

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

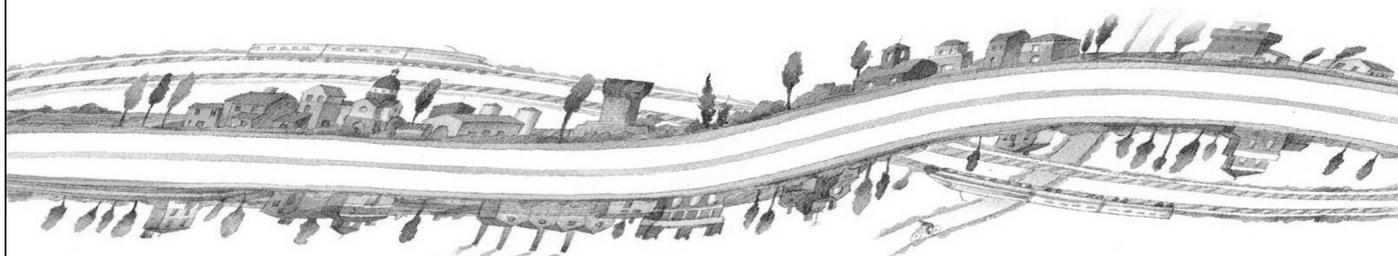
ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' INTERFERITA

V46 - ADEGUAMENTO CAVALCAVIA SS 64 PORRETTANA

RELAZIONE TECNICA



IL PROGETTISTA
Ing. Antonio De Fazio
Albo Ing. Bologna n° 3696

**RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**
Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945

IL CONCESSIONARIO

*Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.*
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi



G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE	LUCARELLI	DE FAZIO	SALSI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

DATA: **MAGGIO 2012**

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
2068	PD	0	V46	VCS46	0	SD	RT	01	A

SCALA: _

INDICE

1	VIABILITA' V46	2
1.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO PLANO ALTIMETRICO	2
1.2	PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONE TIPO	7
1.3	INTERSEZIONI IN ROTATORIA	9
1.4	CRITERI PROGETTUALI PRINCIPALI	11
1.4.1	<i>Caratteristiche planimetriche</i>	11
1.4.2	<i>Caratteristiche altimetriche</i>	16
1.4.3	<i>Analisi di visibilità</i>	19
1.4.4	<i>Rappresentazione dei risultati</i>	22
2	VERIFICA DELLA FUNZIONALITA DELLA ROTATORIA	24
2.1	DATI SUI FLUSSI DI TRAFFICO	24
2.1.1	<i>Verifica funzionale</i>	25
2.2	ANALISI DELLA VISIBILITÀ	27
2.3	ANALISI DELL'ANGOLO DI DEVIAZIONE.....	29
3	BARRIERE DI SICUREZZA	31
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	31
3.1.1	<i>Campo di applicazione del D.M. 223/1992 e s.m.i.</i>	31
3.1.2	<i>Dispositivi di ritenuta impiegabili</i>	31
3.1.3	<i>Criteri di scelta delle tipologie di classi dei dispositivi di ritenuta</i>	32
3.1.4	<i>Definizione delle tipologie e classi dei dispositivi di ritenuta</i>	35
3.2	ANALISI DEI FLUSSI.....	35
3.2.1	<i>Asse principale</i>	35
3.3	MODALITÀ DI INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE DA BORDO LATERALE E BORDO PONTE	36
3.3.1	<i>Richiami normativi</i>	36
4	PROGETTO DELLA SEGNALETICA.....	39

1 VIABILITA' V46

1.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO PLANO ALTIMETRICO

L'intervento si colloca nel comune di Ferrara e costituisce il risezionamento del tratto di SS.64 Porrettana per un tratto posto a monte ed a valle del Cavalcavia di superamento dell'attuale "Raccordo Autostradale Ferrara Porto Garibaldi.

L'intervento prevede inoltre una viabilità di collegamento tra la Tangenziale Ovest del Capoluogo e la viabilità storica costituita dalla S.S. n°64 "Porrettana". L'intervento in oggetto comprende la realizzazione di un tratto di nuova viabilità posto a nord dell'asse autostradale che dalla rotatoria C11-2 (compresa in un altro intervento) raggiungerà una nuova intersezione a rotatoria (V46-1) posta in corrispondenza alla confluenza sull'esistente S.S. n°64 "Porrettana".

La nuova viabilità si propone di costituire un'integrazione dell'asse Ovest della Tangenziale Ovest di Ferrara consentendo l'istadamento dei flussi di traffico generati dalle attività presenti in quel quadrante sulla nuova viabilità.

Dal punto di vista planimetrico il tratto di "Porrettana" in risezionamento si sviluppa a partire da circa 323 metri dall'asse dell'autostrada "cispadana". Questo prosegue poi con una curva a destra di raggio 200 m a cui segue un tratto in rettilineo lungo 115,64 m, con il quale il tracciato attraversa l'autostrada perpendicolarmente.

Il Tracciato prosegue con una ampia curva circolare a sinistra di raggio 1900 m. a cui seguono un tratto in rettilineo, $l=40,51$ m., un tratto con curva a sinistra di raggio 450 m. ed un breve tratto rettilineo con cui l'asse si congiunge alla rotatoria di incrocio con Via Trasvolatori atlantici.

Dal punto di vista altimetrico la pendenza della livelletta di accesso al cavalcavia da sud, presenta una pendenza del 2,82% e si raccorda al tratto che precede con raccordo altimetrico di 3500 m.

La rampa nord è suddivisa in due tratti a pendenza rispettivamente di 3,29% e 1,63%, raccordati tra loro con curva di 4000 m.

Nel tratto di tracciato coincidente con il cavalcavia la liveletta presenta pendenza nulla; i raccordi verticali hanno raggi di 2300 m.

La bretella di collegamento presenta giacitura prevalente ovest-es e i capisaldi risultano individuati dall'innesto sulla rotatoria (C11-R2, facente parte della viabilità C11), posta sull'asse della *Tangenziale Ovest*, e dalla rotatoria posta sulla S.S.n°64 "Porrettana" (V46-R1).

Tale viabilità si compone planimetricamente di un unico rettilineo lungo 462,18 m.

Altimetricamente il tratto in oggetto è praticamente orizzontale, ricalcando esattamente la strada esistente, salvo per i tratti posti alle estremità per consentire il raccordo con le due rotonde poste sulle strade esistenti.

Entrambe le rampe di raccordo alle rotonde presenti alle estremità hanno pendenze pari al 2% e raccordi verticali pari a 2000m.

In particolare, gli interventi si possono riassumere nei seguenti tratti:

- Risezionamento della SS. "Porrettana" con relativo rifacimento del Cavalcavia di superamento del Raccordo Autostradale Ferrara Porto Garibaldi, adottando categoria stradale C2;
- Realizzazione di un tratto di viabilità di collegamento, con caratteristica di Categoria C1, tra l'innesto sulla rotonda C11-2 (non facente parte del presente intervento) posta sull'asse della *Tangenziale Ovest* e la rotonda "V46-1" posta sull'intersezione con la S.S.n°64 "Porrettana". L'asse progettuale inserito nell'intervento è: asse V46-A;
- Nuova rotonda "V46-1" a raso, posizionata in corrispondenza all'intersezione della nuova viabilità con la S.S.n°64 "Porrettana" e a questa raccordata.

Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: asse V46-A, V46-1-B, e V46-C e V46-D.

