

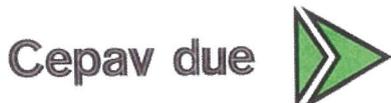
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

INZ8 – NUOVA VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO VIA MANTOVA-STR. LOC. MANO DI FERRO

Relazione tecnica generale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: <u>06 GIU 2019</u>	     Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	I N Z 8 0 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	Cavaliere	21/05/19	Piacentini	21/05/19	21/05/19	
B							
C							

CIG. 751447334A

File: INOR11EE2ROINZ800002A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA S.r.l.

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 RO IN Z80 0 002	Rev. A	Foglio 2 di 23
---------	------------------	-------------	--------------------------------------------	-----------	-------------------

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	4
3	NORMATIVA E RIFERIMENTI .....	5
3.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE .....	5
3.2	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA .....	5
3.3	ULTERIORI PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DI RFI E ITALFERR .....	5
3.4	BARRIERE STRADALI .....	5
3.5	STRADE .....	6
4	PARTE STRADALE.....	7
4.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	7
4.2	TRACCIATO STRADALE.....	9
4.2.1	Assi stradali.....	9
4.2.2	Rotatoria.....	17
4.3	SOVRASTRUTTURA STRADALE .....	21
4.4	BARRIERE DI SICUREZZA.....	22

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IN Z80 0 002

Rev.  
A

Foglio  
3 di 23

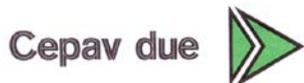
## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il progetto esecutivo della NUOVA VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO VIA MANTOVA – STR. LOC. MANO DI FERRO, previsto nel comune di Peschiera del Garda, in provincia di Verona, nell’ambito delle viabilità extra-linea connesse alla realizzazione della linea ferroviaria Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, lotto funzionale Brescia-Verona.

Le strade in progetto si configurano come interventi di riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti. È previsto che l’intersezione esistente tra Via Mantova, Via Mano di Ferro e Via Dolci venga riorganizzata con circolazione rotatoria.

Nell’intervento era previsto anche il collegamento stradale tra la nuova rotatoria e Strada dei Frati (prescrizione CIPE n°1.33.100), ma il comune di Peschiera del Garda, con una lettera del 30/04/2019, ne ha dichiarato la NON necessità a carattere permanente. Il progetto della bretella risulta comunque conforme con la realizzazione della nuova rotatoria di Via Mantova.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IN Z80 0 002

Rev.  
A

Foglio  
4 di 23

## 2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si fa riferimento ai seguenti documenti:

### IVDO - RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO

SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE. DETTAGLI  
SEGNALETICA VERTICALE E PLINTI DI FONDAZIONE. GEOMETRIE  
SEGNALETICA VERTICALE. PLINTI DI FONDAZIONE. CARPENTERIA E ARMATURA  
RELAZIONE DI VERIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI  
SEGNALETICA VERTICALE. PLINTI DI FONDAZIONE. RELAZIONE DI CALCOLO

INOR11EE2BZIV000B005  
INOR11EE2BBIV00CB001  
INOR11EE2BCIV00CB001  
INOR11EE2ROIV0007001  
INOR11EE2CLIV00CB001

### INZ8-NUOVA VIABILITA' DI COLLEGAMENTO VIA MANTOVA - STR. LOC. MANO DI FERRO

RELAZIONE GEOTECNICA  
PROFILO STRATIGRAFICO  
PLANIMETRIE STATO DI FATTO E DI PROGETTO  
PLANIMETRIA DI TRACCIAMENTO  
PROFILO LONGITUDINALE. TAVOLA 1/2  
PROFILO LONGITUDINALE. TAVOLA 2/2  
DIAGRAMMA DI VISUALE LIBERA E VELOCITA'  
SEZIONI TRASVERSALI RAMO E. TAVOLA 1/3  
SEZIONI TRASVERSALI RAMO E. TAVOLA 2/3  
SEZIONI TRASVERSALI RAMO E. TAVOLA 3/3  
SEZIONI TRASVERSALI RAMO N  
SEZIONI TRASVERSALI RAMO S  
SEZIONI TRASVERSALI ASSE A  
SEZIONI TRASVERSALI. ROTATORIA VIA MANTOVA. TAVOLA 1/2  
SEZIONI TRASVERSALI. ROTATORIA VIA MANTOVA. TAVOLA 2/2  
PLANIMETRIA SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PLANIMETRIA E DETTAGLI  
SEZIONI TIPO E DETTAGLI

