente.

Velocità [km/h]	25	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Distanza di ricomparsa [m]	150	180	220	280	350	420	500	560	640	720	800	860

Occorre evitare queste situazioni, in particolare, quando mascherano intersezioni o cambiamenti di direzione.

