

**NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE**

**LOTTO COSTRUTTIVO 1 /LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 02C /CHANTIER DE CONSTRUCTION 02C
RILOCALIZZAZIONE DELL'AUTOPORTO DI SUSÀ
DEPLACEMENT DE L'AUTOPORTO DE SUSE
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 682325367F**

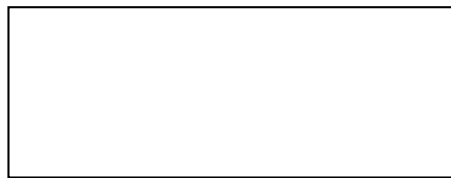
PROGETTO STRADALE

RELAZIONE TECNICA DI VERIFICA DEL TRACCIATO STRADALE

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04/2017	Première diffusion / Prima emissione	R. BOERO (MUSINET ENG.)	L. BARBERIS (MUSINET ENG.)	F.D'AMBRA (MUSINET ENG.)
A	31/08/2017	Revisione a seguito commenti TELT Révision suite aux commentaires TELT	R. BOERO (MUSINET ENG.)	L. BARBERIS (MUSINET ENG.)	F.D'AMBRA (MUSINET ENG.)
B	30/04/2018	Recepimento istruttoria validazione RINA Check	R. BOERO (MUSINET ENG.)	L. BARBERIS (MUSINET ENG.)	L. BARBERIS (MUSINET ENG.)

1	0	2	C	C	1	6	1	6	7	O	O	A	0	R	G
Lot Cos. Lot.Con.	Cantiere operativo/ chantier de construction		Contratto/Contrat					Opera/Oeuvre		Tratto Tronçon	Parte Partie				

E	G	C	R	E	0	1	1	0	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object		Numero documento Numéro de document			Indice Index	



SCALA / ÉCHELLE
-

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE



SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI.....	3
2.1 Norme e riferimenti progettuali	3
2.2 Caratteristiche planimetriche	6
2.3 Caratteristiche altimetriche	11
2.4 Analisi di visibilità.....	12
3. PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI	16
3.1 Criteri progettuali.....	16
3.2 Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate	18
3.3 Criteri per il dimensionamento delle rotatorie.....	21
4. PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONI TIPO	24
4.1 Caratteristiche funzionali e plano-altimetriche.....	25
4.2 Sezioni stradali tipo	27
5. DESCRIZIONE ANALITICA DEL TRACCIATO	30
5.1 Corsie specializzate	35
5.2 Rotatorie	37
6. SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE	43
6.1 Segnaletica orizzontale	43
6.2 Segnaletica verticale	44
7. SOVRASTRUTTURE E PAVIMENTAZIONI.....	45

1. INTRODUZIONE

La realizzazione delle opere legate allo sbocco est del Tunnel di base in località S. Giuliano di Susa, ed in particolare della Stazione Internazionale, del sottopasso della A32 e dell' "Area Tecnica e di Sicurezza" viene ad interferire con le attuali opere autostradali, con l'Autoporto ed i relativi svincoli che dovranno quindi essere modificati o rilocalizzati.

La complessa problematica dell'inserimento delle nuove opere nella piana di Susa e dell'assetto risultante, è poi stata oggetto di analisi da parte di tutti gli Enti interessati (Città di Susa, Provincia di Torino, Regione Piemonte, RFI, ANAS, SITAF, ...), in ambito Osservatorio Torino-Lione ed in un Gruppo di Lavoro specifico "Susa", che hanno portato, dopo numerosi incontri, a definire le linee di sviluppo del progetto. Le linee di sviluppo del progetto e l'assetto risultante sono stati consolidati nelle riunioni del GdL "Susa" del 22/06 e 14/11/2012.

La soluzione localizzativa che, tenendo conto dei tutti gli eventuali vincoli ed elementi al contorno, come in precedenza anticipato, consentirà la rilocalizzazione in differente sito dei servizi attualmente presenti nell' Area con funzione Autoporto di Susa unitamente alle possibili connessioni sia all'autostrada A32, sia alla viabilità ordinaria così da garantire l'attuale livello di servizio (totalità delle attività e strutture ad esse collegate, accessibilità nei due sensi di marcia), risulta essere quella che prevede la realizzazione del nuovo Autoporto in Comune S. Didero.

Il sito individuato per la rilocalizzazione dell'autoporto attualmente presente a Susa risulta adiacente alla carreggiata autostradale (pk 24+800 circa) in direzione Nord, in prossimità di un canale idraulico (canale N.I.E.) occupando un'area abbandonata sulla quale insistono dei fabbricati privati in avanzato stato di degrado e fatiscenza, tra l'altro parzialmente completati se non nella sola struttura portante

2. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

2.1 Norme e riferimenti progettuali

Prima di entrare nel dettaglio delle verifiche condotte nell'ambito della progettazione degli assi è bene fare una premessa di inquadramento normativo dell'intervento.

Per i nuovi assi stradali il progetto deve essere redatto nel pieno rispetto del D.M. del 5 Novembre 2001 n° 6792 “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*” e per le intersezioni stradali del D.M. Infrastr. Trasporti 19 Aprile 2006 “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*”.

Nel caso invece di tratti stradali configurabili come “riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti” i criteri progettuali contenuti nelle norme citate non sono cogenti e quindi possono essere presi solo di riferimento.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (ricependo quindi il principio ispiratore del “Nuovo codice della Strada” – contenuto nell’ Art. 1 – secondo il quale “Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell’ambiente e del risparmio energetico”).

Pertanto, il progetto è stato finalizzato al raggiungimento della congruenza con la citata normativa, cercando le soluzioni tecnico-geometriche che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali la viabilità circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l’esistenza di attività industriali e commerciali e le interferenze con i corsi d’acqua (Dora Riparia) di una certa rilevanza.

In sintesi, sono stati adottati quindi i seguenti criteri:

1. minimizzare l’impatto con la viabilità e le strutture/insediamenti preesistenti;
2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l’impatto ambientale dovuto all’intervento;
3. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l’esercizio delle viabilità esistente durante i lavori.

Al di là degli aspetti strettamente stradali la progettazione è stata condotta nel rispetto della normativa in vigore (nei limiti della sua applicazione), in particolare:

D.M. 14.01.2008: "*Norme tecniche per le costruzioni*".

Eurocodice 2: "*Progettazione delle strutture di calcestruzzo*".

DPR 495 del 16/12/1992 "*Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo codice della Strada*" e s.m.i.

D. Lgs. 151 del 27/06/2003 "*Modifiche ed integrazioni al Codice della Strada*"

DIRETTIVA 25/08/2004 "*Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali*"

D.M. 21/06/2004 "*Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale*".

Circ. Min. Infr. e Trasporti del 21/07/2010 n° 62032 "*Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali*"

D. Min. Infr. Trasporti 10.07.2002 "*Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo*".

D.M. 5 Novembre 2001 n°6792 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*".

D.M. Infrastr. Trasporti 19 Aprile 2006 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*".

“Studio prenormativo sulle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” approvato dal C.N.R. il 10/09/2001.

D.M. Iterno 24 maggio 2002 - Norme di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione stradale di gas naturale per autotrazione.

D.P.R. 1 Agosto 2011 n. 151 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi,

Legge regionale 31 maggio 2004 , n. 14 - Norme di indirizzo programmatico regionale per la razionalizzazione e l'ammodernamento della rete distributiva dei carburanti

D.M. 22 gennaio 2008 n.37, Norme CEI ed UNI specifiche per ogni impianto;

prescrizioni impiantistiche contenute nei Decreti Ministeriali;

UNI EN 1794-1:2004

UNI EN 1794-2:2004

Circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP

Nuove Norme Tecniche - D.M. 14 Gennaio 2008 (NTC2008);

Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 “Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008”;

D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001.

2.2 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

Le curve circolari devono avere un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta:

- pari a 339 metri nel caso di autostrade TIPO A
- pari a 178 metri nel caso di strade extraurbane principale TIPO B
- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane secondarie TIPO C
- pari a 45 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO F
- pari a 178 metri nel caso di strade extraurbane principali TIPO B

(b) *Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede:*

$$\text{per } L < 300 \text{ m} \quad R \geq L$$

$$\text{per } L \geq 300 \text{ m} \quad R \geq 400 \text{ m}$$

(c) *Compatibilità tra i raggi di due curve successive.*

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in seguito.

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

$$L_{\max} = 22 \cdot V_{p,\max}$$

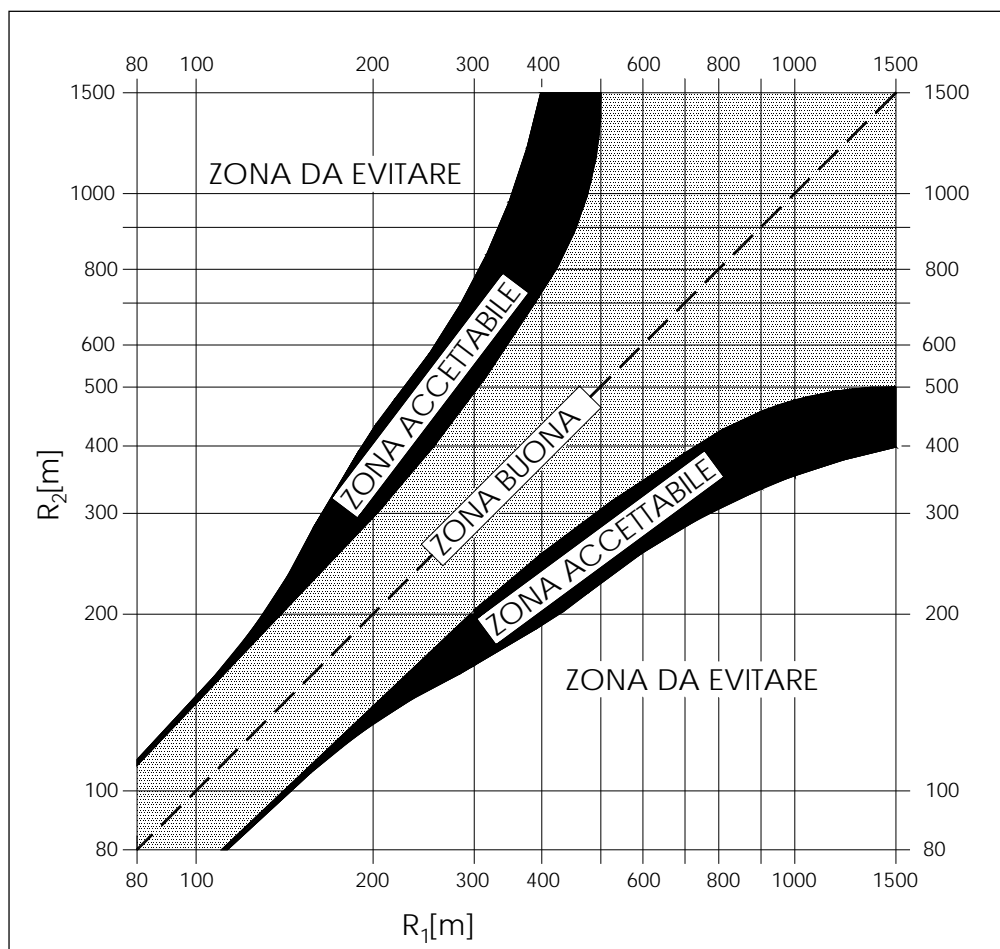
dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata nella tabella seguente:

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
L_{\min} [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.