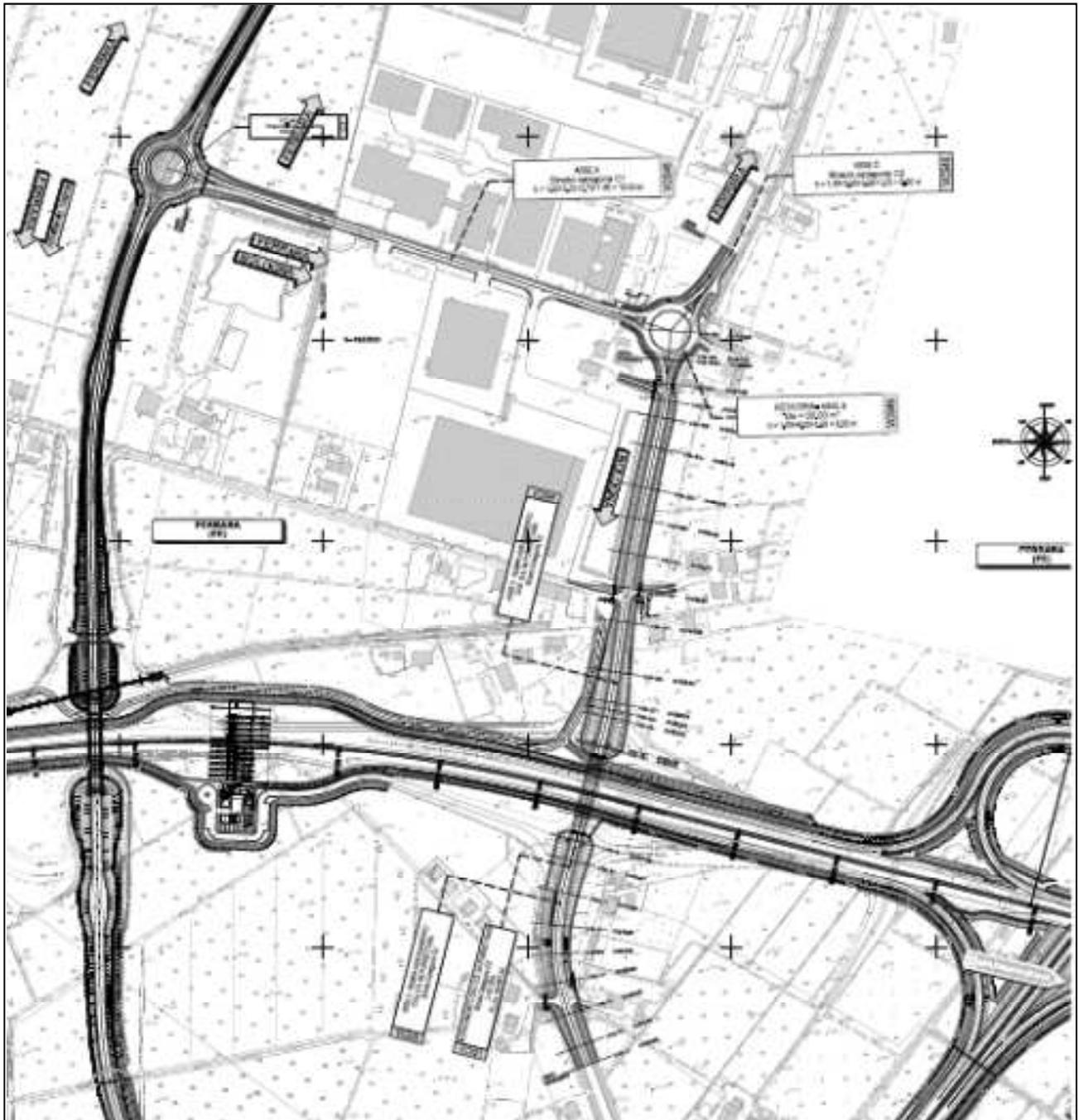


figura 1-1 - Planimetria

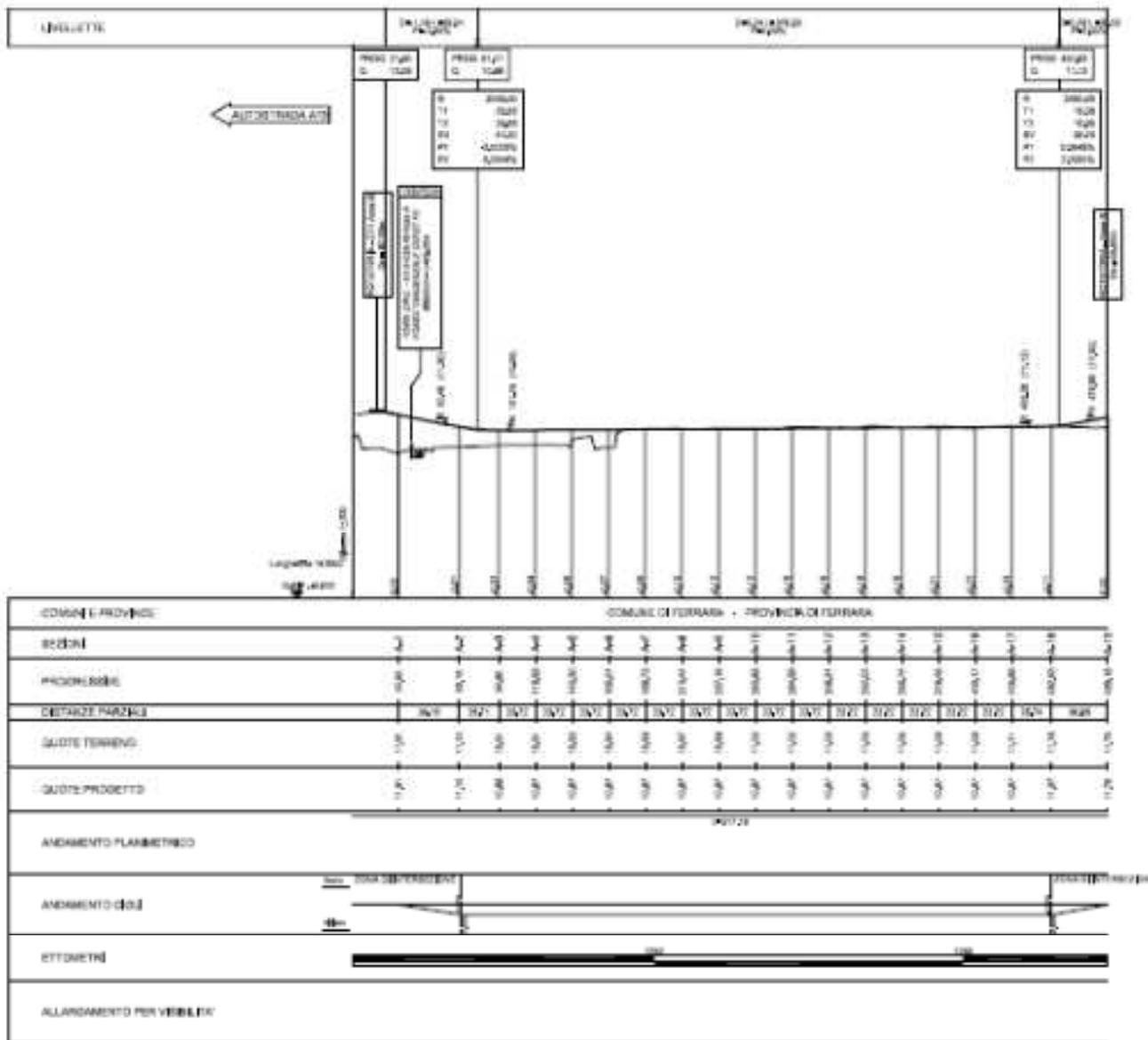


figura 1-3 - Profilo altimetrico Asse A

1.2 PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONE TIPO

La viabilità V46 – Cavalcavia VCV21 nel tratto in risezionamento della S.S.64 “Porrettana”, in Provincia di Ferrara”, viene realizzata con una piattaforma stradale di tipo:

CATEGORIA C2

Per le strade di categoria C2 la piattaforma è costituita da due corsie per senso di marcia oltre alla banchina per una larghezza della carreggiata stradale pari a 9,50 m. La pendenza trasversale in rettilineo corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia. Le due corsie sono di larghezza pari a 3,50 m, la banchina è di larghezza pari a 1,25 m (fig.1-4).

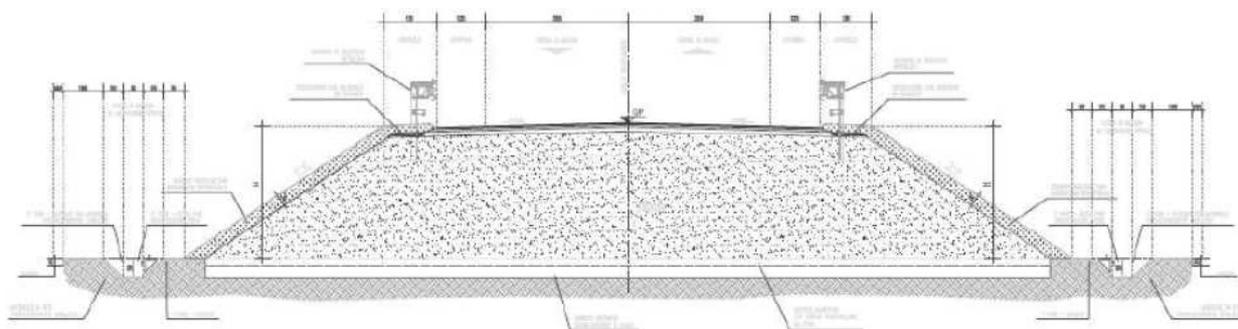


figura 1-4 - Sezione in rettilineo

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito. 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 (fig. 1-5).

Nelle sezioni in curva è ammessa una pendenza massima del 7,0 %.

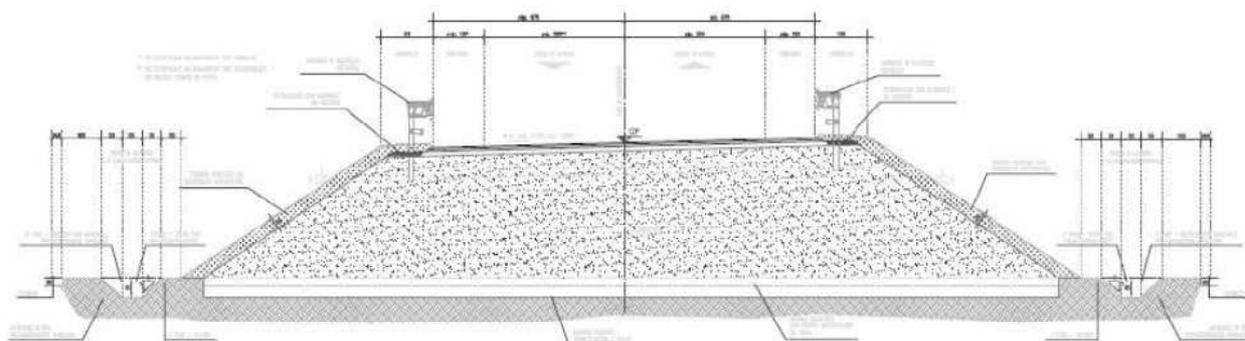


figura 1-5 - Sezione in curva tipologica C2

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano la larghezza corrente della carreggiata; in alcuni punti del tracciato, a causa della composizione plano-altimetrica e della velocità di progetto, si è reso necessario operare allargamenti della sede stradale al fine di garantire le visuali libere per l'arresto.

Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

In corrispondenza dell'opera d'arte la piattaforma mantiene inalterate le sue dimensioni prevedendo lateralmente la realizzazione di marciapiedi di servizio per l'installazione delle barriere di sicurezza e delle reti di protezione.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari a 2/3, e il fosso laterale dovrà prevedere le stesse caratteristiche o essere sostituito da un collettore; in approccio alle intersezioni a raso questa configurazione consente di non installare la barriera di sicurezza garantendo la richiesta distanza di visibilità. Le scarpate sono previste inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Per la formazione del rilevato è prevista la preparazione del piano di posa con la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm (scotico) e bonifica mediante stabilizzazione a calce. Nei tratti in rilevato e in corrispondenza delle intersezioni a raso la sovrastruttura stradale prevede la seguente composizione.

Strato d'usura 4 cm

Binder 5 cm

Base 11 cm

Per il calcolo delle pavimentazioni e relativa stratigrafia si rimanda al documento progettuale: Codice Elaborato PD_0_D03_DCS03_0_SD_RC_01_A

1.3 INTERSEZIONI IN ROTATORIA

In corrispondenza dell'intersezione tra la nuova viabilità interferita e la viabilità esistente, costituita dalla S.S.n°64 Porrettana, l'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una rotatoria.

La rotatoria è caratterizzata da raggio interno pari a 19,50 metri (R.est= 28,00 m), con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 8,50 m costituita da una corsia giratoria di 6,00 m affiancata da banchine in destra pari a 1,50 metri e sinistra pari a 1,00 metro. La pendenza trasversale corrente è pari al 2% verso l'esterno.

L'isola centrale sarà delimitata da cordoli in cls a sezione trapezia. La sistemazione a verde della stessa avverrà con terreno di riporto proveniente dagli scavi ed arredata per mezzo specie arboree ed arbustive per la cui definizione si rimanda agli elaborati specifici.

Lungo il perimetro esterno sono previsti elementi marginali analoghi a quelli adottati per il tracciato principale: costituiti da un arginello inerbito di larghezza pari a 1,30 metri. Le scarpate saranno realizzate con pendenza al 2/3 e rivestite da uno strato di terreno vegetale dello spessore di 30 cm (figura 1.7).

Per i rami di ingresso ed uscita delle rotatorie, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,50 m e 6,50 m così composta:

Corsia in entrata L= 3,50 m;

Corsia in uscita L= 4,50 m;

Banchina in Sx L= 0,50 m;

Banchina in Dx L= 1,50 m.