INOR11EE2RBINZ800001  
INOR11EE2F6INZ800001  
INOR11EE2PZINZ800001  
INOR11EE2PBINZ800001  
INOR11EE2F7INZ800001  
INOR11EE2F7INZ800002  
INOR11EE2D7INZ800001  
INOR11EE2W9INZ800001  
INOR11EE2W9INZ800002  
INOR11EE2W9INZ800003  
INOR11EE2W9INZ800004  
INOR11EE2W9INZ800005  
INOR11EE2W9INZ800008  
INOR11EE2W9INZ800006  
INOR11EE2W9INZ800007  
INOR11EE2PBINZ809001  
INOR11EE2RIINZ806001  
INOR11EE2PZINZ806001  
INOR11EE2BZINZ809001

### 3 NORMATIVA E RIFERIMENTI

Le normative adottate per la progettazione sono elencate di seguito.

#### 3.1 Opere in c.a. e strutture metalliche

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004: “Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-4 (Eurocodice 1) – Luglio 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- UNI EN 197-1:2011 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

#### 3.2 Geotecnica, fondazioni e geologia

- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1536:2010: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”.

#### 3.3 Ulteriori prescrizioni e specifiche tecniche di RFI e ITALFERR

- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: “Manuale di progettazione delle opere civili”;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A: “Capitolato tecnico generale di appalto delle opere civili”.

#### 3.4 Barriere stradali

- D.m. 18 febbraio 1992, n. 223 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza. Decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223
- Circolare 9 giugno 1995, n. 2595 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza. Decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223.

- D.M. 15 ottobre 1996 (G.U. n. 283 del 3.12.96) – Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza
- D. M. Min. LL. PP. del 3 giugno 1998 – Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell’omologazione
- D. M. Min. LL. PP. del 11 giugno 1999 – Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante “Aggiornamenti delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza “
- D.M. 2 agosto 2001 (G.U. n. 301 del 29.12.01) – Proroga dei termini previsti dall’art. 3 del D.M. 11 giugno 1999, inerente le barriere stradali di sicurezza
- D.M. 21.06.2004 n. 2367 – Recante le Istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali
- D.M. 28.06.2011 – Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale

### 3.5 Strade

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.
- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.M. 30 novembre 1999 n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili
- Bollettino CNR n. 150 – Norme sull’arredo funzionale delle strade urbane
- D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali
- Regione Lombardia – Regolamento regionale 24 aprile 2006 n.7 – Norme tecniche per la costruzione delle strade

## 4 PARTE STRADALE

### 4.1 Descrizione dell'intervento

L'intersezione tra via Mantova, via Dolci e via Mano di Ferro viene riorganizzata mediante la realizzazione di una rotatoria a quattro rami, composta da un'aiuola circolare di raggio pari a 14.50 m, una carreggiata larga 6.00 m completata da banchine laterali da 1.00 m ciascuna, per un diametro esterno pari a 45.00 m. Esternamente alla rotatoria è prevista la realizzazione di un percorso ciclopedonale che collega i due tratti di via Mantova. La pista ciclopedonale presenta una larghezza di 2.50m separata dagli assi carrabili da un cordolo in cls (15x25cm).

La pendenza trasversale della piattaforma è pari al 2.00% a scolare verso l'esterno. L'aiuola centrale è modellata mediante terreno di riporto proveniente dagli scavi, con una pendenza trasversale pari a massimo 10.00% verso l'esterno.

Su tale rotatoria si innestano i quattro assi stradali di collegamento con la viabilità esistente (via Mantova, via Dolci, via Mano di Ferro).

All'attacco dei rami di innesto in rotatoria con la viabilità esistente sono poi previsti tratti di raccordo graduali fra la nuova viabilità e quella attuale che presenta una larghezza inferiore. Tali raccordi sono stati definiti garantendo le geometrie minime da normativa per quanto riguarda l'allargamento delle corsie di marcia e la deviazione massima della segnaletica orizzontale rispetto agli assi di tracciamento.

Le strade di Via Mantova e via Dolci, oggetto di intervento, presentano caratteristiche geometriche e di sezione equivalenti alle strade urbane di quartiere Tipo E1, secondo quanto previsto dalle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade D.M. 05.11.2001 e alla luce del nuovo codice stradale.

Gli assi stradali di collegamento della rotatoria con via Dolci e Via Mantova (Ramo N, Ramo S) sono quindi previsti secondo una strada tipo E1 (vedi DM 05/11/2001); in realtà il ramo di via Dolci è riconducibile ad un semplice raccordo con la viabilità esistente a causa della ridotta estensione.

Secondo il DM 05/11/2001 per le strade di tipo E, l'intervallo di velocità progetto impiegato, è fissato pari a 40-60 Km/h; si stabilisce pertanto che la velocità massima, alla quale i veicoli possono procedere nei suddetti tratti, è pari a 50 km/h.