Abaco di Koppel (DM 05/11/2001)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade tipo C e F) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f2).

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 05/11/2001 e di seguito riportato.

- La velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettifili, le clotoidi e gli archi con raggio non inferiore a $R_{2,5}$;

- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a $0,8 \text{ m/s}^2$. Tale valore è stato mantenuto invariato anche per i tratti in approccio alle intersezioni con schema a rotatoria.
- In corrispondenza delle rotatorie si è assunta una velocità di percorrenza pari a 30 km/h;
- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.*

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,\min} = 2.5 \cdot v_p$$

con v_p in m/s ed $L_{c,\min}$ in m.

(h) *Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)*

Criterio 1 (Limitazione del contraccollo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccollo), 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:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccollo;
- v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

Ponendo $c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$ si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{gv^2R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0.0206125 \cdot V^2 \cong 0.021 \cdot V^2$$

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

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali, che vanno raccordate longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i |q_i + q_f|}$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- i_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;
- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale
- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata la relazione :

$$R/3 \leq A \leq R$$

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

$$R_2/3 \leq A \leq R_1$$

dove R1 è il raggio minore ed R2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso ed in uscita da una curva circolare e del rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

$$2/3 \leq A_E/A_U \leq 3/2 \quad 2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

2.3 Caratteristiche altimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo a (autostrade), è pari al 5%.

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo B (strade extraurbane principali), è pari al 6%.

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo C (strade extraurbane secondarie), è pari al 7%.

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo F (strade extraurbane locali), è pari al 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.

(j) *Raccordi verticali convessi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

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

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

- se invece $D > L$

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

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale convesso [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_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

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 cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1.10$ m.

(k) *Raccordi verticali concavi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - \frac{100}{\Delta i} \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta) \right]$$

dove:

- 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 pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

La distanza di visibilità per il sorpasso è stata calcolata analogamente a quanto descritto per la verifica dei raccordi verticali convessi.

2.4 Analisi di visibilità

Per distanza di visuale libera (DVL) 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.

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, 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. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.
- **Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso**, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra completa di sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

La verifica di visibilità per l'arresto consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto (determinate lungo l'intero sviluppo del tracciato sia in corsia di sorpasso che in corsia di marcia lenta adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di 0.10 m e collocando trasversalmente i punti di vista e di mira al centro della corsia) con le distanze di visuale libera per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale)

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal D.M. 5/11/2001 (e precisati nel testo della norma stessa), riferito a condizioni di strada bagnata.

VELOCITA' (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
Autostrade f_i	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34-
Altre strade f_i	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 10 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

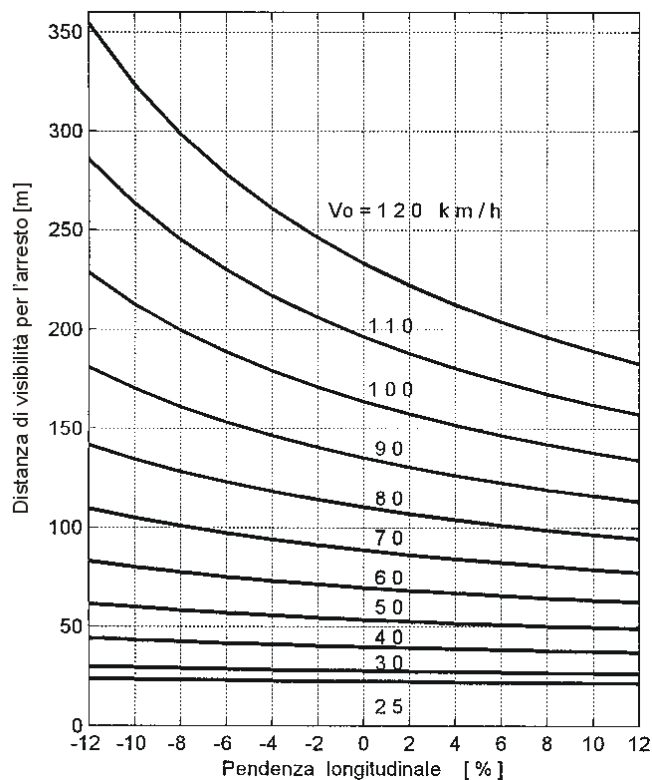
dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
- D_2 = spazio di frenatura
- V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [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/s²]
- Ra = 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]

Per il tempo complessivo di reazione si sono assunti 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:

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

Il D.M. 5/11/2001 definisce un abaco di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.



La **verifica di visibilità per il sorpasso** è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera per il sorpasso con le corrispondenti distanze visibilità lungo tutto il tracciato.

Le distanze di visuale libera per il sorpasso sono state determinate considerando l'ostacolo mobile collocato nella corsia opposta, con altezza pari a 1,10.

Per il calcolo delle distanze di visibilità è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.3. del DM 05/11/2001:

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

dove:

- v = velocità del veicolo in [m/s], op. V in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità ed attribuita uguale sia per il veicolo in fase di sorpasso che per il veicolo proveniente in senso opposto.

La **verifica di visibilità per il cambiamento corsia** è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera per il cambio corsia con le corrispondenti distanze visibilità lungo tutto il tracciato.

La distanza valuta lo spazio necessario all'utente a comprendere i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione (5.5 secondi) e per la decisione ed effettuazione della manovra di deviazione da una corsia a quella ad essa adiacente (4 secondi). La formula empirica risulta:

$$D_C = 9,5 \times v = 2,6 V \quad [m]$$

dove:

v velocità del veicolo in [m/s];

V in [km/h]

essendo v, V desunte puntualmente dal diagramma delle velocità.

Lungo gli assi di progetto saranno condotte le verifiche della manovra di cambiamento della corsia in corrispondenza dei punti singolari; questi sono da intendersi collocati in corrispondenza degli svincoli e delle aree di servizio, dove la manovra di diversione determina il cambio di corsia. Non sono considerati come punti singolari le piazzole di sosta, in quanto tali elementi non costituiscono una parte stradale destinata al normale esercizio del traffico essendo spazi destinati alla sosta in condizioni di emergenza.

3. PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI

Le caratteristiche stradali delle rampe di svincolo sono state definite a partire dagli intervalli di velocità indicati nella tabella 7 del paragrafo 4.7 del D.M. 19/04/2006 e riportati per completezza nella tabella seguente:

tipi di rampe	Intersezione Tipo 1, escluse B/B, D/D, B/D, D/B		Intersezione Tipo 2, e B/B, D/D, B/D, D/B	
Diretta	50-80 km/h		40-60 km/h	
Semidiretta	40-70 km/h		40-60 km/h	
Indiretta	in uscita da A	40 km/h	in uscita dalla strada di livello gerarchico superiore	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata sulla strada di livello gerarchico superiore	30 km/h

Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

Per le rampe indirette il valore indicato rappresenta la velocità minima di progetto mentre la velocità di progetto massima è assunta pari a quella della corrispondente rampa semidiretta

3.1 Criteri progettuali

La normativa richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

- geometria degli elementi modulari delle rampe ;
- larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate (sezione tipo);
- dimensionamento delle corsie specializzate;
- distanze di visibilità per l'arresto.

Per quanto riguarda l'analisi delle distanze di visibilità e il dimensionamento delle corsie specializzate si rimanda ai relativi paragrafi nel seguito della presente relazione.

Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari si è fatto riferimento alle indicazioni contenute alla tabella 9 del paragrafo 4.7.3 del D.M. 19/04/2006 che relativamente al caso di strade extraurbane fornisce le indicazioni riportate appresso:

Strade extraurbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di uscita e di immissione	A	Min. 3.75	2.50	-
	B	Max. 3.75	1.75	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50	1.00	1.00
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3.50	1.00	-
	B		1.00	-

Larghezze degli elementi modulari

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, secondo quanto previsto esplicitamente nella norma in oggetto, di seguito sono riportate le verifiche prese in considerazione:

- raggi minimi planimetrici;
- pendenze longitudinali massime;
- raggi altimetrici minimi (raccordi concavi);
- raggi altimetrici minimi (raccordi convessi).

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dalla norma che risulta funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto come riportato nella tabella seguente:

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250

Raggi minimi delle rampe in funzione della velocità di progetto minima

(b) Parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

Per il dimensionamento delle clotoidi lungo i rami delle intersezioni si sono verificati i tre criteri previsti dal D.M. 5/11/2001 (ottico/contraccolpo/sovrappendenza).

(c) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette, consentita dalla norma, è funzione della velocità di progetto come riportato nella tabella seguente:

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Pendenza massima in salita	(%)	10.00	7.00		5.00		
Pendenza massima in discesa	(%)	10.00	8.00		6.00		

Pendenze massime delle rampe

(d) *Raccordi verticali concavi*

Per l'inserimento di raccordi verticali concavi si è fatto riferimento ai valori minimi indicati nel D.M. 19/04/2006.