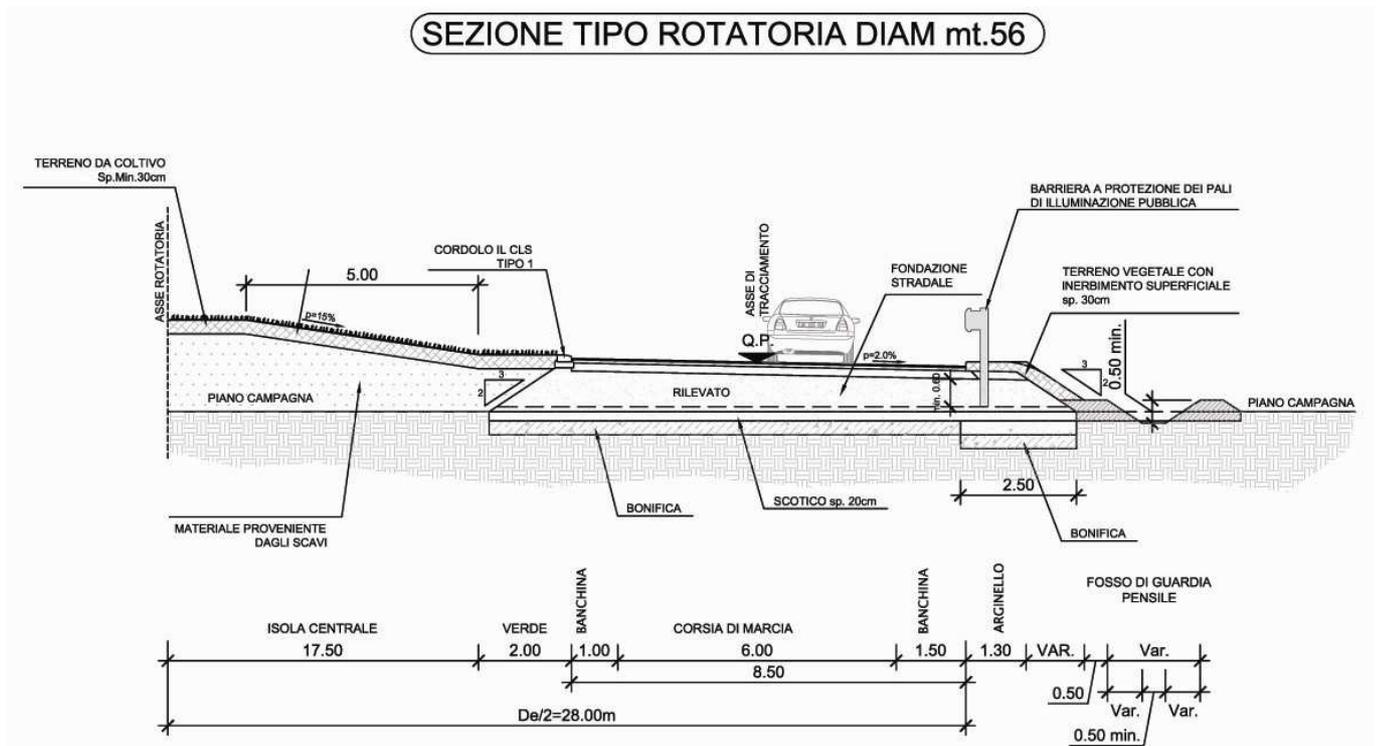


Figura 1.7 Sezione tipo in rotatoria – D.e. 56 m.

ROTATORIA	INTERSEZIONI CON STRADE	N° BRACCI	Raggio esterno (m)
V46-1	Trasvolatori Atlantici	3	56,00

Tali geometrie consentono velocità nell'anello ridotte allo scopo di garantire un'adeguata sicurezza della circolazione a tutte le tipologie di utenti della strada ed una migliore protezione degli utenti "deboli".

Le intersezioni a rotatoria è prevista illuminate con pali lungo il contorno esterno delle rotatorie secondo le indicazioni riportate nella relazione specifica sugli impianti, al fine di non costituire un ostacolo in caso di svio di un veicolo verso il centro della rotatoria stessa.

1.4 CRITERI PROGETTUALI PRINCIPALI

1.4.1 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

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

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane secondarie TIPO C

(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 a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**;

(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 in Tabella 1; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettilivo considerato.

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

Tabella 1 – Lunghezza minima dei rettilivi in relazione alla velocità

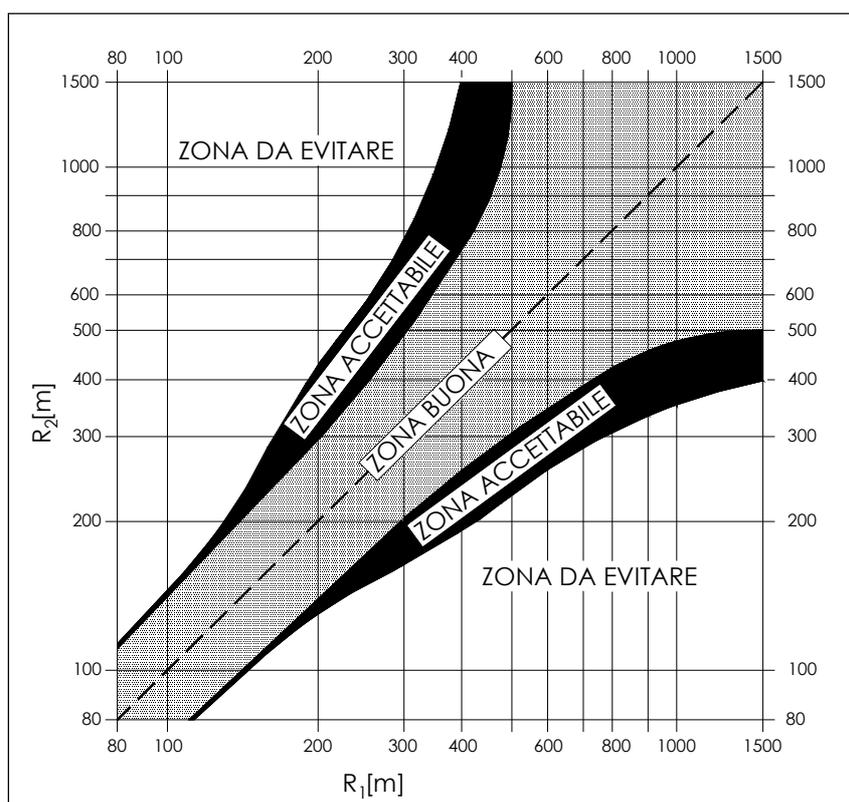


Figura 1.8 Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(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).

(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)*

Critero 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:

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

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 R_1 è il raggio minore ed R_2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

VERTICE 3

COORDINATA VERTICE EST	: 247939.3409	ANGOLO AL VERTICE	: 195.4963
COORDINATA VERTICE NORD	: 196089.7976	ANGOLO AL CENTRO	: 4.5037
Azimut retta entrata	: 10.5304	Azimut retta uscita	: 15.0342
Lunghezza retta entrata	: 50.5901	Lunghezza retta uscita	: 40.5092

CURVA CIRCOLARE

SENSO DELLA CURVA	: DESTRO
ANGOLO AL VERTICE	: 195.4963
ANGOLO AL CENTRO	: 4.5037
RAGGIO CURVA	Rg : 1900.0000
TANGENTE	Tc : 67.2351
SVILUPPO CURVA	Sc : 134.4142
BISSETTRICE	Bs : 1.1892
COORDINATE CENTRO EST	: 249802.3363
COORDINATE CENTRO NORD	: 195710.6289

UN.MIS.ANGOLI : CENT. - UN.MIS.LUNGHEZZE : METRI LIN. - LARG.PIATTAFORMA : 9.50

VERTICE 4

COORDINATA VERTICE EST	: 247975.4968	ANGOLO AL VERTICE	: 191.0218
COORDINATA VERTICE NORD	: 196240.0425	ANGOLO AL CENTRO	: 8.9782
Azimut retta entrata	: 15.0342	Azimut retta uscita	: 6.0559
Lunghezza retta entrata	: 40.5092	Lunghezza retta uscita	: 22.6996

CURVA CIRCOLARE

SENSO DELLA CURVA	: SINISTRO
ANGOLO AL VERTICE	: 195.2659
ANGOLO AL CENTRO	: 4.7341
RAGGIO CURVA	Rg : 450.0000
TANGENTE	Tc : 16.7394
SVILUPPO CURVA	Sc : 33.4634
BISSETTRICE	Bs : 1.2046
COORDINATE CENTRO EST	: 247530.4679
COORDINATE CENTRO NORD	: 196314.4393

1.4.2 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 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:

- Rv = 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
- h1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma h1 = 1.10 m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone h2 = 0.10 m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone h2 = 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.

VERIFICA RACCORDI VERTICALI DATA PAG. 1
Asse n. 4 cispadana Tipo strada C2 - Extraurbana secondaria Velocita'di progetto 70-70

PROGRESSIVA (m)	RAGGIO DI RACCORDO (m)	VELOCITA' (Km/h)	DISTANZA DI ARRESTO (m)	RAGGIO MINIMO (m)	VERIFICA
62.047	3500.000	70.	88.457	1914.253	OK
234.000	2300.000	70.	86.616	1153.337	OK
323.411	2300.000	70.	89.341	1804.707	OK
449.698	4000.000	70.	93.432	2048.596	OK
552.630	5000.000	70.	91.575	1998.358	OK
712.620	0.000	70.	89.632	0.000	OK
712.620	0.000	70.	89.341	0.000	OK
552.630	5000.000	70.	89.118	1932.067	OK
449.698	4000.000	70.	87.634	1892.095	OK
323.411	2300.000	70.	86.214	1595.273	OK
234.000	2300.000	70.	89.341	1362.760	OK
62.047	3500.000	70.	92.905	2034.346	OK

VERTICI VERTICALI - PROF.N. 1

PROGRESSIVA	QUOTA	RAGGIO	NOME VERTICE	TIPO RACCORDO
0.000	13.522	0.00		CIRCOLARE
62.030	14.046	3500.00		PARABOLICO
233.980	18.520	2300.00		PARABOLICO
323.390	18.520	2300.00		PARABOLICO
449.687	14.749	4000.00		PARABOLICO
552.619	13.070	5000.00		PARABOLICO
644.611	12.978	0.00		CIRCOLARE

UN.MIS.LUNGHEZZE : METRI LINEARI
LE TANGENTI SONO RIDOTTE ALL'ORRIZZONTE
RAGGIO RACCORDO : (A) CONVESSO - (B) CONCAVO - (N) NULLO

VERTICI	PROGRES.	QUOTE	LUNGH.	DISL.	PEND.	RAGGIO	TANG.	FR.	LUNGHEZZA
	0.000	13.522							
	62.030	14.046	62.030	0.524	0.00845				
				(B)		3500.	30.744 30.753	0.135	61.486
	233.980	18.520	171.950	4.474	0.02602				
				(A)		2300.	29.916	-0.195	59.821
	323.390	18.520	89.410	0.000	0.00000				
				(A)		2300.	34.337 34.352	-0.256	68.674
	449.687	14.749	126.297	-3.771	-0.02986				
				(B)		4000.	27.107 27.098	0.092	54.189
	552.619	13.070	102.932	-1.679	-0.01631				
				(B)		5000.	38.279 38.274	0.147	76.548
	644.611	12.978	91.992	-0.092	-0.00100				

1.4.3 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 nello stesso testo della norma stessa, vedi anche **Tabella 2**), riferito a condizioni di strada bagnata.