La sezione stradale tipo E1 risulta di larghezza pavimentata pari a 7.00 m, costituita da due corsie di 3.00 m, da due banchine laterali della larghezza pari ad 0.50 m e da arginelli laterali larghi 1.05m in terreno vegetale.

La pendenza trasversale della piattaforma in rettilineo è 2.50%.

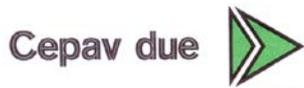
Il tracciato si sviluppa prevalentemente in trincea con pendenze laterali pari a 3/2 su tutto il tratto interessato.

Il collegamento con l'attuale viabilità Mano di Ferro (Ramo E), invece, viene realizzato secondo una strada tipo F2 (vedi DM 05/11/2001).

Secondo il DM 05/11/2001 per le strade di tipo F2, l'intervallo di velocità progetto impiegato è fissato pari a 40-100 Km/h, ma tale valore viene ridotto a 60Km/h; si stabilisce pertanto che la velocità massima, alla quale i veicoli possono procedere nel suddetto tratto, è pari a 50 km/h.

La sezione stradale tipo F2 risulta di larghezza pavimentata pari a 8.50 m, costituita da due corsie di 3.25 m, da due banchine laterali della larghezza pari ad 1.00 m e da arginelli laterali larghi 1.05m in terreno vegetale.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO IN Z80 0 002

Rev.  
A

Foglio  
8 di 23

La pendenza trasversale della piattaforma in rettilineo è 2.50%.

Il tracciato si sviluppa prevalentemente in mezzacosta e gli elementi marginali per tale sezione sono costituiti da una cunetta alla francese in cls nel tratto in trincea, un arginello inerbato di larghezza pari a 1.05 m nel tratto in rilevato e da una scarpata modellata con pendenza trasversale pari a 2/3.

Lungo il margine dei rami di collegamento con l'attuale via Mantova sono presenti tratti di pista ciclopedonale e aiuole in terreno vegetale. La pista ciclopedonale si sviluppa da inizio intervento del ramo S, attraversa la rotatoria in prossimità di via Dolci e prosegue fino al limite intervento del ramo N.

## 4.2 Tracciato Stradale

### 4.2.1 Assi stradali

I tracciati stradali in progetto sono stati così denominati:

- Asse R: rotatoria di via Mantova;
- Asse N: ramo di collegamento Nord con via Mantova;
- Asse S: ramo di collegamento Sud con via Mantova;
- Asse E: ramo di collegamento con via Mano di Ferro.

Gli assi stradali "N ed S" sono stati definiti secondo una sezione trasversale di tipo E1 (Strada urbana di quartiere) per la quale le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001 prescrivono un intervallo di velocità di progetto (40 ÷ 60) km/h.

Tale valore di velocità comporta l'introduzione di un limite amministrativo, ovvero valore oltre il quale non è consentito percorrere l'infrastruttura, pari a 50 km/h; a tale scopo si prevede l'introduzione di opportuna segnaletica verticale.

Gli elementi del tracciato sono, in ogni modo, verificati in base alla velocità di progetto che si evince dal diagramma delle velocità

Per quanto riguarda la sezione tipo si osserva che la larghezza della sede pavimentata è costantemente pari a 7.00 m, composta da due corsie di larghezza 3.00 m e da banchine di larghezza pari a 0.50 m (sezione tipo E1).

L'asse stradale "E", invece, viene definito secondo una sezione trasversale di tipo F2 (Strada locale in ambito extraurbano) per la quale le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001 prescrivono un intervallo di velocità di progetto (40 ÷ 100) km/h.

Dal diagramma di velocità si evince che la velocità massima attuabile al fine di soddisfare le verifiche geometriche e di sicurezza tutti gli elementi planimetrici del tracciato è pari a 50 km/h. Tale valore di velocità è da intendersi come limite amministrativo, ovvero valore oltre il quale non è consentito percorrere l'infrastruttura. Pertanto, tutte le verifiche sono state condotte con un limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto pari a 60 km/h e sulla base di tale valore sono stati valutati tutti i parametri geometrici con riferimento ai raggi planimetrici, alle clotoidi, ai rettifili, agli allargamenti per la visibilità ed ai raccordi verticali. In ogni caso gli elementi del tracciato sono verificati in base alla velocità di progetto che si evince dal diagramma delle velocità.

Per quanto riguarda la sezione tipo si osserva che la larghezza della sede pavimentata è pari a 8.50 m, composta da due corsie di larghezza 3.25 m e da banchine di larghezza pari a 1.00 m (sezione tipo F2).