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggi minimi verticali convessi	(m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi	(m)	250	500	750	1000	1400	2000
Distanza di visuale minima	(m)	25	35	50	70	90	115

3.2 Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate

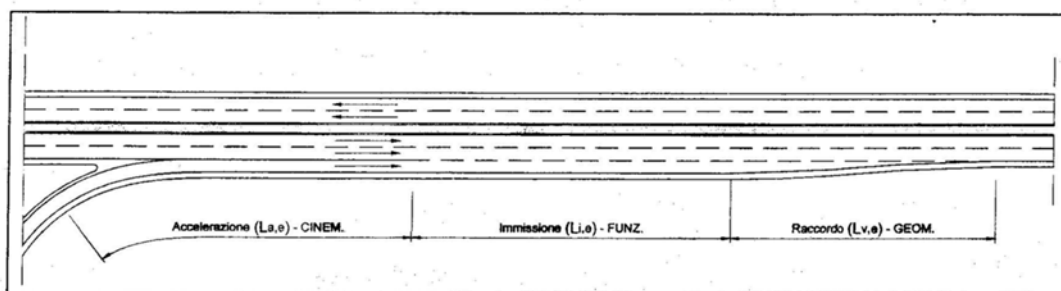
Il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione e diversione è stato effettuato con riferimento ai criteri contenuti nelle " Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19/04/2006).

3.2.1 *Corsie di immissione (o di entrata)*

La corsia di accelerazione si sviluppa in affiancamento alla strada a cui afferiscono ed è costituita dai seguenti tre tratti:

- **Tratto di accelerazione** di lunghezza L_a
- **Tratto di immissione** di lunghezza L_i
- **Tratto di raccordo** di lunghezza L_v

secondo le modalità rappresentate nella figura seguente:



Schema planimetrico corsia di immissione

Tratto di accelerazione "La"

La lunghezza del tratto di accelerazione $L_{a,e}$, il cui inizio si colloca al termine della curva circolare della rampa di immissione, viene calcolata mediante la seguente espressione:

$$L_{a,e} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

dove:

$L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

v_1 (m/s) è la velocità all'inizio del tratto di accelerazione (per v_1 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);

v_2 (m/s) è la velocità alla fine del tratto di accelerazione, pari a $0,80 \cdot v_p$ (velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, desunta dal diagramma di velocità)

a (m/s²) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a 1 m/s^2 .

La rampa 2 di immissione in direzione Bardonecchia presenta una lunghezza L_a di 304.78 m.

La rampa 4 in direzione Torino presenta una lunghezza L_a di 285.19 m rappresentata da un tratto di scambio con la rampa 3.

Tratto di immissione "Li"

Il tratto di immissione "Li" permette ai veicoli provenienti dalla secondaria di trovare un intervallo utile al fine di immettersi sulla strada principale. Al fine di contenere lo sviluppo della rampa e limitare le interferenze con attività esistenti tale tratto nella rampa 2 di immissione direzione Bardonecchia è stato previsto di 50 m.

Tratto di raccordo "Lr"

La lunghezza del tratto di raccordo "Lr" varia in funzione della velocità di progetto. I valori indicati dalla norma sono:

- 75 m per $V_p > 80 \text{ km/h}$
- 50 m per $V_p \leq 80 \text{ km/h}$

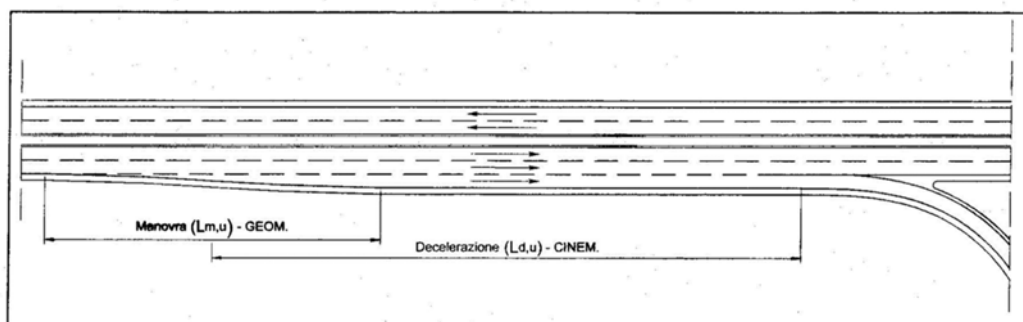
La rampa 2 di immissione in direzione Bardonecchia e la rampa 4 di immissione in direzione Torino presentano una lunghezza di 75 m.

3.2.2 Corsie di diversione (o di uscita)

La corsia di decelerazione si sviluppa in affiancamento alla strada a cui afferiscono ed è costituita dai seguenti due tratti:

- **Tratto di manovra** di lunghezza L_m
- **Tratto di decelerazione** di lunghezza L_d

secondo le modalità rappresentate nella figura seguente:



Schema planimetrico corsia di diversione - tipologia parallela

Tratto di decelerazione “Ld”

La lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ viene calcolata pertanto mediante criterio cinematico utilizzando la seguente espressione:

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

dove:

$L_{d,u}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

v_1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tronco di decelerazione pari alla velocità di progetto del ramo da cui provengono i veicoli in uscita (velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità);

v_2 (m/s) è la velocità di uscita dal tronco di decelerazione (per v_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di uscita);

“ a ” (m/s^2) è la decelerazione assunta per la manovra pari a $3 m/s^2$ per le strade tipo A, B e $2,0 m/s^2$ per le altre strade.

La rampa 1 di uscita in direzione Bardonecchia presenta una lunghezza L_d di 190.52 m.

La rampa 3 di uscita in direzione Torino, presenta una lunghezza L_d di decelerazione in configurazione “ad ago” di 108.02 m

Tratto di manovra L_m

La lunghezza del tratto di manovra L_m varia in funzione della velocità di progetto. I valori indicati dalla norma da utilizzare sono:

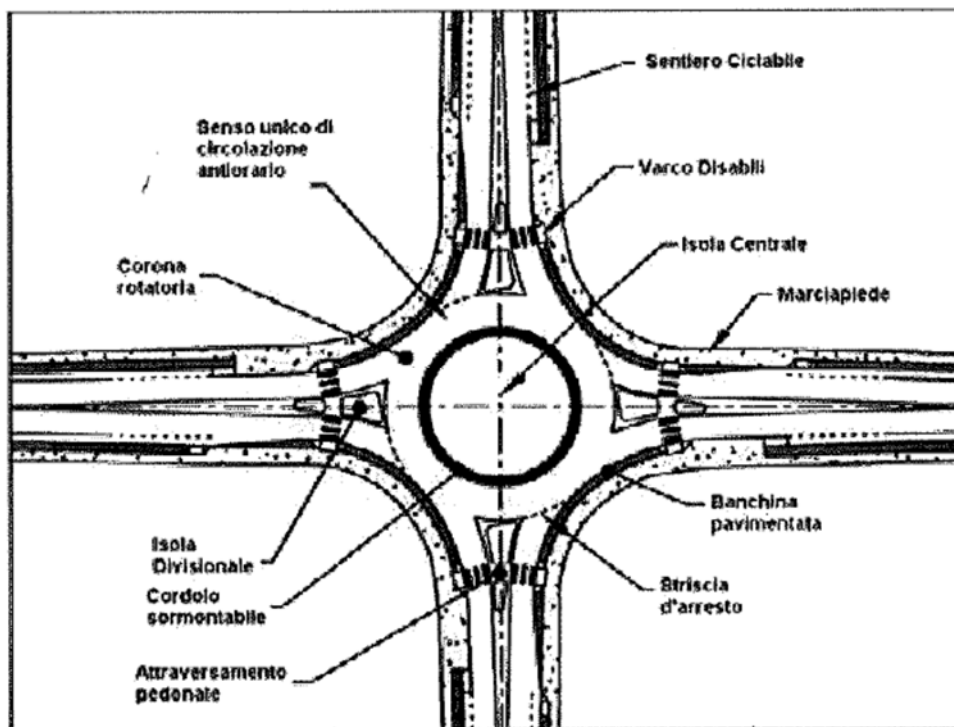
- 60 m per $V_p \geq 80$ km/h
- 75 m per $V_p \geq 100$ km/h
- 90 m per $V_p \geq 120$ km/h

La rampa 1 di uscita in direzione Bardonecchia presenta un tratto di manovra L_m di 90 m.

Il tratto di manovra della rampa 3, presenta un parziale tratto in comune con la zona di accelerazione ed immisione della rampa 4 (tratto di scambio). Al termine del tratto di manovra i mezzi si immetteranno direttamente nel tratto di decelerazione della configurazione ad ago.

3.3 Criteri per il dimensionamento delle rotatorie

Si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna (limite della corona rotatoria, in riferimento alla figura che segue):



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

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

3.3.1 Dimensionamento degli elementi modulari

In tabella si riportano le larghezze degli elementi modulari, come definite da normativa:

Elemento Modulare	Diametro esterno rotonda (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria, per ingressi ad una corsia	≥ 40	6.00
	compreso tra 25 e 40	7.00
	compreso tra 14 e 25	7.00÷8.00
Corsie nella corona, per	≥ 40	9.00

ingressi a più corsie	< 40	8.50÷9.00
Bracci di ingresso (**)		3.50 per una corsia-
		6.00 per due corsie-
Bracci di uscita (*)	< 25	4.00
	≥ 25	4.50

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

(**) organizzata al massimo con due corsie.

La norma non fornisce chiare indicazioni relativamente alle dimensioni delle banchine da prevedere nella corona rotatoria. Per quanto riguarda la banchina esterna questa dovrebbe essere di larghezza variabile tra 1.00 e 1.50 m, da adeguare in funzione delle dimensioni delle banchine delle strade che confluiscono in rotatoria. Per la banchina interna dovranno essere utilizzate dimensioni minime di 0.50 m, incrementabili se necessario ai fini della funzionalità della rotatoria in relazione agli ingombri dei veicoli pesanti, previa verifica del rispetto degli angoli di deflessione.

3.3.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione " β ". Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione " β ", bisogna aggiungere al Raggio di entrata $R_{e,2}$ un incremento "b" pari a 3.50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione " β " di almeno 45°.