VELOCITA' (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
f_l	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Tabella 2 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

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:

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

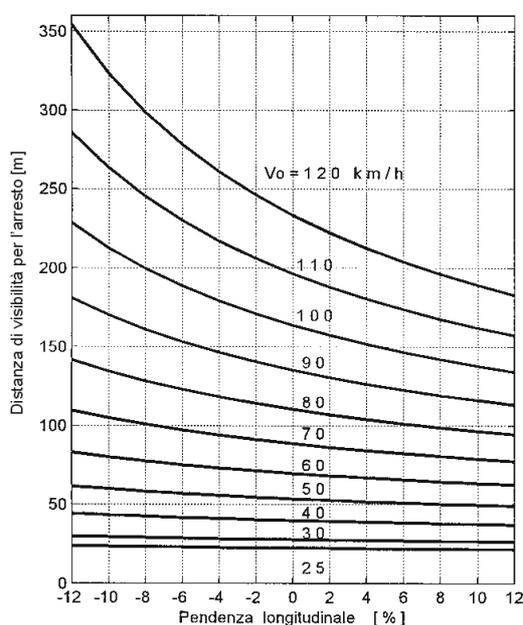
dove:

- 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:

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

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.

1.4.4 Rappresentazione dei risultati

I risultati delle analisi sono riportati in forma tabulare nel capitolo che segue ed in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto definitivo, nei quali sono riassunti, in funzione dello sviluppo longitudinale della strada, le seguenti informazioni:

- progressive;
- distanze ettometriche;
- andamento planimetrico;
- andamento altimetrico (profilo longitudinale);
- diagramma delle distanze di visuale libera e di visibilità per l'arresto e per il sorpasso per entrambi i sensi di marcia;
- diagramma delle velocità di progetto costruito secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001;
- rappresentazione grafica delle situazioni a norma (tratti in verde), fuori norma (tratti in rosso).

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche, sviluppati separatamente per le due corsie di marcia, vengono riportate le analisi di visuale libera svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva.

Si riportano esclusivamente i tabulati dell'asse C relativo al risezionamento della SS. 64 "Porrettana", essendo l'asse A un rettilineo posto in corrispondenza della viabilità esistente (Via Trasvolatori Atlantici).

VERIFICA DIAGRAMMA DELLE VISIBILITA' PER L'ARRESTO DATA PAG. 1
Asse n. 4 cispadana Tipo strada C2 - Extraurbana secondaria Velocita' di progetto 70-70
Larghezza carreggiata 9.50-Spostam.raggio di marcia 1.75-Distanza ostacolo sinistra -4.75-Distanza ostacolo destra 4.75
Altezza punto di vista 1.10 - Altezza ostacolo 0.10

PROGRESSIVA (m)	VELOCITA' (Km/h)	VISIBILITA' PLANIMETRICA (m)	VISIBILITA' ALTIMETRICA (m)	VISIBILITA' MINIMA (m)	DISTANZA DI ARRESTO (m)	VERIFICA
0.000	70.	114.000	248.000	114.000	88.457	OK
31.286	70.	95.486	214.000	95.486	88.424	OK
60.000	70.	88.000	183.663	88.000	87.598	OK
62.047	70.	88.000	181.500	88.000	87.537	OK
77.428	70.	88.000	166.250	88.000	87.077	OK
80.000	70.	88.000	164.034	88.000	87.000	OK
88.354	70.	89.671	156.837	89.671	86.750	OK
92.808	70.	91.404	153.000	91.404	86.638	OK
113.934	70.	257.673	135.398	135.398	86.616	OK
130.000	70.	500.000	123.533	123.533	86.616	OK
135.060	70.	420.054	119.796	119.796	86.616	OK
150.904	70.	319.553	109.345	109.345	86.616	OK
156.186	70.	311.103	107.194	107.194	86.616	OK
161.467	70.	303.093	103.544	103.544	86.616	OK
166.749	70.	296.227	101.893	101.893	86.616	OK
172.030	70.	289.970	101.243	101.243	86.616	OK
174.671	70.	287.329	100.917	100.917	86.616	OK
177.311	70.	284.689	102.592	102.592	86.616	OK
196.113	70.	270.943	117.000	117.000	86.616	OK
220.000	70.	263.000	109.662	109.662	87.341	OK
233.162	70.	321.386	105.618	105.618	87.940	OK
251.686	70.	449.518	99.927	99.927	88.784	OK
260.948	70.	461.078	97.082	97.082	89.203	OK
270.000	70.	500.000	96.255	96.255	89.341	OK
270.211	70.	500.000	96.236	96.236	89.341	OK
272.677	70.	500.000	97.206	97.206	89.341	OK
275.144	70.	500.000	100.177	100.177	89.341	OK
289.946	70.	500.000	500.000	500.000	89.515	OK
422.575	70.	500.000	500.000	500.000	93.406	OK
476.821	70.	500.000	500.000	500.000	91.645	OK
517.192	70.	500.000	500.000	500.000	91.523	OK
588.069	70.	500.000	500.000	500.000	89.700	OK
740.620	70.	500.000	500.000	500.000	89.341	OK

VERIFICA DIAGRAMMA DELLE VISIBILITA' PER L'ARRESTO DATA PAG. 2
 Asse n. 4 cispadana Tipo strada C2 - Extraurbana secondaria Velocita' di progetto 70-70
 Larghezza carreggiata 9.50-Spostam.raggio di marcia 1.75-Distanza ostacolo sinistra -4.75-Distanza ostacolo destra 4.75
 Altezza punto di vista 1.10 - Altezza ostacolo 0.10

PROGRESSIVA (m)	VELOCITA' (Km/h)	VISIBILITA' PLANIMETRICA (m)	VISIBILITA' ALTIMETRICA (m)	VISIBILITA' MINIMA (m)	DISTANZA DI ARRESTO (m)	VERIFICA
740.620	70.	121.000	448.000	121.000	89.341	OK
730.620	70.	119.000	437.250	119.000	89.341	OK
700.620	70.	387.000	404.998	387.000	89.118	OK
588.069	70.	275.938	284.000	275.938	89.066	OK
568.685	70.	253.872	262.395	253.872	88.712	OK
552.630	70.	237.010	244.500	237.010	88.376	OK
517.192	70.	199.572	207.000	199.572	87.686	OK
476.821	70.	160.581	166.000	160.581	87.570	OK
463.260	70.	149.112	151.750	149.112	87.279	OK
449.698	70.	140.447	139.500	139.500	86.924	OK
436.137	70.	133.655	127.250	127.250	86.568	OK
430.620	70.	132.000	123.080	123.080	86.424	OK
422.575	70.	278.415	117.000	117.000	86.267	OK
420.620	70.	314.000	115.856	115.856	86.231	OK
398.805	70.	291.003	103.096	103.096	86.214	OK
386.919	70.	277.929	98.144	98.144	86.214	OK
383.948	70.	274.661	96.406	96.406	86.214	OK
380.977	70.	271.392	96.669	96.669	86.214	OK
378.005	70.	268.124	95.931	95.931	86.214	OK
375.034	70.	264.856	97.193	97.193	86.214	OK
356.876	70.	245.256	116.000	116.000	86.317	OK
323.319	70.	215.429	107.421	107.421	87.782	OK
306.541	70.	201.329	102.131	102.131	88.546	OK
298.151	70.	193.778	100.486	100.486	88.928	OK
293.957	70.	190.003	100.664	100.664	89.119	OK
289.762	70.	186.228	102.841	102.841	89.216	OK
287.528	70.	184.217	105.486	105.486	89.260	OK
285.293	70.	182.206	110.131	110.131	89.304	OK
283.617	70.	180.698	116.364	116.364	89.337	OK
282.779	70.	179.943	120.481	120.481	89.341	OK
281.942	70.	179.189	126.598	126.598	89.341	OK
280.003	70.	177.507	198.577	177.507	89.341	OK
271.887	70.	171.013	500.000	171.013	89.346	OK
180.620	70.	117.000	500.000	117.000	92.905	OK
170.620	70.	117.000	500.000	117.000	92.905	OK
130.620	70.	500.000	500.000	500.000	92.905	OK
92.808	70.	500.000	500.000	500.000	92.905	OK
31.286	70.	500.000	500.000	500.000	90.498	OK
0.000	70.	500.000	500.000	500.000	90.498	OK

I diagrammi di velocità e visibilità asta principale sono riportati nei documenti codice:

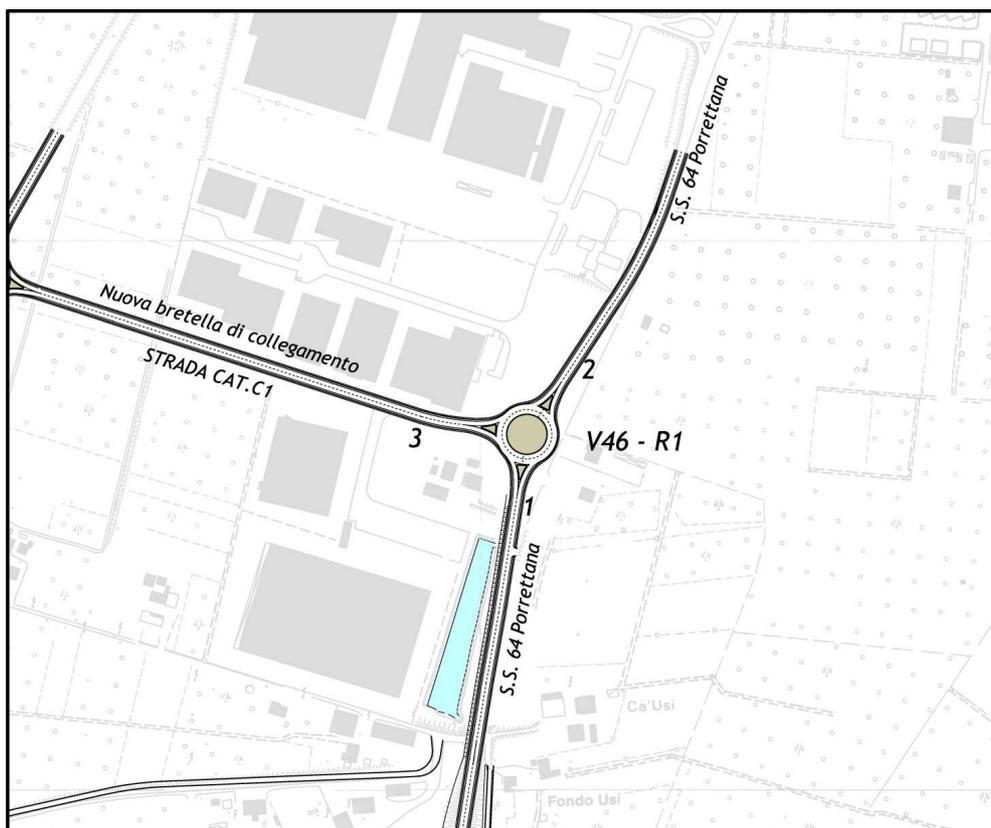
PD_0_V46_VCS46_0_SD_DV_01_A

PD_0_V46_VCS46_0_SD_DV_02_A

2 VERIFICA DELLA FUNZIONALITA DELLA ROTATORIA

2.1 DATI SUI FLUSSI DI TRAFFICO

Si riporta di seguito lo stralcio planimetrico dei rami di immissione in rotatoria.