Le caratteristiche geometriche delle viabilità in progetto risultano condizionate dalle caratteristiche antropiche presenti sul territorio (strade esistenti, confini di proprietà, ecc.). Il tratto stradale in progetto si configura infatti come intervento di "riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti". Il progetto è stato quindi sviluppato coerentemente con quanto previsto dal D.M. n.67/S del 22.04.2004, che modifica le "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" (D.M. 5/11/2001). Secondo quanto stabilito da questa modifica, per

l'adeguamento di strade esistenti le Norme citate (D.M. 5/11/2001) non sono cogenti, ma rappresentano solo un riferimento a cui tendere.

Per quanto riguarda i tracciati in progetto sono comunque state svolte le verifiche di congruenza alla normativa di riferimento, in considerazione anche di quanto indicato nel documento a carattere prenormativo "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti", bozza del 21 marzo 2006.

Le verifiche effettuate si riferiscono all'analisi di conformità dei seguenti parametri progettuali.

### ***Caratteristiche planimetriche***

#### *(a) Rettifili*

- lunghezza dei rettifili;

#### *(b) Curve Circolari*

- raggio minimo delle curve planimetriche;

- lunghezza minima delle curve circolari;

#### *(c) Curve di transizione (clotoidi)*

- verifica del parametro di scala (A) degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi) in relazione ai 3 criteri:

- limitazione del contraccollo;
- limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata;
- percezione ottica del tracciato.

### ***Caratteristiche altimetriche***

#### *(d) Pendenze longitudinali*

- verifica pendenza longitudinale massima;

#### *(e) Raccordi altimetrici*

- verifica raggio minimo dei raccordi verticali concavi e convessi.

### ***Verifica del diagramma delle velocità***

La verifica è stata condotta controllando che tra due elementi planimetrici successivi, a curvatura costante, la variazione di velocità rientri nei limiti previsti dal D.M. 05/11/2001.

### ***Verifica delle distanze di visuale libera***

La verifica è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera con le distanze di visibilità richieste per l'arresto.

TABELLA TRACCIATO ASSE N (via Mantova)

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<b>R/A</b>	<b>L</b>
<b>Rettilineo</b>	0.00	21.55	---	21.55
<b>Clotoide</b>	21.55	49.05	55.00	27.50
<b>Curva-Circolare</b>	49.05	85.93	110.00	36.88
<b>Rettilineo</b>	85.93	92.23	---	6.30

TABELLA TRACCIATO ASSE S (via Mantova)

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<b>R/A</b>	<b>L</b>
<b>Rettilineo</b>	0.00	10.00	---	10.00
<b>Clotoide</b>	10.00	26.00	40.00	16.00
<b>Curva-Circolare</b>	26.00	74.52	100.00	48.52
<b>Rettilineo</b>	74.52	105.43	---	30.91

TABELLA TRACCIATO ASSE E (via Mano di Ferro)

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<b>R/A</b>	<b>L</b>
<b>Rettilineo</b>	0	4.86	---	4.86
<b>Clotoide</b>	4.86	81.79	100.00	76.92
<b>Curva Circolare</b>	81.79	168.56	130.00	86.77
<b>Clotoide</b>	168.56	211.82	75.00	43.27
<b>Rettilineo</b>	211.82	220.71	---	8.89

Andamento planimetricoa) *Rettifili*Lunghezza massima dei rettifili

Secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001 per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifili abbiano una lunghezza  $L_r$  contenuta nel seguente limite:

$$L_r = 22 \times V_{pmax}$$

dove  $V_{pmax}$  è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in km/h; pertanto nel caso in studio, ove  $V_{pmax} = 60$  km/h, risulta un valore della lunghezza massima  $L_r = 1320$ ;

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

$$L = (A1+A2)/12.5$$

dove A1 e A2 sono i parametri delle clotoidi che si connettono al rettilo.

### **b) Curve circolari**

#### Raggio minimo delle curve planimetriche

Il minimo raggio planimetrico adottato è compatibile con il diagramma delle velocità. In via preliminare, comunque, si può indicare che il valore minimo di tale raggio può essere assunto pari a circa  $R = 45$  m corrispondente ad una velocità di progetto di 40 Km/h.

I raggi adottati sono sempre stati assunti maggiori di tali limiti e sempre tali da garantire la  $V_{pmax}$ . Il raggio minimo adottato è pari a 45 m, uguale al limite precedentemente indicato.

#### Lunghezza minima delle curve circolari

Secondo la normativa una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.