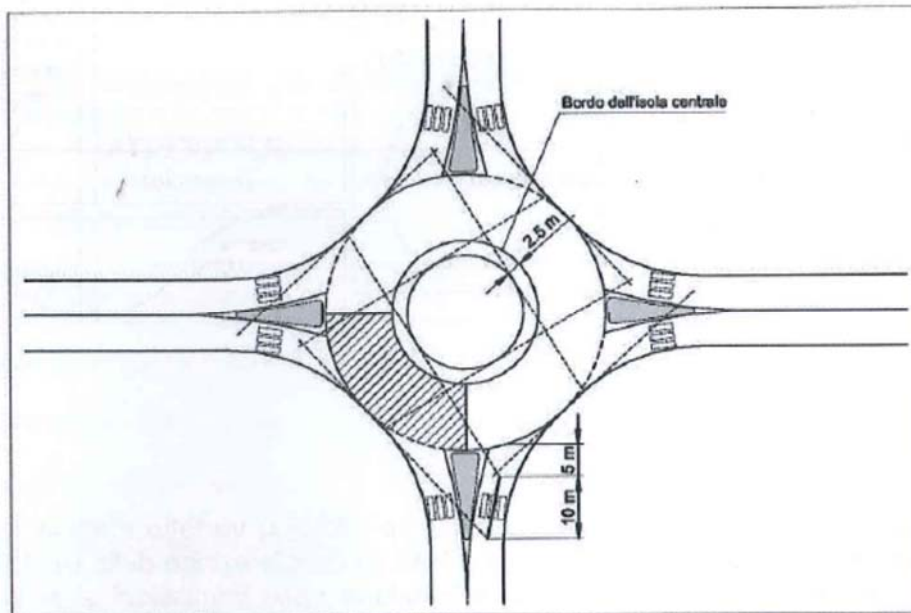
3.3.3 Determinazione delle aree di visibilità

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

- il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15 m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzera della corsia di entrata in rotatoria;

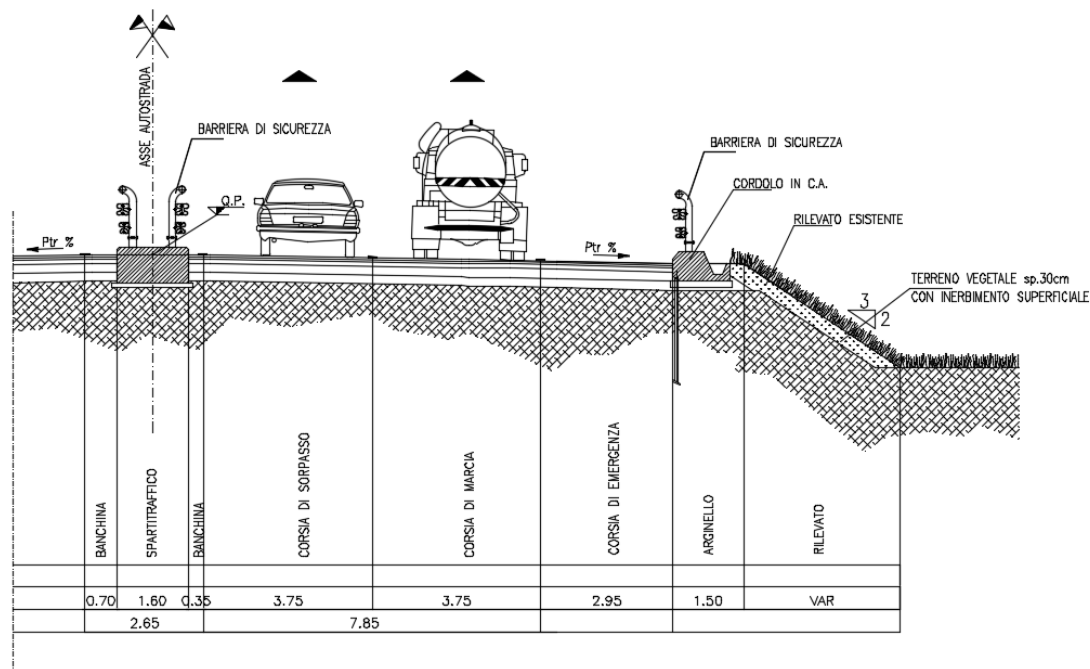
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

La modalità di costruzione delle aree di visibilità è rappresentata nella figura seguente.



4. PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONI TIPO

La sezione autostradale attuale è caratterizzata da due carreggiate separate composte da due corsie da 3.75m, una banchina interna da 0.70m, una banchina esterna (corsia d'emergenza) da 2.60m ed arginelli da 1.50 entro i quali trovano sistemazione le barriere metalliche di sicurezza posate su cordolo in c.a.



Sezione autostradale esistente

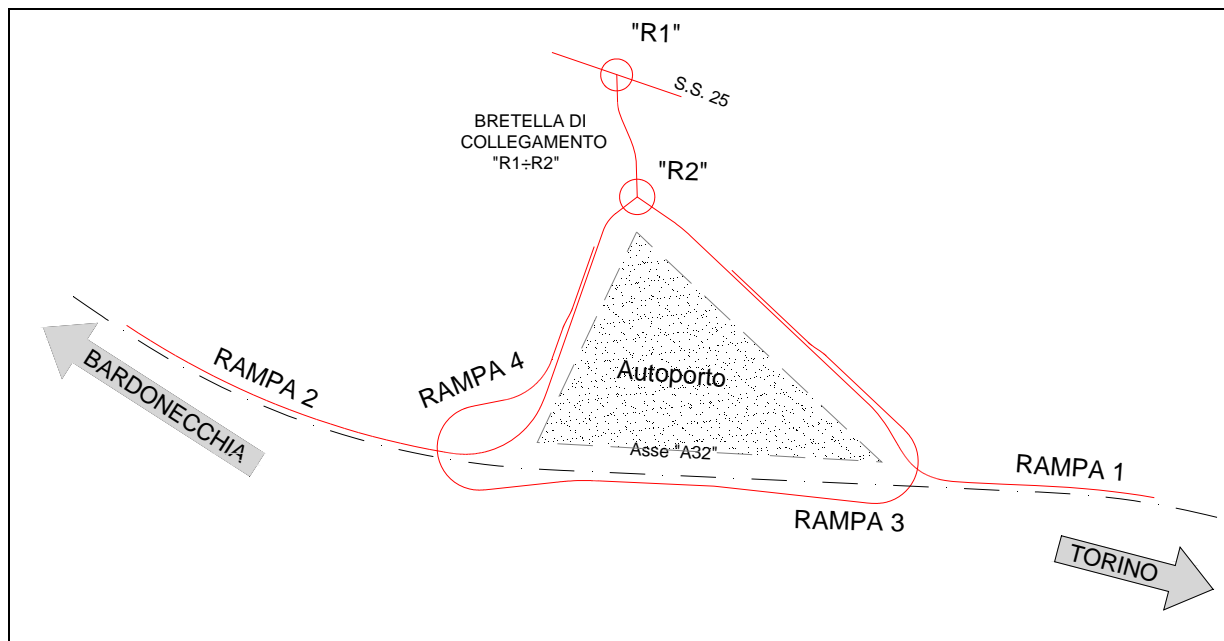
A seguito dell'ampliamento della carreggiata le stesse barriere su cordolo verranno riproposte nella nuova configurazione in modo da garantirne la continuità strutturale.

4.1 Caratteristiche funzionali e plano-altimetriche

Il nuovo Autoporto, come detto, si sviluppa per circa 67'400 mq su di uno spianamento che emerge dall'attuale piano campagna per circa 1.00÷1.70 m, a forma geometrica "triangolare", con un lato delimitato dall'autostrada A32, un altro lato limitato dal tracciato del canale NIE, ed il terzo confinante con le attività di cava/deposito.

L'accessibilità dall'autostrada A32 al nuovo sito è garantita tramite la realizzazione di rampe di immissione/diversione, mentre il collegamento con la SS. 25 del Moncenisio avviene tramite la realizzazione di una rotatoria sull'asse della stessa strada Statale.

Il nuovo sistema viario è costituito dai seguenti assi di tracciamento:



Assi di tracciamento

Tali tratte possono essere così individuate:

Rampa “1”: è la diversione dall’autostrada in direzione Bardonecchia. L’intervento consiste nella realizzazione di una corsia specializzata di decelerazione in affiancamento all’autostrada da cui si diparte poi la rampa monodirezionale che raggiunge il piazzale dell’autoporto. Nel tratto in affiancamento la corsia specializzata è larga 3.75m con banchina laterale di 2.50m, mentre la seguente rampa monodirezionale è larga 4.00m con banchina in sx di 1.00m e in dx di 1.50m.

Rampa “2”: è l’immissione all’autostrada in direzione Bardonecchia. L’intervento consiste nella realizzazione di una corsia specializzata di accelerazione in affiancamento all’autostrada successiva alla rampa monodirezionale che proviene dal piazzale dell’autoporto. Nel tratto in affiancamento la corsia specializzata è larga 3.75m con banchina laterale di 2.50m, mentre la precedente rampa monodirezionale è larga 4.00m con banchina in sx di 1.00m e in dx di 1.50m.

Rampa “3”: è la diversione dall’autostrada in direzione Torino. L’intervento consiste nella realizzazione di una corsia specializzata di decelerazione in configurazione “ad ago”. La sezione trasversale della rampa monodirezionale è di 4.00m con banchina in sx di 1.00m e in dx di 1.50m. La rampa per una lunghezza di 216 m si sviluppa su viadotto.

Rampa “4”: è l'immissione all'autostrada in direzione Torino. L'intervento consiste nella realizzazione di una corsia specializzata di accelerazione cui segue una zona di scambio compresa tra essa e la successiva diversione verso l'autoporto (rampa 3). La rampa monodirezionale è larga 4.00m con banchina in sx di 1.00m e in dx di 1.50m, mentre la zona di scambio, parallela all'asse autostradale, è larga 3.75m e banchina di 2.50m. La rampa per una lunghezza di 217 m si sviluppa su viadotto.

“Bretella di collegamento tra R1 ed R2”: è un breve asse che unisce le due rotatorie ed è bidirezionale con corsie larghe 3.50m e banchine da 1.00m.