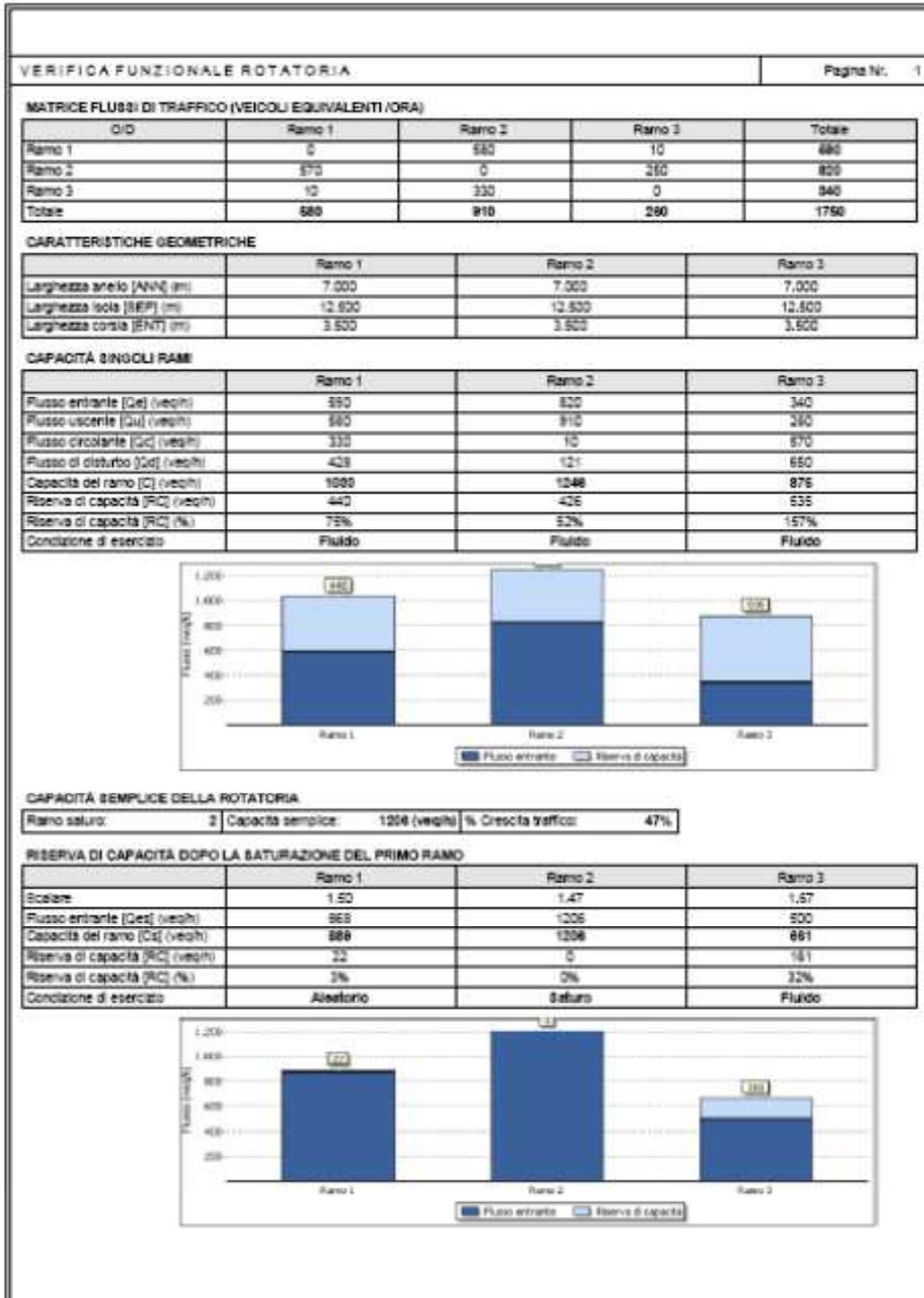
Stralcio planimetrico Rotatoria

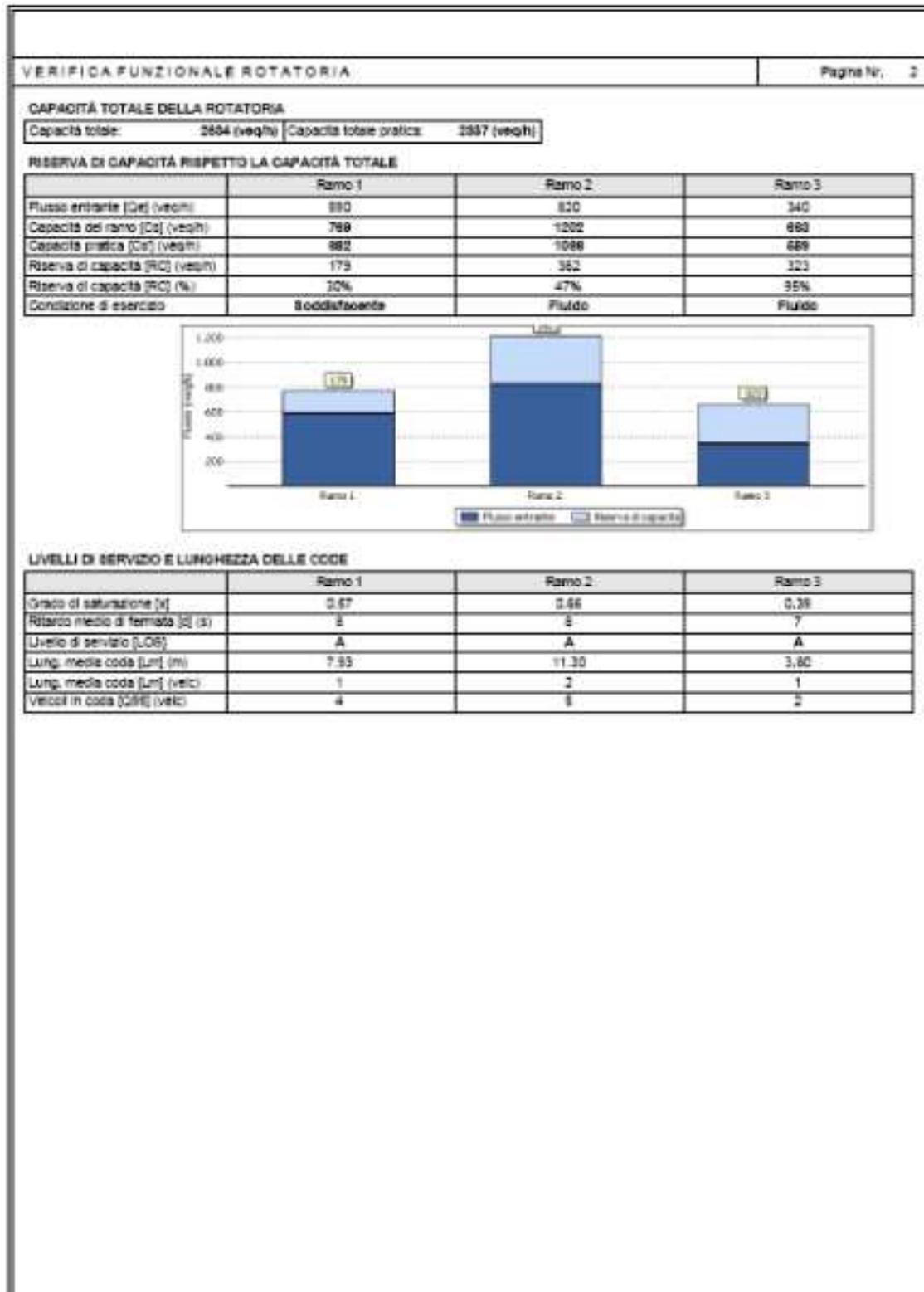
Si riportano di seguito i dati di traffico

V46-R1

		Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)			
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
2	1	450	60	510	570
2	3	170	40	210	250
1	2	400	90	490	580
1	3	0	0	0	0
3	2	230	50	280	330
3	1	0	0	0	0

2.1.1 Verifica funzionale





2.2 ANALISI DELLA VISIBILITÀ

Rotatoria “V46-1”, posta sull’intersezione tra la S.S.64 “Porrettana” e la bretella di collegamento, in progetto, con la Tangenziale Ovest di Ferrara, in fase di realizzazione.

La rotatoria “V46-1” presenta una larghezza dell’anello giratorio pari a 8,50 m composto da una banchina da 1,00 m in SX e una da 1,50 m DX con una corsia di circolazione pari a 6.00 m.