#### Allargamento della carreggiata in curva

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

$$E=K/R$$

Dove:  $K = 45$  m;

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

Per raggi  $R$  maggiori di 40 m si può assumere, nel caso di strade ad unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata.

Nel caso in cui il valore E calcolato risulta inferiore di 20 cm la corsia conserva la larghezza del rettilo.

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

Nel caso in esame si hanno i seguenti allargamenti geometrici:

- Asse N: curva  $R=100.00$  m,  $E= 0.41$  m;
- Asse S: curva  $R=100.00$  m,  $E=0.45$  m.

- Asse E: curva R=130.00 m, E=0.35 m.

**c) Curve di transizione (Clotoidi)**

Verifica del parametro di scala A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

- Limitazione del contraccollo.

Criterio 1:  $A \geq \frac{V^2}{c-g} \frac{VR(qf-qi)}{c} \wedge 0.5$

Per la strada in esame:

$$A \geq 31,0 \quad \text{per} \quad V = 40 \text{ km/h}$$

$$A \geq 47,1 \quad \text{per} \quad V = 50 \text{ km/h}$$

$$A \geq 66,9 \quad \text{per} \quad V = 60 \text{ km/h}$$

$$A \geq 118.60 \quad \text{per} \quad V = 80 \text{ km/h}$$

- Limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata.

Criterio 2:  $A \geq \frac{R}{\Delta imax} \times 100 \times Bi \times (qi+qf) \wedge 0.5$

dove:

$B_i$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;

$\Delta imax$  = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano  $B_i$  dall'asse di rotazione;

$q_i$  = pendenza trasversale iniziale in valore assoluto espressa in unità assolute;

$q_f$  = pendenza trasversale finale in valore assoluto espressa in unità assolute;

- Percezione ottica del tracciato:

Criterio 3:  $R/3 \leq A$

$$A \leq R$$

Inoltre tra due clotoidi, di parametro  $A_1$  e  $A_2$  rispettivamente, che si connettono ad una stessa curva, deve essere soddisfatta la relazione:

$$2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

Per le strade in esame i valori del parametro A variano da 40 a 100 e rispettano sempre i tre criteri su esposti.

Per quanto infine riguarda l'andamento dei cigli è importante osservare che la deroga della velocità massima di progetto comporta una definizione della pendenza trasversale della strada diversa da quanto indicato nell'abaco riportato nella fig. 5.2.4.a della normativa che comporterebbe un'errata compensazione delle azioni centripete.



### *Verifiche elementi planimetrici Asse E*

Come si può notare, in tutti e tre gli assi non risulta verificato il primo rettifilo, in quanto la lunghezza non è maggiore di quella minima calcolata. Tale verifica, però, risulta superflua in quanto il primo elemento planimetrico dell'asse è la prosecuzione della viabilità esistente, necessaria al collegamento con i nuovi rami in progetto.

L'andamento planimetrico in progetto risulta perciò adeguato.

Si vuol fare notare che le precedenti verifiche sono state effettuate in base alla velocità di progetto che si desume dal diagramma di velocità.

#### **Diagramma di Velocità**

Avendo previsto per i rami N ed S un limite di velocità amministrativo pari a 50 km/h, la massima velocità attuabile è pari a 60 km/h lungo l'intero sviluppo del tracciato.

Per il ramo E, invece viene previsto un limite di velocità amministrativo pari a 40km/h corrispondente ad una velocità di progetto pari a 50km/h lungo l'intero tracciato.

#### **Verifica delle distanze di visuale libera**

Nel presente punto si analizzano le distanze di visuale libera in relazione all'andamento planimetrico mentre le verifiche delle visuali libere in relazione ai raccordi verticali verranno riportate nei paragrafi seguenti. Le verifiche vengono condotte confrontando la distanza di visuale libera disponibile con la distanza richiesta per l'arresto.

Per garantire le visuali libere nei tratti in curva con riferimento al ciglio interno, non si rendono necessari allargamenti.

Si rimanda all'elaborato specifico INOR11EE2D7INZ800001 "Diagrammi di visuale libera e velocità" nel quale è confrontata la distanza di visuale libera disponibile con la distanza richiesta per l'arresto per tutto lo sviluppo del tracciato; da tale elaborato si evince che le verifiche risultano sempre soddisfatte.

#### **Andamento altimetrico**

##### ***d) Verifica pendenza longitudinale***

Per le strade in esame di categoria E1 ed F2 la massima pendenza longitudinale compatibile con i limiti delle norme è pari rispettivamente a  $i=8\%$  e  $i = 10\%$ .

Tale limite non viene mai raggiunto ed in generale si è perseguito l'obiettivo di non superare il valore del 7%. Nel caso in esame la massima pendenza longitudinale è pari proprio al 7.00%.