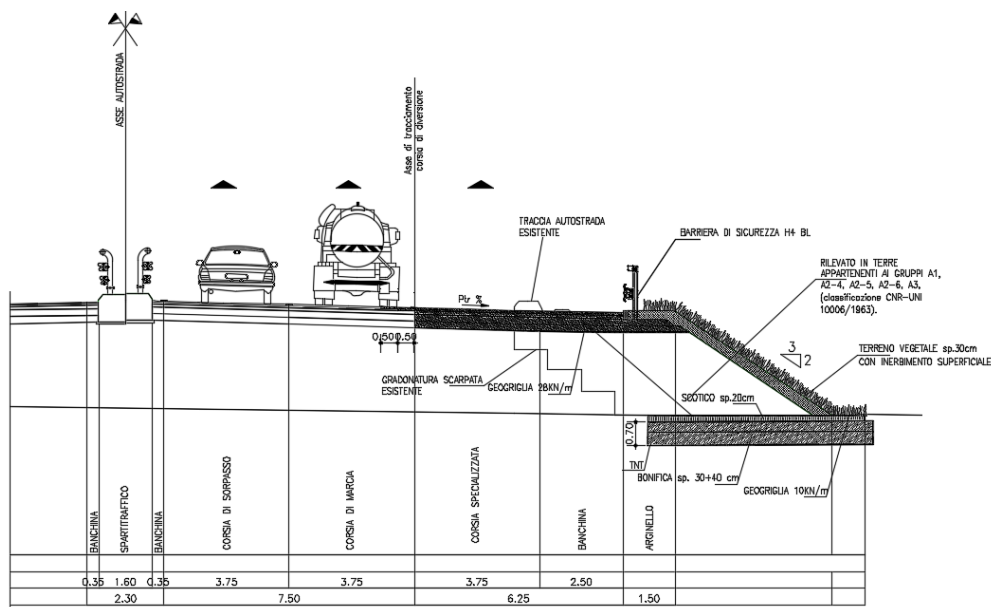
Rotatorie “R1” ed “R2”: La prima ha diametro esterno di 48m, con anello giratorio di 8.00m e due banchine laterali da 1.00m, la seconda rotatoria ha diametro esterno di 53m ed anello giratorio di 8.00m con banchine da 1.50m. In considerazione dell'elevata componente di mezzi pesanti, per agevolare i flussi di traffico, si è adottata la scelta progettuale di una corsia nell'anello giratorio di larghezza maggiore.

L'asse di penetrazione del piazzale è costituito da una strada a doppio senso di circolazione di larghezza totale 10 m e unisce la rotatoria R2 con la rotatoria di distribuzione interna ai parcheggi di diametro 35.60 m.

4.2 Sezioni stradali tipo

Con riferimento alla sezione stradale tipo si adottano differenti configurazioni conformemente a quelle previste dal D.M. 19/04/2006.

In dettaglio, per le corsie specializzate di immissione/diversione, la corsia prevista è di 3.75m con banchina laterale di 2.50m.

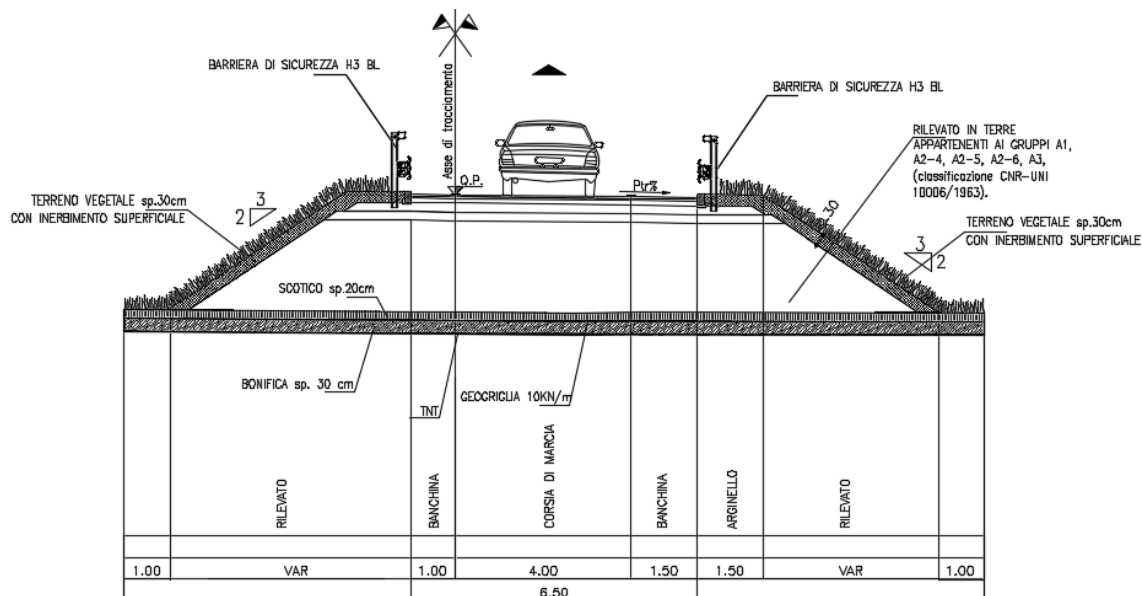


Sezione tipo corsia specializzata

La pendenza trasversale della zona in ampliamento ripercorre quella esistente.

La piattaforma pavimentata è completata in destra da arginelli in terra di larghezza pari a 1.50 m. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma. Le scarpate sono realizzate con pendenza 3/2: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitarne l'inerbimento delle scarpate. Il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico e bonifica del terreno.

Relativamente alle rampe monodirezionali, la sezione trasversale prevista è conforme alla tab.9 del D.M. 19/04/2006, il quale prevede, per le rampe monodirezionali corsie di larghezza non inferiore a 4.00m e banchine laterali da 1.00m.



Sezione tipo Rampa Monodirezionale

La piattaforma pavimentata è completata in destra da arginelli in terra di larghezza pari a 1.50 m e delimitati da cordolini in pietra. Le scarpate, realizzate con pendenza 3/2, hanno i primi 30 cm di terreno vegetale al fine di facilitarne l'inerbimento. Il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico e bonifica del terreno.

Circa la bretella di collegamento tra le rotatorie "R1 ed R2" la sezione tipo utilizzata fa riferimento alla categoria "C2" del DM 6792 del 05/11/2001 con banchine ridotte a causa delle presenza di volumi edilizi prossimi al tracciato (opera idraulica).

Si è indicato altresì il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), il valore di pendenza trasversale ed il relativo raggio planimetrico.

Rampa "1" – Andamento planimetrico

Elem	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lungh. (m)	Tipo Elem	Verso	Raggio (m)/Par A	Ic [%]	V [km/h]	Verifica	L min/max	P min/max
1	0.00	122.92	122.92	C	SX	1008.74	2.50	130			
2	122.92	221.37	98.45	R			2.50	104.12	NO[1]	166.48	
3	221.37	275.45	54.08	AT		58.60	2.50÷6.00	56.44	NO[1]		62.7
4	275.45	292.06	16.61	C	DX	63.49	6.00	45.7	NO [1]	31.71	
5	292.06	332.95	40.89	AF		51.00	6.00÷0.00	45.7			
6	332.95	350.26	17.31	AF		51.00	0.00÷5.40	40			
7	350.26	386.59	36.33	C	SX	150	5.40	40			
8[2]	386.59	676.11	289.52	R			2.50	40			
9[2]	676.11	707.10	30.99	C	SX	200	2.50	40			
10[3]	707.10	755.03	47.93	R			-	40			

- [1] La necessità di accostarsi con gli elementi geometrici del tracciato autostradale esistente non consente adeguati valori degli elementi (lunghezza rettilineo: corsia di diversione) così come la presenza di vincoli al contorno (Canale Nie)
- [2] A partire dall'elemento 8 il tracciato si può considerare parte integrante del piazzale dell'autoporto e pertanto si sono omessi gli elementi geometrici a raggio variabile (clotoidi).
- [3] Le rotazioni si azzerano in corrispondenza della rotatoria "R2" (elemento10)

Rampa "2" – Andamento planimetrico

Elem	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lungh. (m)	Tipo Elem	Verso	Raggio (m)/Par A	Ic [%]	V [km/h]	Verifica	L min/max	P min/max
1 [2]	0.00	32.26	32.26	R				40			
2 [1]	32.26	58.23	25.98	C	SX	45.00	2.50	40	NO	46.66	
3 [1]	58.23	254.62	196.39	R			2.50	40			
4	254.62	283.76	29.14	AT		54.00	2.50÷6.00	55.2	NO [3]		58.00
5	283.76	390.82	107.06	C	DX	100.00	6.00	55.2			
6	390.82	426.42	35.60	AC		62.92	6.00÷5.00	61.32	NO[3]		76.10
7	426.42	828.65	402.23	C	DX	991.25	5.00	104			

- [1] Fino all'elemento 3 il tracciato si può considerare parte integrante del piazzale dell'autoporto e pertanto si sono omessi gli elementi geometrici a raggio variabile (clotoidi). Inoltre gli elementi 1 e 2 sono compresi nell'anello giratorio e quindi privi di significato in termini di percorribilità stradale.
- [2] Le rotazioni si azzerano in corrispondenza della rotatoria "R2" (elemento 1)
- [3] I parametri degli elementi a curvatura variabile, caratterizzati tra l'altro da velocità relativamente contenute, non risultano verificati in quanto attestati sulla medesima curva il cui raggio non è modificabile per vincoli territoriali e limiti di proprietà da rispettare.

Rampa "3" – Andamento planimetrico

Elem	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lungh. (m)	Tipo Elem	Verso	Raggio (m)/Par A	Ic [%]	V [km/h]	Verifica	L min/max	P min/max
1	0.00	178.44	178.44	R			2.50	100			
2	178.44	200.22	21.78	AT		33.00	2.50÷6.00	48.81	NO [1]		43.20
2	200.22	303.27	103.05	C	SX	50.00	6.00	40			
2	303.27	325.05	21.78	AT		33.00	6.00÷2.50	40			
3	325.05	444.19	119.14	R			2.50	40			
4	444.19	457.36	13.18	AF		23.00	2.50	40	NO[2]		33.00
5	457.36	470.54	13.18	AF		23.00	2.50	40	NO[2]		33.00
6	470.54	595.71	125.18	R			2.5	40			

- [1] La necessità di garantire adeguato sviluppo al tratto di scambio tra le rampe 3 e 4, unitamente al vincolo idrogeologico della presenza della Dora, non consentono adeguati sviluppi e parametri degli elementi geometrici.
- [2] Le curve a raggio variabile (flessi) sono inserite in un tratto di raccordo con la rampa 1 in cui la velocità è ridotta quasi a zero per dare diritto di precedenza. Per tanto, lungo tali tratti, la limitata velocità permette comunque una graduale variazione dell'accelerazione trasversale nel tempo.