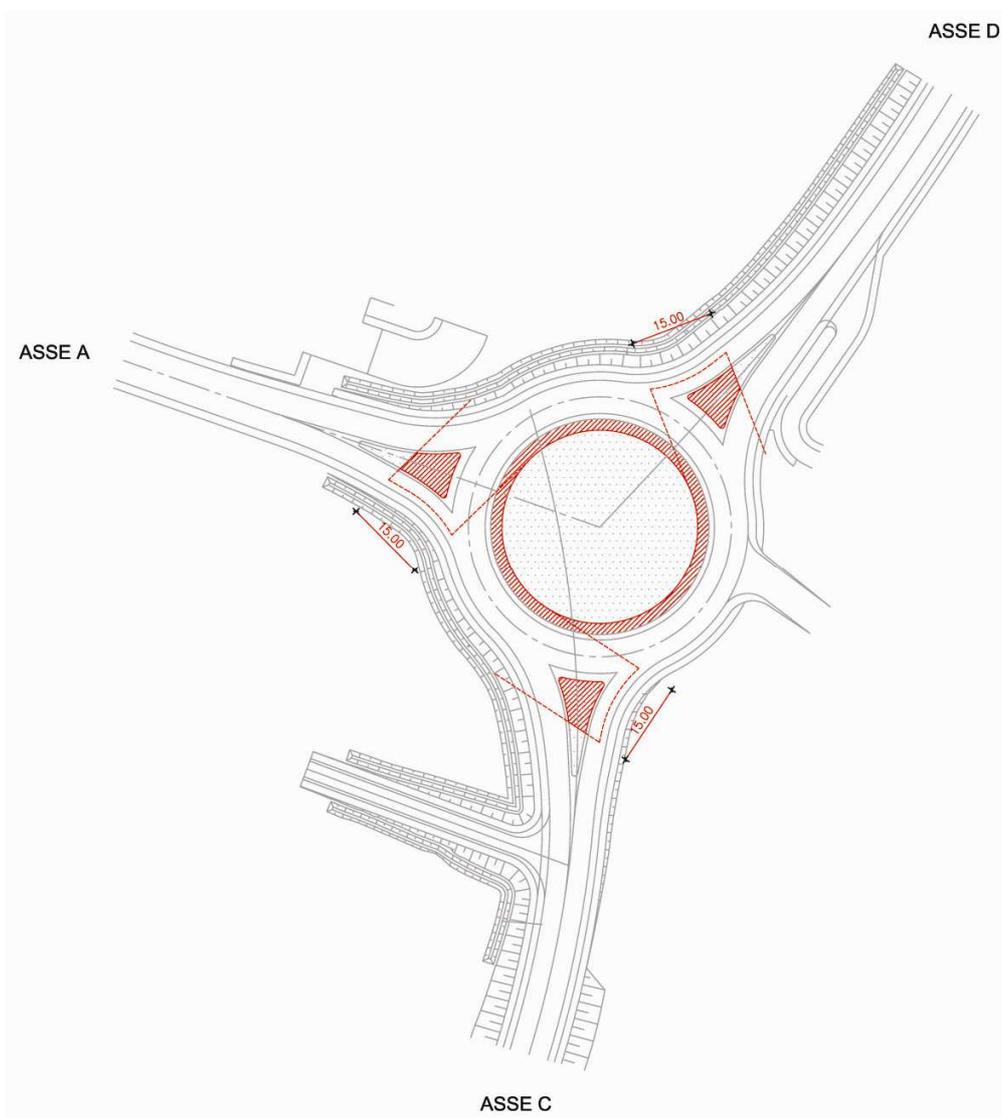
L’analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali.

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 mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l’altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Nella corona giratoria è stato previsto comunque di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo una fascia di larghezza pari a 2.0m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile. 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.

Verifica visibilità Rotatoria “V46-1”:



Dalle verifiche sopra effettuate si evince che nelle aree evidenziate non sono presenti ostacoli che impediscono la visibilità dei veicoli in ingresso in rotonda.

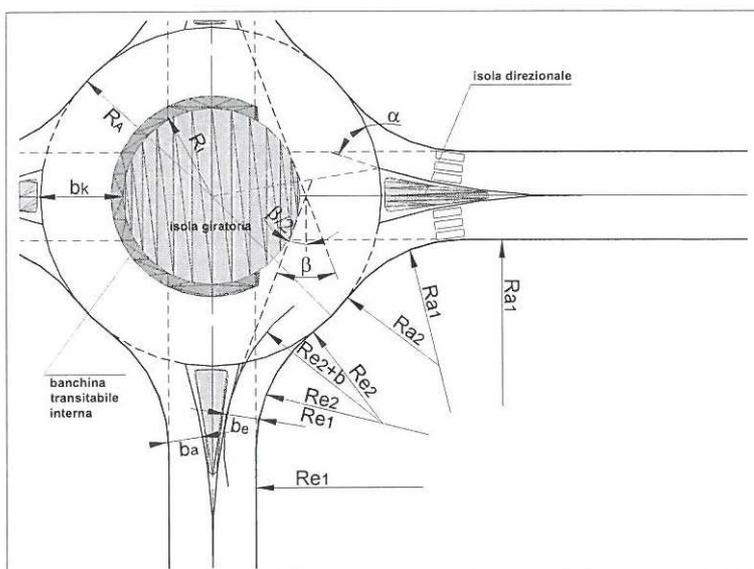
Relativamente a dette aree, il progetto non prevede l'installazione di alcun dispositivo o la realizzazione di alcun manufatto che non consenta all'utente in approccio alla rotonda di non avere una corretta percezione del quarto di anello alla sua sinistra.

Pertanto si ritengono verificate le rotonde relativamente alle visuali libere.

2.3 ANALISI DELL'ANGOLO DI DEVIAZIONE

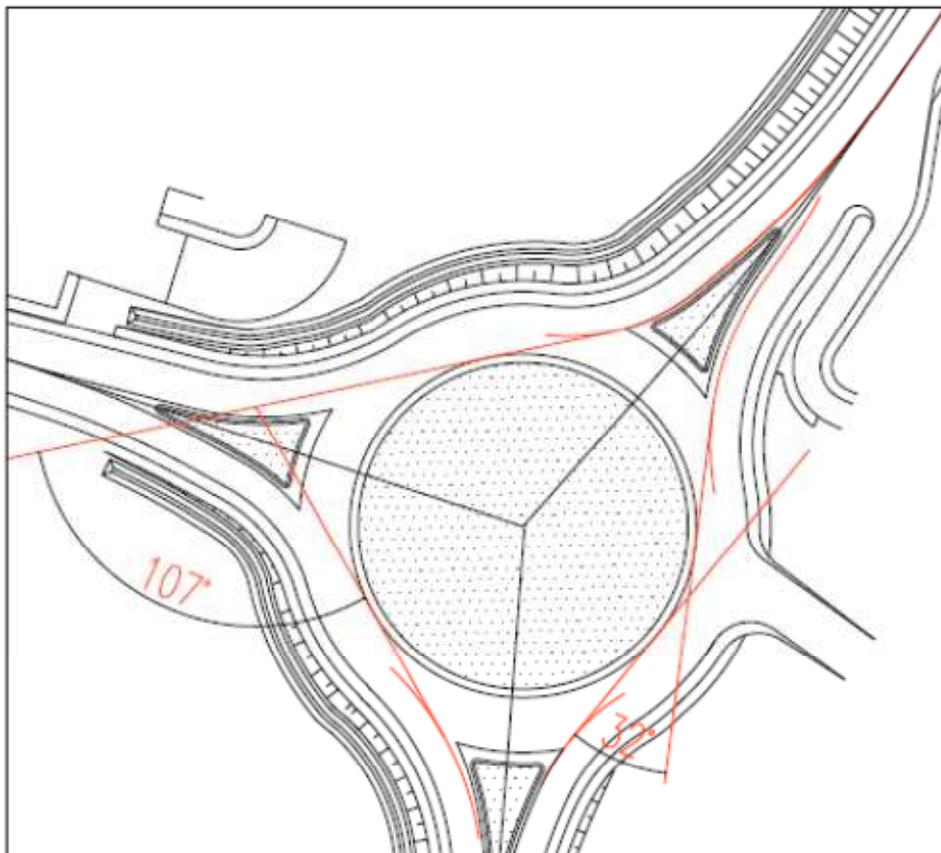
Il criterio principale per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati dall'isola 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°



Elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie

Verifica angolo di deviazione Rotatoria "V46-1":



L'angolo di deviazione nella direzione Nord-Sud è verificata, mentre nell'altra direzione l'angolo di deviazione risulta inferiore a quello raccomandato in Normativa, in quanto esistono condizioni al contorno, quali fabbricati ed opere civili, che non consentono il rispetto del valore raccomandato.

3 BARRIERE DI SICUREZZA

3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1.1 Campo di applicazione del D.M. 223/1992 e s.m.i.

Il campo di applicazione della normativa in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali è definito dall'art. 2 comma 1 del D.M. 223/1992 e riguarda i progetti esecutivi relativi alle strade ad uso pubblico extraurbane ed urbane che hanno velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h. Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h.

La velocità di progetto di ciascun arco stradale oggetto di progettazione è stata determinata in relazione alla classe funzionale, riportata all'art. 2 comma 2 del D.Lgs. 285/1992 "Nuovo Codice della Strada" ed alle sue caratteristiche planimetriche (raggio di curvatura), indipendentemente dalla eventuale imposizione di un limite di velocità sul tratto stradale oggetto di intervento. Nel caso di interventi da realizzare su strade esistenti, la velocità di progetto è stata calcolata per assimilazione, sulla base di quanto previsto dal D.M. 5.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e s.m.i. per la medesima classe funzionale e raggio planimetrico della tratta.

Per la parte attinente l'impiego dei dispositivi di ritenuta, sono stati adottati i criteri dettati dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 che sostituiscono e aggiornano tutte le istruzioni tecniche precedenti.

Il progetto definitivo prevede, oltre alla presente relazione, anche degli elaborati grafici che completano la progettazione sull'utilizzo delle barriere di sicurezza. In particolare, sono previsti i seguenti elaborati:

Planimetria di progetto barriere – Codice: PD_0_V35_VCS35_0_SD_PP_02_A

3.1.2 Dispositivi di ritenuta impiegabili

Secondo quanto previsto dal quadro normativo i dispositivi di ritenuta che possono essere impiegati nel presente progetto sono:

- Le barriere di sicurezza dotati di marcatura CE ai sensi della norma EN 1317-5;
- I terminali speciali testati:
 - a) omologati ai sensi del decreto ministeriale 21.6.2004;
 - b) non omologati ma rispondenti alle norma UNI ENV 1317-4. In questo caso l'impiego è subordinato alla verifica di rispondenza alla norma UNI ENV 1317-4 che gli enti appaltanti

devono eseguire richiedendo preventivamente i rapporti di 'crash test' al riguardo necessari, rilasciati da campi prova certificati secondo le norme ISO EN 17025.

3.1.3 Criteri di scelta delle tipologie di classi dei dispositivi di ritenuta

Conformemente a quanto contenuto nel DM 2367 del 21.06.2004, indicazioni riprese nella Circolare esplicativa prot. 62032 in merito a "L'uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione, impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni" sono stati protetti i seguenti elementi del margine stradale:

- i margini di tutte le opere d'arte all'aperto, quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza sul piano di campagna;
- il margine stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m le cui scarpate abbiano pendenza maggiore o uguale a 2/3;
- gli ostacoli fissi che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto.

La scelta della categoria minima dei dispositivi di sicurezza installati l'ungo le viabilità di progetto è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 2367, a seconda della destinazione e ubicazione, della categoria e dell'andamento piano altimetrico dell'infrastruttura stradale ed infine considerando le caratteristiche e la composizione delle correnti veicolari che la percorreranno tanto in termini quantitativi, riferendosi al Traffico Giornaliero Medio (TGM) previsto, quanto qualitativi in termini di categorie veicolari e quantità di veicoli pesanti che le percorreranno.