##### ***e) Raccordi altimetrici***

In progetto, inoltre, sono previsti diversi raccordi altimetrici per i tracciati:

Il tracciato N di via Mantova presenta un raccordo concavo ed uno convesso entrambi di raggio pari a 1000.00 m.

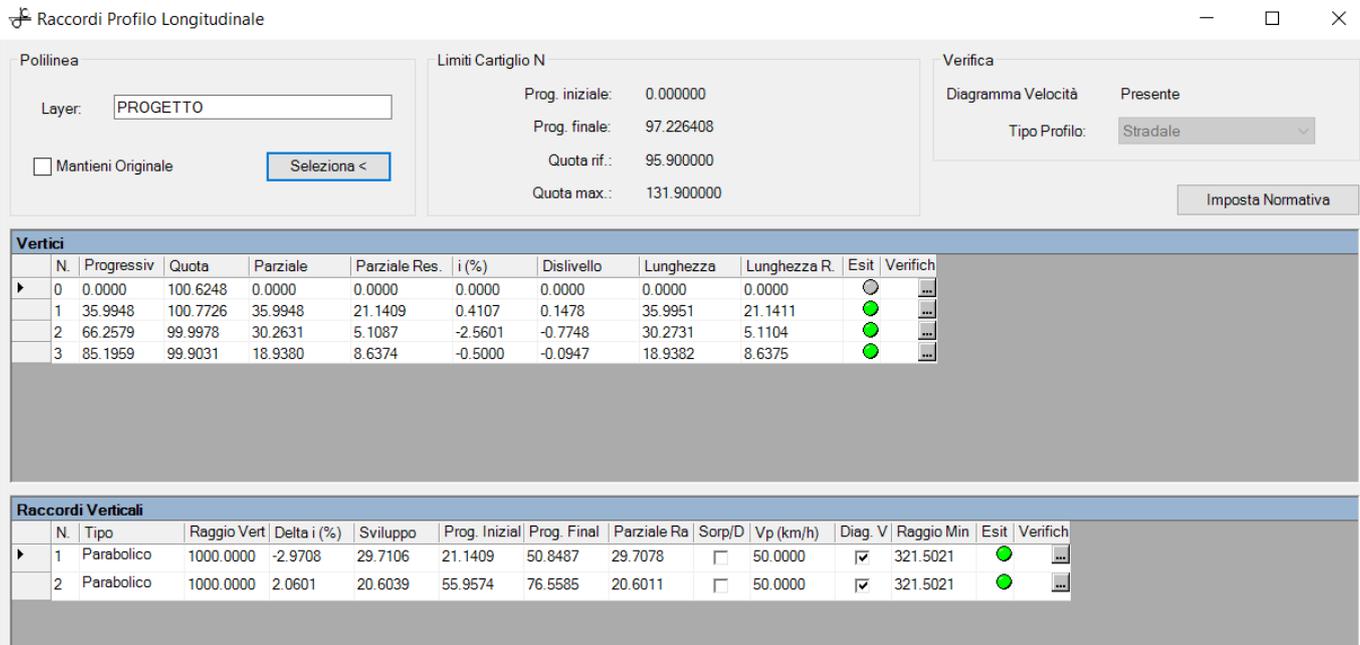
Il tracciato S di via Mantova presenta un unico raccordo convesso di raggio pari anch'esso 1000.00 m.

Il tracciato E di via Mano di Ferro presenta un raccordo concavo ed uno convesso di raggio pari a 1100.00 e 845.00 m rispettivamente.

Tali raggi consentono una visibilità sempre superiore alla distanza di arresto avendo assunto  $h_1 = 1,10$  m ed  $h_2 = 0,10$  m, dove ( $h_1$  ed  $h_2$  costituiscono l'altezza del punto di osservazione del conducente e l'altezza dell'ostacolo).

Non sarà consentita, invece, nel tratto in raccordo convesso la manovra di sorpasso che richiede una visibilità maggiore di quella disponibile.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle verifiche ( $R_{min}$  per la geometria, per il comfort, per la distanza d'arresto) dei raccordi verticali, effettuate con riferimento alla velocità desunta dal diagramma delle velocità.