Rampa "4" – Andamento planimetrico

Elem	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lungh. (m)	Tipo Elem	Verso	Raggio (m)	Ic [%]	V [km/h]	Verifica	L min/max	P min/max
1	0.00	77.32	77.32	R			2.50	40			
2	77.32	91.10	13.78	AF		24.90	2.50	40	NO[1]		33.00
3	91.10	104.88	13.78	AF		24.90	2.50	40	NO[1]		33.00
4	104.88	143.03	38.15	R			2.50	40			
5	143.03	221.10	78.07	C	DX	75	6.00	40			
6	221.10	252.49	31.39	R			2.50	40			
7	252.49	271.48	18.99	AT		30.81	2.50÷6.00	40			
8	271.48	407.09	135.62	C	SX	50	6.00	40			
9	407.09	422.59	15.49	AT		27.83	6.00÷2.50	43.82	NO [2]		33.60
10	422.59	497.58	74.99	R			2.50	58.96			
11	497.58	518.89	21.31	AT		73	2.50÷4.10	62.60	NO [2]		75.40
12	518.89	535.45	16.55	C	DX	250.04	4.10	62.60	NO[2]	43.47	
13	535.45	556.76	21.31	AT		73	4.10÷2.50	66.87	NO[2]		86.90
14	556.79	821.95	265.19	R			2.50	80			

- [1] La prossimità del tracciato ai confini di proprietà non consentono il rispetto dei parametri geometrici degli elementi caratterizzati tra l'altro da velocità contenute.
- [2] Il vincolo idrogeologico della presenza della Dora, non consentono adeguati sviluppi e parametri degli elementi geometrici.

Bretella di collegamento tra le rotonde – Andamento planimetrico

Elem	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lungh. (m)	Tipo Elem	Verso	Raggio (m)	Ic [%}	V [km/h]	Verifica	L min/max	P min/max
1	0.00	37.98	37.98	R			2.50	57.20	NO[1]	47.16	
2	37.98	65.50	27.52	C	SX	75					
3	65.50	100.19	34.69	R			2.50	48.20	NO[1]	38.16	
4	100.19	116.50	16.31	C	DX	45					

[1] La presenza dell'opera di attraversamento del canale Nie e i limiti dettati dalla vicinanza delle rotonde non consentono adeguati sviluppi degli elementi in rettilineo. La velocità di percorrenza di tali tratti è comunque limitata.

Nelle tabelle che seguono sono riportati l'**andamento altimetrico** dei tracciati utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- D/S = Dosso/Sacca
- Pr vert. = Progressiva vertice
- Rv = Raccordo verticale
- TI = Tangente di inizio
- TF = Tangente di fine
- “i”1 = pend. Livelletta “1”
- “i”2 = pend. Livelletta “2”

Rampa “1” – Andamento altimetrico

N	D/S	Pr. Vert	Rv	delta i [%]	TI	TF	L	“i”1	“i”2	verifica	Rda min	Rav min
V1		0.00										
V2	D	104.94	3250	-1.34	21.86	21.88	43.64	0.59	-0.76	NO*	3297.95	
V3	S	169.73	7000	1.10	38.66	38.58	77.11	-0.76	0.35	SI		
V4	D	239.30	2850	-0.79	11.24	11.24	22.46	0.35	-0.44	SI		
V5	D	285.95	1500	-1.56	11.70	11.90	23.36	-0.44	-2.00	SI		
V6	S	315.00	1000	2.26	11.53	11.32	22.62	-2.00	0.26	SI		
V6	D	575.00	15000	-0.02	1.28	1.28	2.57	0.26	0.24	SI		
V7		755.00										

Rampa "2" – Andamento altimetrico

N	D/S	Pr. Vert	Rv	delta i [%]	TI	TF	L	"i"1	"i"2	verifica	Rda min	Rav min
V1		0.00										
V2	D	43.39	5000	-0.36	9.06	9.06	18.12	-0.02	-0.38	SI		
V3	S	177.42	7500	0.413	15.52	15.52	31.04	-0.38	0.03	SI		
V4	S	301.04	2000	2.456	24.56	25.31	49.12	0.03	2.49	SI		
V5	D	386.00	1500	-2.07	16.01	15.55	31.88	2.49	0.42	SI		
V6	S	584.81	16000	0.770	61.33	61.70	122.55	0.42	1.18	SI		
V7		828.65										

Rampa "3" – Andamento altimetrico

N	D/S	Pr. Vert	Rv	delta i [%]	TI	TF	L	"i"1	"i"2	verifica	Rda min	Rav min
V1		0.00										
V2	S	116.69	1250	7.09	44.41	52.87	88.66	-0.59	6.50	NO*	3203.88	
V3	D	237.82	515	-13.00	39.93	39.93	66.95	6.50	-6.50	SI		
V4	S	373.15	850	6.74	34.19	28.67	57.33	-6.50	0.24	SI		
V5	D	508.36	15000	0.02	1.28	1.28	2.57	0.24	0.26	SI		
V6		595.71										

Rampa "4" – Andamento altimetrico

N	D/S	Pr. Vert	Rv	delta i [%]	TI	TF	L	"i"1	"i"2	verifica	Rda min	Rav min
V1		0.00										
V2	S	95.80	5000	0.38	9.57	9.56	19.12	-0.38	0.00	SI		
V3	S	177.64	1250	6.04	37.75	44.11	75.51	0.00	6.04	SI		
V4	D	357.57	540	-12.54	39.56	40.38	67.72	6.04	-6.50	SI		
V5	S	484.37	1000	5.58	33.25	28	55.76	-6.50	-0.92	NO*	1347.08	
V6	S	576.20	15500	0.52	40.17	40.03	79.99	-0.92	-0.41	SI		
V7	S	755.13	15500	0.12	9.50	9.12	18.23	-0.41	-0.29	SI		
V8		821.95										

[*]: I raggi di raccordo verticale non risultano verificati in quanto occorre necessariamente mantenere il corretto approccio altimetrico al sedime autostradale esistente

5.1 Corsie specializzate

5.1.1 Corsie specializzate di diversione

Dimensionamento geometrico e cinematico RAMPA 1

Raggio curva circolare	Rf	(m)	63,50		
Pendenza trasversale curva circolare	lc	(%)	6,00%		
Velocità di progetto curva circolare	V2	(Km/h)	45,67	12,7	(m/s)
Velocità iniziale tratto di decelerazione	V1	(Km/h)	130,00	36,1	(m/s)
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	190,52		
Lunghezza curva raggio variabile (clotoide)	Lc	(m)	14,15		
Lunghezza tratto parallelo in decelerazione	Lp,a	(m)	131,37		
Lunghezza tratto di raccordo	Lm,u	(m)	90,00		
Lunghezza totale corsia di diversione	Lt	(m)	235,52		

Dimensionamento geometrico e cinematico RAMPA 3

Raggio curva circolare	Rf	(m)	50,00		
Pendenza trasversale curva circolare	lc	(%)	6,00%		
Velocità di progetto curva circolare	V2	(Km/h)	40,00	11,1	(m/s)
Velocità iniziale tratto di decelerazione	V1	(Km/h)	100,00	27,8	(m/s)
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	108,02		
Lunghezza curva raggio variabile (clotoide)	Lc	(m)	21,78		
Lunghezza tratto parallelo in decelerazione	Lp,a	(m)	86,24		
Lunghezza tratto di raccordo	Lm,u	(m)	90,00		
Lunghezza totale corsia di diversione	Lt	(m)	198,02		

Rampa in configurazione ad ago.

5.1.2 Corsie specializzate di immissione

Dimensionamento geometrico e cinematico RAMPA 2

Raggio curva circolare	Rf	(m)	100,00		
Pendenza trasversale curva circolare	Ic	(%)	6,00%		
Velocità di progetto curva circolare	V2	(Km/h)	54,00	15,0	(m/s)
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(Km/h)	130,00	36,1	(m/s)
Velocità fine tratto di accelerazione	V1	(Km/h)	104,00	28,9	(m/s)
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	304,78		
Lunghezza curva raggio variabile (clotoide)	Lc	(m)	35,60		
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	269,18		
Lunghezza tratto di immissione	Li,e	(m)	50,00		
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	319,18		
Lunghezza tratto di raccordo	Lv,e	(m)	75,00		
Lunghezza totale corsia di immissione	Lt	(m)	429,78		

Dimensionamento geometrico e cinematico RAMPA 4

Raggio curva circolare	Rf	(m)	250,04		
Pendenza trasversale curva circolare	Ic	(%)	2,50%		
Velocità di progetto curva circolare	V2	(Km/h)	40,00	11,1	(m/s)
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(Km/h)	100,00	27,8	(m/s)
Velocità fine tratto di accelerazione	V1	(Km/h)	80,00	22,2	(m/s)
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	185,19		
Lunghezza curva raggio variabile (clotoide)	Lc	(m)	21,31		
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	163,88		
Lunghezza tratto di immissione	Li,e	(m)	25,00		
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	188,88		
Lunghezza tratto di raccordo	Lv,e	(m)	75,00		
Lunghezza totale corsia di immissione	Lt	(m)	285,19		

Lungo tutto il tratto interessato dallo svincolo, in carreggiata di discesa (direzione Torino), sarà inserita una limitazione alla velocità di percorrenza di 100 km/h per agevolare la manovra di scambio tra i veicoli che si immettono in autostrada in direzione Torino e quelli che escono dall'autostrada ed entrano nella stazione di servizio.

5.2 Rotatorie

L'innesto tra la viabilità di collegamento e quella locale avviene tramite una rotatoria nella quale confluiscono quattro rami.