Pertanto nella definizione del grado di contenimento delle barriere si è fatto riferimento alle seguenti tabelle, contenute nel citato DM 2367, dove la prima definisce il livello di traffico in relazione al TGM e alla percentuale di veicoli pesanti, mentre la seconda definisce il grado di contenimento minimo delle barriere a seconda dell'elemento da proteggere a partire dal tipo di strada e dal livello di traffico atteso.

Livello di Traffico	TGM	% Veicoli con massa > 3.5 t
I	≤ 1000	qualunque
	> 1000	≤ 5
II	> 1000	5 – 15
III	> 1000	> 15

Classificazione dei Livelli di Traffico per la scelta tipologica

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte
Strade extraurbane secondarie (C)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Classificazione progettuale dei dispositivi di sicurezza longitudinali

Il DM2367 classifica le barriere oltre che per la classe di contenimento anche per quanto attiene alla severità dell'urto che viene determinato in base ai valori assunti dagli indici: A.S.I (indice di severità dell'accelerazione), T.H.I.V. (indice di velocità della testa teorica) e P.H.D. (indice di decelerazione della testa dopo l'impatto); tali indici risultano definiti nella norma UNI EN 1317 parti 1 e 2. In base agli indici sopra citati la norma UNI EN 1317-2 individua due classi di severità riassunte nella tabella seguente.

Livello di severità dell'urto	Valori degli indici		
A	ASI ≤ 1.0	THIV ≤ 33 km/h	PHD ≤ 20g
B	ASI ≤ 1.4		

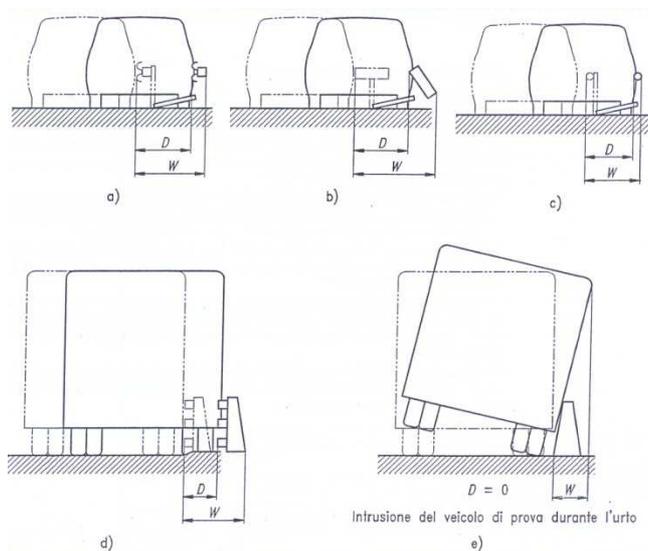
Classificazione delle barriere in termini di severità degli urti

Sempre la norma UNI EN 1317-2 puntualizza:

- *“il livello di severità d'urto A garantisce un maggior livello di sicurezza per gli occupanti di un veicolo che esce di strada rispetto al livello B e viene preferito quando altre considerazioni si equivalgono”;*
- *“in luoghi pericolosi specifici in cui il contenimento di un veicolo che esce di strada (come un camion di trasporto pesante) è la considerazione principale, può essere necessario adottare e installare una barriera di sicurezza senza un livello di severità d'urto specifico. I valori degli indici registrati nella prova della barriera di sicurezza, tuttavia, devono essere citati nel resoconto di prova”.*

Riguardo alla deformabilità si è fatto riferimento ai due seguenti parametri che vengono determinati dalle prove di crash-test:

- La deflessione dinamica ovvero è il massimo spostamento dinamico trasversale del frontale del sistema di contenimento;
- La larghezza operativa (W) ovvero la distanza tra la posizione iniziale del frontale del sistema stradale di contenimento e la massima posizione dinamica laterale di qualsiasi componente principale del sistema.



Deflessione dinamica (D) e Larghezza operativa (W)

Ai fini della limitazione degli effetti dell'urto per gli occupanti dei veicoli leggeri, si sono previste barriere con un indice ASI minore o uguale a 1,0, ad eccezione del tratto in cavalcavia ritenuto particolarmente pericolosi, in cui il contenimento del veicolo in svio diviene un fattore essenziale ai fini della sicurezza, dove saranno utilizzate barriere con un indice ASI fino ad 1,4.

Nella tabella seguente si riporta la classificazione delle barriere di sicurezza in base alla classe di larghezza operativa (W) a cui appartengono.

Classe di appartenenza	W [m]
W1	$W \leq 0,6$
W2	$W \leq 0,8$
W3	$W \leq 1,0$
W4	$W \leq 1,3$
W5	$W \leq 1,7$
W6	$W \leq 2,1$
W7	$W \leq 2,5$
W8	$W \leq 3,5$

Classificazione delle barriere in funzione della larghezza operativa (W)

3.1.4 Definizione delle tipologie e classi dei dispositivi di ritenuta

Nel presente capitolo si illustra la scelta della tipologia e classe di barriere, a partire dai criteri esposti nella sezione precedente.

3.2 ANALISI DEI FLUSSI

Per l'infrastruttura in progetto è stato assunto il tipo di traffico II come definito dal D.M. 2367 del 21/06/2004 considerando il TGM bidirezionale e la percentuale di veicoli pesanti stimati in fase di progettazione definitiva. In particolare, nella tabella seguente vengono riassunte le indagini di traffico che saranno utilizzate per la scelta dei dispositivi di ritenuta da utilizzare nel presente progetto.

Tipo di strada	TGM	% Veicoli con massa > 3.5 t	Livello di traffico
Viabilità V46 Provincia di Ferrara	>1000	15%	II

Livello di traffico

3.2.1 Asse principale

Con riferimento al D.M. 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" è stato possibile definire la tipologia di strada da utilizzare per il presente progetto, strada di tipo C2 e C1, e tutte le caratteristiche ad essa connesse (elementi marginali, raccordi plano-altimetrici minimi, ecc.). Pertanto, in funzione di quanto appena accennato e, del tipo di traffico determinato nel paragrafo precedente, si è deciso di proteggere il bordo dei rilevati quando l'altezza supera il metro dal piano campagna e nel caso di scarpate con pendenza maggiore o uguale a 2/3.

Quindi ai fini della scelta della classe di barriere di sicurezza sono stati considerati i seguenti elementi:

- la pendenza delle scarpate;
- l'altezza del rilevato;
- la presenza di elementi rigidi, edifici, strade, ferrovie, depositi materiale pericoloso o simili in prossimità del confine stradale;
- la percentuale di traffico pesante;
- il tipo di strada secondo il DM 05/11/2001.

Nella tabella seguente sono riassunte le scelte effettuate nella redazione del progetto definitivo per la definizione del livello di contenimento delle barriere da installare in relazione alle diverse caratteristiche fisiche degli elementi costituenti il corpo stradale. In aggiunta a quanto indicato nella tabella seguente si precisa che tutte le barriere da bordo laterale è previsto siano caratterizzate dalla classe minima di danno

agli occupanti (ASI A) mentre per le barriere bordo opera si è contemplata la possibilità di installare barriere con severità all'urto di classe ASI B lasciando facoltà di scelta al direttore ai lavori anche in relazione alla disponibilità sul mercato di barriere bordo opera con determinato W e classe di severità all'urto di classe ASI A.

Tipo strada	di	Destinazione	Strada tipo C
Viabilità di Collegamento		Bordo laterale con rilevato $H_{ril} < 1$ m	nessuna protezione ⁽¹⁾
		Bordo laterale con rilevato $H_{ril} \geq 1$ m	H1
		Opera d'arte di luce $L \geq 10$ m	H3

Classi di barriere adottate in progetto

3.3 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE DA BORDO LATERALE E BORDO PONTE

3.3.1 Richiami normativi

Nei paragrafi che seguono verranno illustrate le principali modalità di installazione delle barriere bordo rilevato e bordo opera previste nel progetto delle barriere di sicurezza.

In generale la lunghezza minima di una installazione (L_f) indipendente si può assumere pari a 90 ml (esclusi i terminali) essendo al pari delle usuali estese di prova di crash-test. Per le barriere bordo rilevato:

- l'interasse tra i montanti e la loro profondità di infissione sono descritti nei report di crash-test di ciascun dispositivo
- la lunghezza d'infissione secondo certificato dovrà essere rispettata, in ogni modo non dovrà essere inferiore a 1.5 - 2 volte l'altezza fuori terra del montante;
- la sagoma dell'arginello deve essere tale che a tergo del montante vi siano 70-80cm minimo di terreno ricoperto in modo che il montante possa lavorare come nei crash-test, si ritiene che una dimensione dell'arginello paria 1.30 metri necessaria e sufficiente allo scopo precedentemente esposto;
- tutte le barriere bordo rilevato sono previste con classe di severità all'urto ASI A.

Per le barriere bordo opera:

- le barriere metalliche bordo opera debbono essere installate mediante flangia imbullonata su cordolo, sia quest'ultimo parte integrante dell'opera d'arte, elemento prefabbricato o elemento appositamente realizzato sul ciglio stradale;
- sistemi di ancoraggio della barriera devo essere gli stessi dell'installazione di prova, il cordolo deve avere una sezione di almeno 70cm x 70cm e deve essere fondato su un cls magro con Rck superiore a 15;
- l'emersione del cordolo dal piano stradale adiacente deve essere uguale a quella dell'installazione di prova, usualmente paria a 5cm.

- Si prevede l'installazione di barriere bordo ponte con classe di severità all'urto A o B a seconda della disponibilità sul mercato.

Modalità di installazione delle barriere da bordo laterale

In ragione dell'andamento piano altimetrico dell'asse in oggetto caratterizzato da altezze di rilevato di poco superiori al metro e considerando la tipologia di strada ricadente nella classe C2 secondo il DM 05/11/2001 si è prevista lungo tutto il suo sviluppo l'installazione di barriere di classe H1 bordo rilevato con larghezza di funzionamento massima paria $W5 \leq 1,70$ metri.

Modalità di installazione delle barriere da bordo opera d'arte

In corrispondenza dei cavalcavia barriere H3 bordo ponte, come previsto dalla normativa vigente e come dichiarato nei paragrafi precedenti, con larghezza di funzionamento massima paria $W5 \leq 1,70$ metri.