Raccordi Profilo Longitudinale													
Polilinea		Limiti Cartiglio N				Verifica							
Layer: PROGETTO		Prog. iniziale: 0.000000				Diagramma Velocità: Presente							
<input type="checkbox"/> Mantieni Originale <input type="button" value="Seleziona &lt;"/>		Prog. finale: 97.226408				Tipo Profilo: Stradale							
		Quota rif.: 95.900000				<input type="button" value="Imposta Normativa"/>							
		Quota max.: 131.900000											
Vertici													
N.	Progressiv	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esit	Verifich			
0	0.0000	100.6248	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000					
1	35.9948	100.7726	35.9948	21.1409	0.4107	0.1478	35.9951	21.1411	●	...			
2	66.2579	99.9978	30.2631	5.1087	-2.5601	-0.7748	30.2731	5.1104	●	...			
3	85.1959	99.9031	18.9380	8.6374	-0.5000	-0.0947	18.9382	8.6375	●	...			
Raccordi Verticali													
N.	Tipo	Raggio Vert	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Inizial	Prog. Final	Parziale Ra	Sorp/D	Vp (km/h)	Diag. V	Raggio Min	Esit	Verifich
1	Parabolico	1000.0000	-2.9708	29.7106	21.1409	50.8487	29.7078	<input type="checkbox"/>	50.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5021	●	...
2	Parabolico	1000.0000	2.0601	20.6039	55.9574	76.5585	20.6011	<input type="checkbox"/>	50.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5021	●	...

*Verifiche raccordi altimetrici Asse N*

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO IN Z80 0 002Rev.  
AFoglio  
17 di 23

## Raccordi Profilo Longitudinale

Polilinea  
Layer:   
 Mantieni Originale

Limiti Cartiglio S  
Prog. iniziale: 0.000000  
Prog. finale: 110.426805  
Quota rif.: 90.000000  
Quota max.: 126.000000

Verifica  
Diagramma Velocità: Presente  
Tipo Profilo:

N.	Progressiv	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esit	Verifich
0	0.0000	100.3764	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		...
1	36.0264	100.7737	36.0264	21.5220	1.1029	0.3973	36.0286	21.5233		...
2	74.5323	100.0813	38.5058	24.0014	-1.7980	-0.6924	38.5121	24.0052		...

N.	Tipo	Raggio Vert	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Inizial	Prog. Final	Parziale Ra	Sorp/D	Vp (km/h)	Diag. V	Raggio Min	Esit	Verifich
1	Parabolico	1000.0000	-2.9009	29.0101	21.5220	50.5309	29.0089	<input type="checkbox"/>	40.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	205.7613		...

## Verifiche raccordi altimetrici Asse S

Polilinea  
Layer:   
 Mantieni Originale

Limiti Cartiglio E  
Prog. iniziale: 0.000000  
Prog. finale: 225.708511  
Quota rif.: 80.000000  
Quota max.: 116.000000

Verifica  
Diagramma Velocità: Presente  
Tipo Profilo:

N.	Progressiv	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esit	Verifich
0	0.0000	90.8132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		...
1	49.8710	91.3050	49.8710	16.7944	0.9861	0.4918	49.8734	16.7952		...
2	157.1625	98.8154	107.2915	50.9774	7.0000	7.5104	107.5541	51.1022		...
3	198.2119	99.4311	41.0494	17.8119	1.5000	0.6157	41.0540	17.8139		...

N.	Tipo	Raggio Vert	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Inizial	Prog. Final	Parziale Ra	Sorp/D	Vp (km/h)	Diag. V	Raggio Min	Esit	Verifich
1	Parabolico	1100.0000	6.0139	66.2159	16.7944	82.9476	66.1532	<input type="checkbox"/>	50.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	1084.4270		...
2	Parabolico	845.0000	-5.5000	46.5228	133.9250	180.4000	46.4750	<input type="checkbox"/>	50.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	843.5505		...

## Verifiche raccordi altimetrici Asse E

## 4.2.2 Rotatoria

Relativamente all'intersezione a rotatoria si è fatto riferimento alla normativa nazionale - D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

Vengono riportate anche le verifiche di deviazione rispondenti alla normativa emanata dalla Regione Lombardia – legge regionale 24/4/2006 n.7 – e più precisamente all’Allegato 2 della suddetta legge regionale dal titolo “Progettare le zone di intersezione”.

Le verifiche geometriche delle rotatorie considerano il controllo dell’ammissibilità di varie grandezze geometriche quali diametro esterno, larghezza delle corsie, bracci di ingresso e uscita e numero delle corsie di ingresso; si riporta di seguito la tabella riepilogativa di tali grandezze.