Non avendo a disposizione dati relativi ai volumi di traffico che interessano i rami in oggetto per il dimensionamento della rotatoria si è ricorso alle indicazioni contenute nel DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" e pertanto le caratteristiche salienti sono riassumibili in:

Rotatoria "R1"

Diametro esterno = 48.00 m (comprensiva di banchina esterna di 1.00 m)

Diametro interno = 28.00 m (escluso banchina interna di 1.00 m)

N° corsie = 1

Larghezza corsie = 8.00 m

Larghezza banchina interna = 1.00 m

Larghezza della corsia d'ingresso = 3.50 m

Larghezza della corsia d'uscita = 4.50 m

Pendenza trasversale = 2.5% verso l'esterno

Rotatoria "R2"

Diametro esterno = 53.00 m (comprensiva di banchina esterna di 1.50 m)

Diametro interno = 31.00 m (escluso banchina interna di 1.50 m)

N° corsie = 1

Larghezza corsie = 8.00 m

Larghezza banchina interna = 1.50 m

Larghezza della corsia d'ingresso = 3.50 m

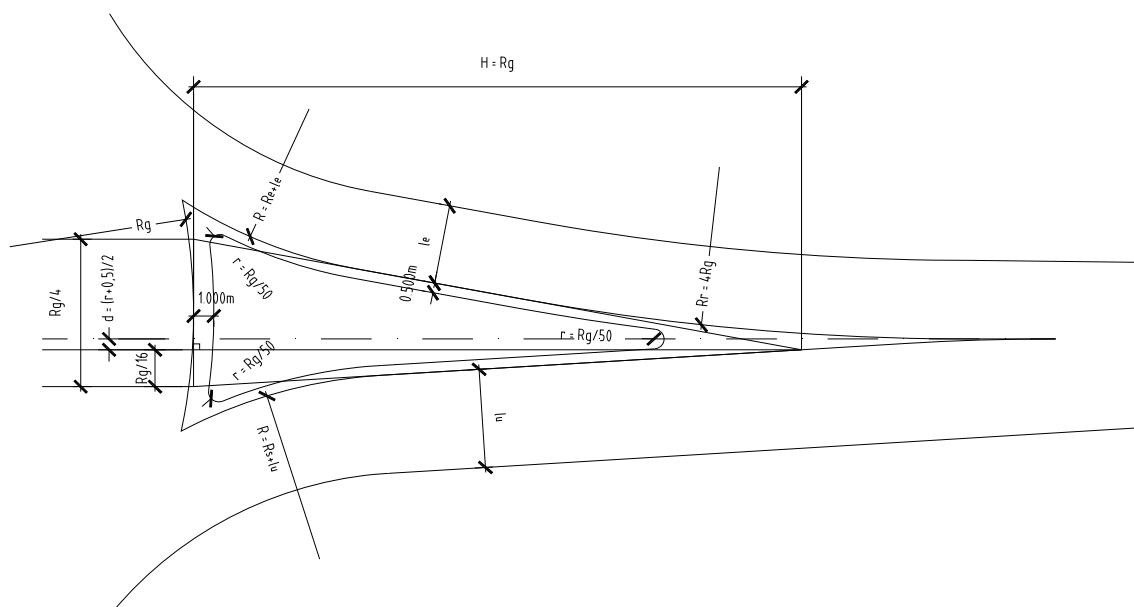
Larghezza della corsia d'uscita = 4.50 (3.50) m

Pendenza trasversale = 2.5% verso l'esterno

La larghezza della corsia d'uscita della "bretella di collegamento R1-R2" è pari a 3.50 m poiché il suddetto tratto di strada è accessibile solamente agli addetti ai lavori per la presenza di un cancello.

Il criterio di regolazione delle intersezioni stradali a raso mediante il sistema a rotatoria è stato scelto perché considerato uno dei metodi in grado di garantire una maggiore sicurezza stradale rispetto al tradizionale sistema degli incroci a raso.

Relativamente al dimensionamento geometrico si prende a riferimento lo "Studio prenormativo sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali" così come approvato dal consiglio Superiore dei LL.PP. il 30/04/04 il quale definisce nel dettaglio i riferimenti per il dimensionamento delle isole spartitraffico, come indicato appresso.

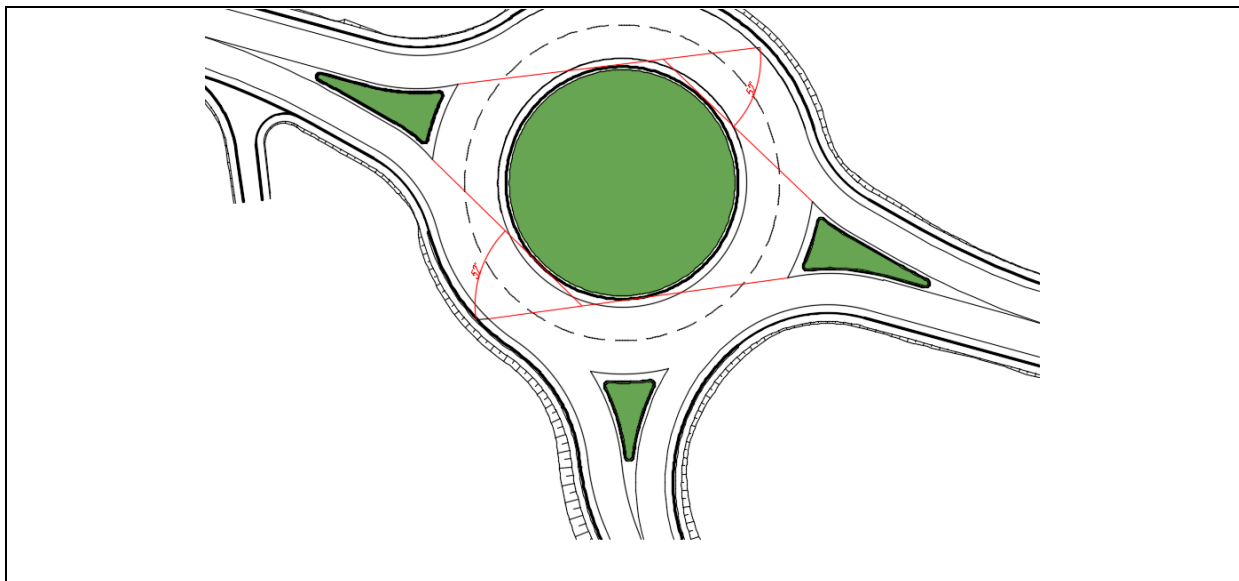


	DESCRIZIONE	Dimensioni consigliate	Dimensioni adottate "R1"	Dimensioni adottate "R2"
R_g	Raggio della rotonda		23.00 m	25.00 m
R_e	Raggio di entrata	10 m < R _e < 15 m e < R _g	15.0 m	15.0 m
l_e	Larghezza corsia entrante	l _e = 3.50m	3.50 m	3.50 m
R_u	Raggio di uscita	15 m < R _u < 30 m e > R _i	20.0 m	20.0 m
l_u	Larghezza corsia uscente	l _u = 4.5 m	4.50 m	3.50 m
R_r	Raggio di raccordo	R _r = 4 R _g	92.0 m	100.0 m

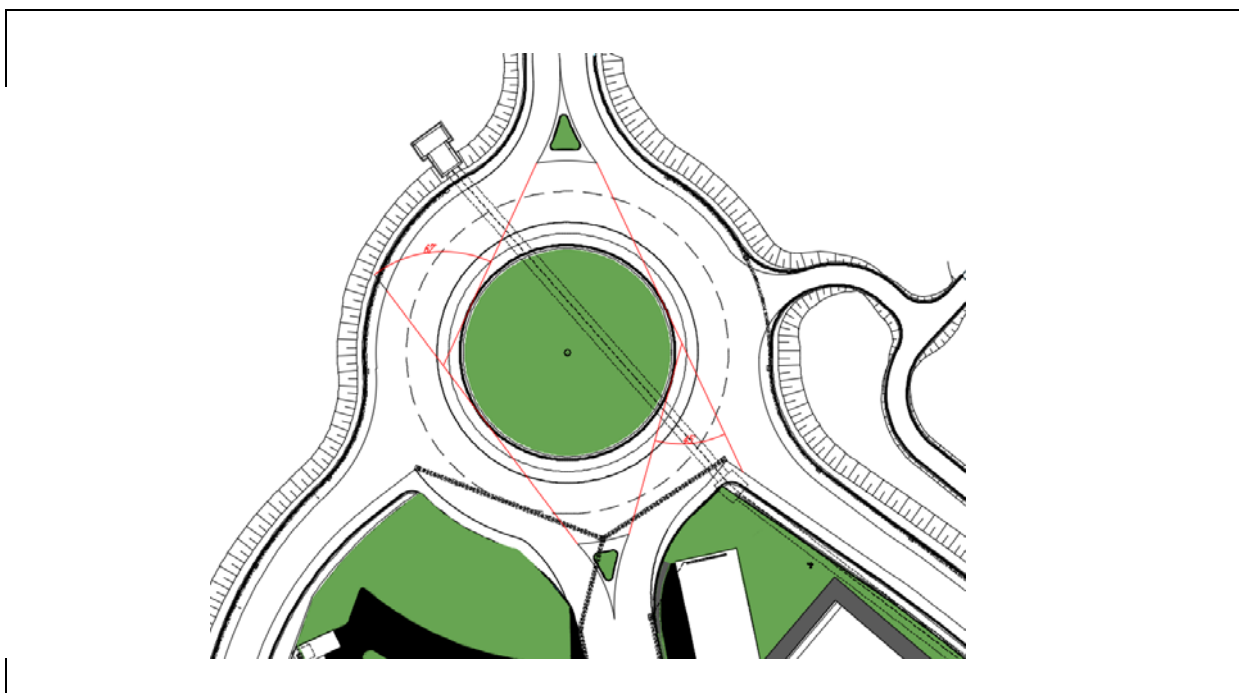
5.2.1 Analisi della Deflessione

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione "β". Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione "β", bisogna aggiungere al Raggio di entrata R_e,2 un incremento "b" pari a 3.50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione "β" di almeno 45°.