Transizioni

Nelle more dell'emanazione della nuova norma EN 1317-4 specificatamente dedicata alle transizioni tra barriere diverse, le transizioni da prevedere in progetto dovranno rispettare i seguenti criteri:

- le transizioni dovranno avvenire senza soluzioni di continuità strutturale degli elementi longitudinali resistenti
- le transizioni tra barriere metalliche di diverso tipo dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal costruttore;
- l'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione degli elementi terminali di ciascun componente previsti dal costruttore, avendo comunque cura di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali, prima della sua interruzione. Ciò al fine di ridurre la possibilità che restino parti degli elementi longitudinali secondari delle barriere esposti al possibile impatto frontale del veicolo in svio;
- nel caso di transizione tra barriere dotate di mancorrente superiore e barriere prive del suddetto elemento longitudinale dovrà essere previsto un pezzo speciale terminale centinato vincolato al primo paletto della barriera del bordo priva di mancorrente;
- lo sviluppo delle transizioni dovrà essere almeno pari a 12,5 volte la differenza tra la deflessione dinamica massima (valore registrato nella prova di crash con veicolo pesante) delle due barriere da raccordare. Nella redazione degli elaborati si è indicata una lunghezza delle transizioni pari a 4,5 metri essendo questo un valore mediamente contemplato dai produttori; tuttavia in fase realizzativa dovranno essere installate transizioni conformi alle specifiche caratteristiche delle barriere scelte per la messa in opera.
- Sono ammesse transizioni tra barriere di classe diversa a condizione che queste non differiscano per più di due classi. In questo caso la deflessione dinamica della barriera di classe superiore dovrà essere preventivamente convertita in una "deflessione equivalente" della classe inferiore mediante i seguenti coefficienti:

Barriera di classe superiore	Barriera di classe inferiore	Fattore di riduzione della deformazione dinamica della barriera di classe superiore
H3	H1	0.5

Si rammenta che, dal punto di vista strutturale, il livello di contenimento della transizione è da considerare equivalente alla classe minore tra quelle delle due barriere accoppiate e la transizione stessa dovrà pertanto essere realizzata al di fuori del tratto ove si rende necessaria la protezione di classe maggiore.

Modalità di installazione delle barriere da bordo laterale in corrispondenza dei punti singoli

Lungo lo sviluppo delle viabilità in progetto sono presenti una serie di ostacoli fissi che necessitano di protezione, tali corpi adiacenti alla carreggiata sono costituiti da:

- pali di illuminazione;
- portali della segnaletica:

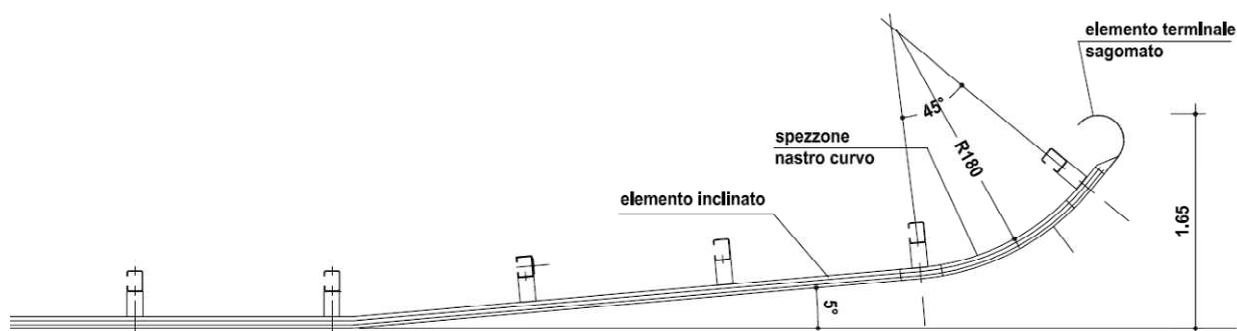
I pali di illuminazione si prescrive di installarli ad una distanza dal ciglio pavimentato maggiore uguale a 1,70 metri, pertanto lungo i bordi laterali delle viabilità in progetto verranno installati dispositivi di ritenuta aventi larghezza di funzionamento massima paria $W5 \leq 1,70$ metri come specificato nei paragrafi precedenti, pertanto i due elementi sopra citati risultano protetti con la messa in opera delle barriere previste senza la necessità di prevedere installazioni ad hoc.

Terminali

Qualsiasi interruzione della continuità longitudinale delle barriere esposte al flusso di traffico è stata dotata di un sistema terminale che prevenga, per quanto possibile, l'urto frontale dei veicoli contro la parte iniziale della barriera.

Il D.M. 21.6.2004 definisce i "terminali semplici" come "normali elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza" che "possono essere sostituiti o integrati alle estremità di barriere laterali con terminali speciali testati secondo UNI ENV 1317-4, di tipo omologato."

In linea prioritaria, dovranno essere utilizzati i sistemi terminali previsti dal produttore ed indicati nei report di prova del crash-test, a condizione che questi risultino inclinati verso l'esterno dell'arginello. In assenza di specifiche previsioni da parte del produttore, il terminale della lama principale dovrà essere costituito da elementi inclinati trasversalmente verso l'esterno del corpo stradale con un angolo di 5° per almeno 3 interassi standard della barriera ed il primo interasse dovrà avere un raggio di curvatura di 1.8 m in modo da non esporre il terminale delle lame al flusso veicolare



Schema di blocco terminale di avvio

4 PROGETTO DELLA SEGNALETICA

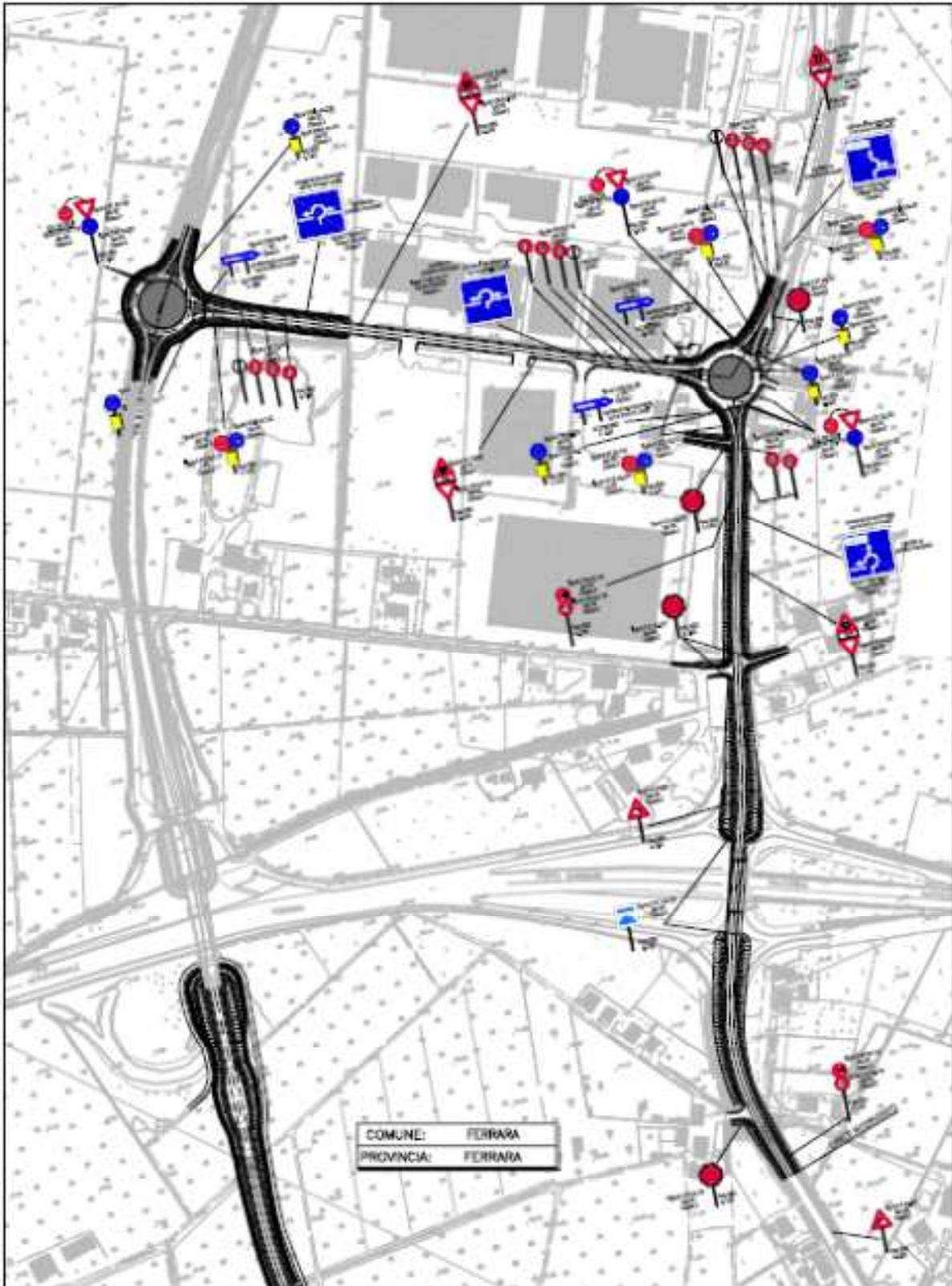
Riferendosi ai Decreti specifici, in special modo al nuovo Codice della strada ed al suo regolamento attuativo, Al titolo II (della costruzione e tutela delle strade), capo II (organizzazione della circolazione e segnaletica stradale), artt. 37-45, viene definita la segnaletica stradale mentre l'esecuzione e l'attuazione è rimandata all'apposito regolamento e in particolare agli artt. 74-195.

si è proceduto alla progettazione della segnaletica verticale ed orizzontale. Rimandando agli elaborati specifici per il corretto posizionamento della cartellonistica stradale in questa sede si daranno delle informazioni generali, dato che il codice della strada non lascia molto spazio alla personalizzazione della segnaletica e quindi il riferimento ad esso è condizione necessaria e sufficiente ad un corretto posizionamento dei segnali stradali.

Per quanto riguarda la segnaletica verticale lungo l'asse principale sono stati utilizzati principalmente segnali circolari di divieto (limiti di velocità), segnali di precedenza, segnali di preavviso (in approccio alle intersezioni), segnali di progressiva distanziometrica, sia chilometrica che ettometrica, segnali utili alla guida come quelli che identificano l'attraversamento di ponti, i segnali complementari come delineatori di margine della carreggiata stradale (uno ogni 50 metri)



Per quanto riguarda la segnaletica verticale nella zona delle intersezioni sono stati utilizzati segnali di pericolo (curva stretta, circolazione rotatoria), segnali di precedenza (sia per chi si immette dalle rampe verso l'asse principale, sia per chi dall'asse in progetto si distribuisce lungo la viabilità locale), segnali di direzione, segnali di obbligo, segnali di divieto (principalmente limitazione alla velocità sulle rampe, divieti di sorpasso sulle stesse). Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale negli elaborati di progetto sono indicate di massima le eventuali zebraure in corrispondenza degli allargamenti di carreggiata e le strisce di margine degli elementi costitutivi la piattaforma stradale di progetto.



Planimetria segnaletica "V46"

SEGNALETICA ORIZZONTALE ASSE PRINCIPALE - STRADA TIPO C2



Striscia laterale sinistra spessore 15 cm

Striscia di mezzzeria spessore 12 cm

Striscia laterale destra spessore 15 cm

Planimetria Segnaletica, Codice documento: PD_0_V46_VCS46_0_SD_PL_02_A