Analisi della deviazione – Rotatoria “R1”



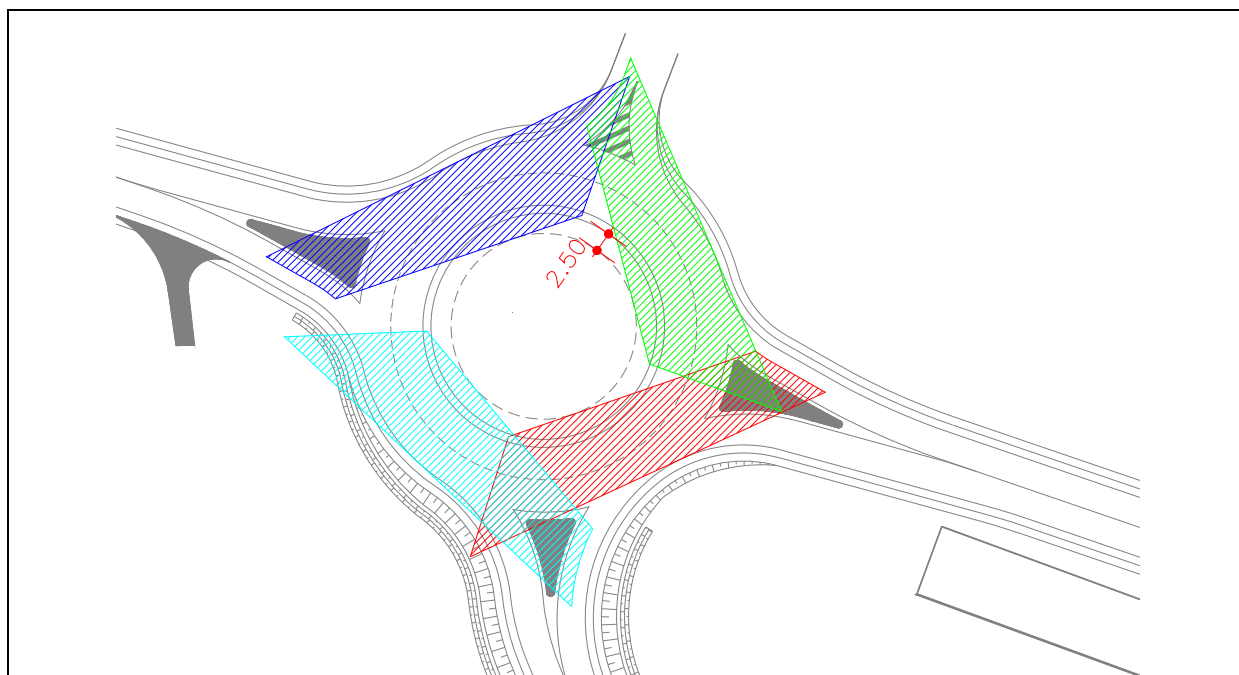
Analisi della deviazione – Rotatoria “R2”

5.2.2 Analisi delle Visibilità

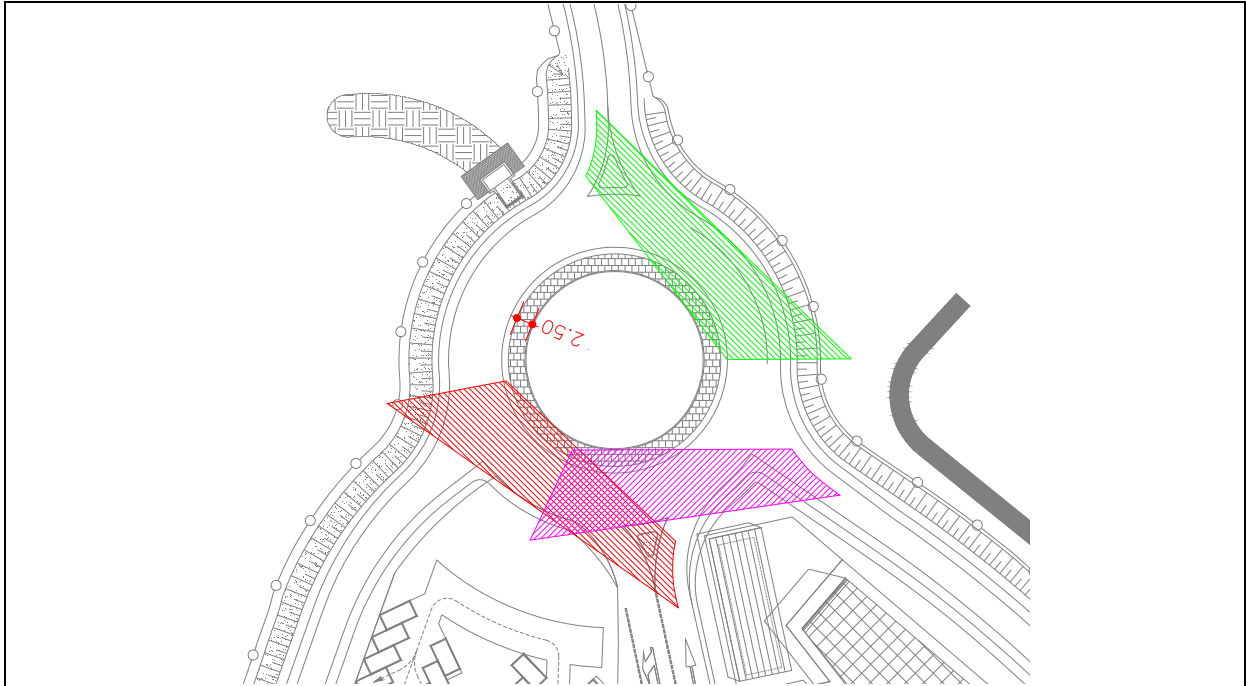
L'analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotonde è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotonde stesse o nelle isole centrali. In particolare si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezziera della corsia di entrata in rotonda (o delle corsie di entrata);
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Nella corona giratoria è stato previsto comunque di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo una fascia di larghezza pari a 2.5 m misurata a partire dal bordo interno della corona. Il risultato è rappresentato nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1.0m.



Analisi di visibilità – Rotatoria “R1”



Analisi di visibilità – Rotatoria “R2”

6. SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE

La progettazione della segnaletica è stata redatta in conformità alle normative vigenti di seguito elencate:

- Nuovo Codice della Strada di cui al D.lgs. n.285 del 30 aprile 1992;
- Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada di cui al D.P.R. n.495 del 16 dicembre 1992.

6.1 Segnaletica orizzontale

Per quanto concerne la segnaletica orizzontale, è stato previsto quanto di seguito:

AUTOSTRADA

Strisce continue di margine della carreggiata di larghezza pari a 25 cm dotate di elementi in rilievo che producono una vibrazione del veicolo;

Strisce discontinue di separazione delle corsie di marcia di larghezza pari a 15 cm, lunghezza pari a 3,00 m, distanziate di 4,50 m;

Strisce discontinue di delimitazione delle corsie di accelerazione e decelerazione di larghezza pari a 25 cm, lunghezza pari a 3,00 m, distanziate di 3,00 m;

Strisce discontinue di margine piazzola di sosta di larghezza pari a 15 cm, lunghezza pari a 1,00 m, distanziate di 1,00 m;

Zebrature di incanalamento sulle cuspidi di larghezza pari a 60 cm ad intervalli di 120 cm entro le strisce di raccordo.

RAMPE E STRADE EXTRAURBANE SECONDARIE

Strisce continue di margine della carreggiata di larghezza pari a 15 cm;

Strisce discontinue di delimitazione delle corsie di accelerazione e decelerazione di larghezza pari a 25 cm, lunghezza pari a 3,00 m, distanziate di 3,00 m;

Zebrature di incanalamento sulle cuspidi di larghezza pari a 60 cm ad intervalli di 120 cm entro le strisce di raccordo.

STRADE LOCALI

Strisce continue di margine della carreggiata di larghezza pari a 12 cm;

Strisce discontinue di margine per interruzione di linee continue in corrispondenza di accessi laterali o di passi carrabili di larghezza pari a 12 cm, lunghezza pari a 1,00 m, distanziate di 1,00 m;

Zebrature di incanalamento sulle cuspidi di larghezza pari a 60 cm ad intervalli di 120 cm entro le strisce di raccordo.

6.2 Segnaletica verticale

Per quanto concerne la segnaletica verticale, sono state previste le seguenti tipologie di cartelli di serie normale con pellicola di classe 2 o classe 2 speciale (come specificato nel dettaglio negli elaborati 1_02C_C16167_NVA0_RA_E_GC_PL_0135_B, 1_02C_C16167_NVA0_RA_E_GC_PL_0149_B):

- Segnali triangolari di prescrizione di lato pari a 120 cm o 90 cm (interna al piazzale);
- Segnali di prescrizione circolari di diametro pari a 90 cm o 60 cm (interna al piazzale);
- Segnali di divieto di diametro pari a 90 cm o 60 cm (interna al piazzale);
- Segnali di obbligo di diametro pari a 90 cm o 60 cm (interna al piazzale);
- Segnali di indicazione generici rettangolari di dimensioni 90 x 135 cm o 60 x 90 cm (interna al piazzale) o 40 x 60 cm;
- Segnali di indicazione dei servizi rettangolari di dimensioni 90 x 135 cm o 60 x 90 cm (interna al piazzale);
- Segnali di indicazione generici quadrati di lato pari a 90 cm o 60 cm (interna al piazzale);
- Segnali di indicazione di dimensioni 150 x 40 cm;
- Pannelli integrativi di dimensioni 105 x 350 cm;

Lungo l'autostrada sono stati installati segnali di indicazione della nuova area di servizio di dimensioni 300x200 cm su portali a bandiera e di dimensioni variabili su monopalo (300 x 225 cm, 450 x 275 cm, 350 x 275 cm). Sulla carreggiata in direzione Torino, verrà installato a circa 100m n prima dello svincolo, un segnale circolare di diam. 90 di limitazione della velocità a 100 km/h.

Segnali di indicazione della nuova area e della collocazione dei nuovi uffici SITAF di dimensioni 225 x 175 cm saranno installati su portali a bandiera anche sulla S.S. 25.

Inoltre è presente un portale con segnali di dimensioni 350 x 200 cm ed un monopalo con segnale di dimensione 175 x 225 cm.

7. SOVRASTRUTTURE E PAVIMENTAZIONI

Il cassonetto stradale adottato per le corsie di accelerazione e decelerazione, le rampe di svincolo, il piazzale Autoporto, la rotatoria R2, ha una profondità costante di 59cm. Tale pacchetto è lo standard adottato sull'intero tratto autostradale, nell'ottica di mantenere uniforme la pavimentazione e la relativa manutenzione

Il pacchetto che costituisce la sovrastruttura stradale risulta così definito:

TIPO A

MANTO DI USURA	4 cm
STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	5cm
BASE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	10 cm
FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO (fondazione legata)	20 cm
SOTTOFONDAZIONE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO	20 cm

Il collegamento tra la nuova e l'esistente sovrastruttura sarà realizzato previa demolizione, di una fascia di 50 cm di larghezza, dell'attuale pavimentazione e la scarifica dello strato di usura per l'intera carreggiata.

La rotatoria 1 sulla statale 25 e la strada di collegamento tra le due rotatorie avrà una pavimentazione di spessore 50 cm così composta:

TIPO B

MANTO DI USURA	3 cm
STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	7cm
BASE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	10 cm
SOTTOFONDAZIONE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO	30 cm

La pavimentazione dei cavalcavia di svincolo sarà così composta:

TIPO C

MANTO DI USURA	4 cm
STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	5 cm

con l'interposizione di uno strato impermeabile, di spessore 1 cm, steso direttamente sull'estradosso della soletta dell'opera.