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (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 rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 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

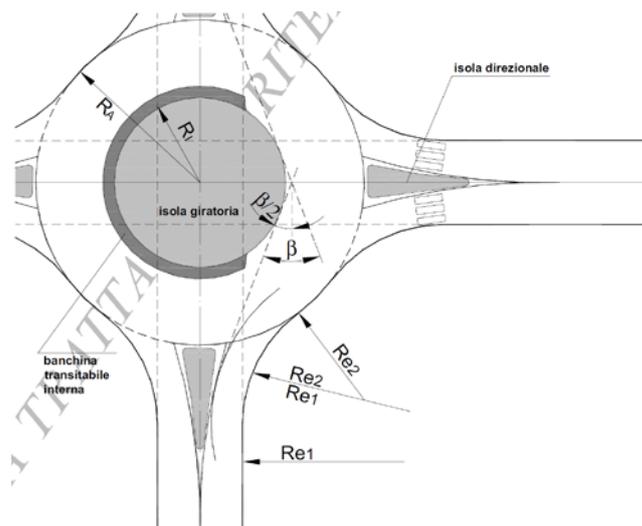
(\*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(\*\*) organizzati al massimo con due corsie.

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 per mezzo dell’isola centrale.

La normativa Nazionale prescrive quanto segue: “La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell’angolo di deviazione  $\beta$  (vedi Figura 11) Per determinare la tangente al ciglio dell’isola centrale corrispondente all’angolo di deviazione  $\beta$ , bisogna aggiungere al raggio di entrata  $Re$ , 2 un incremento  $b$  pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell’angolo di deviazione  $\beta$  di almeno 45°”.

Si riporta di seguito lo schema presente in normativa che illustra quanto descritto.

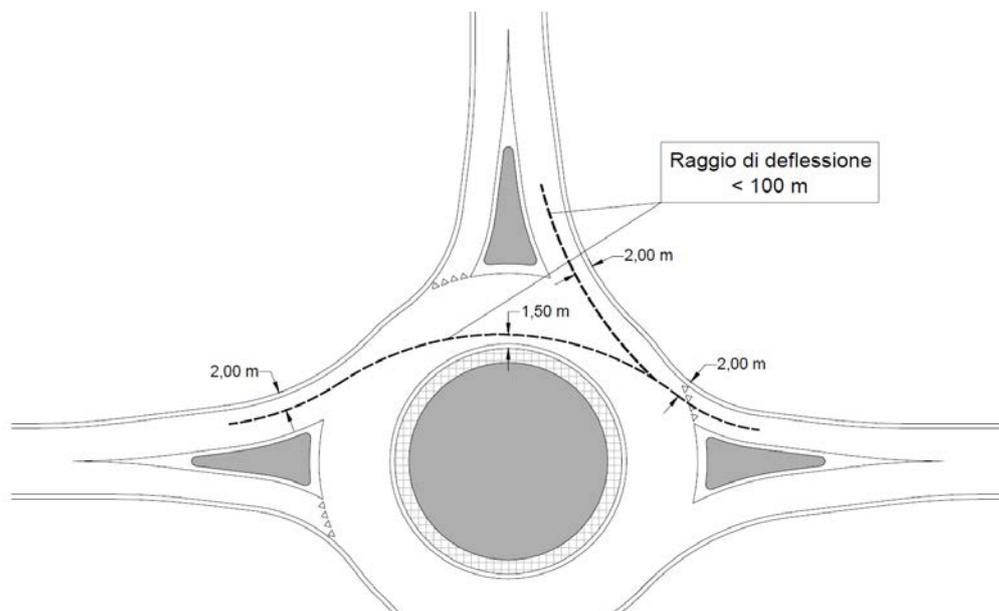


Schema deflessione (da D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali).

Per quanto riguarda, invece, le manovre di svolta a destra si fa riferimento alla normativa lombarda, che definisce “(...) deflessione di una traiettoria il raggio dell’arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell’isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d’entrata e d’uscita, siano esse adiacenti o opposte (...)” e prescrive di “(...) verificare l’ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita.

*Tale raggio deve essere inferiore a 100 m: in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie “più tese” non potranno essere superiori a 50 km/h (...).”*

Quanto riportato stabilisce quindi di identificare la traiettoria più “tesa” per le manovre di attraversamento e di svolta a destra e che i raggi di curvatura di tali traiettorie siano tali da imporre, per tali manovre; una velocità non superiore a 50 km/h. Si riporta di seguito lo schema presente in normativa che illustra quanto descritto.



*Schema deflessione (da Allegato 2 legge regionale 24/4/2006 n.7).*

La rotonda in progetto è a 4 rami e riorganizza l'intersezione tra la SP28 (via Mantova), Via Dolci e via Mano di Ferro; è composta da un'aiuola circolare di raggio pari a 14.50 m, una carreggiata larga 6.00 m completata da banchine laterali da 1.00 m ciascuna, per un diametro esterno pari a 45.00 m. La piattaforma pavimentata risulta quindi avere una larghezza pari a 8.00 m.

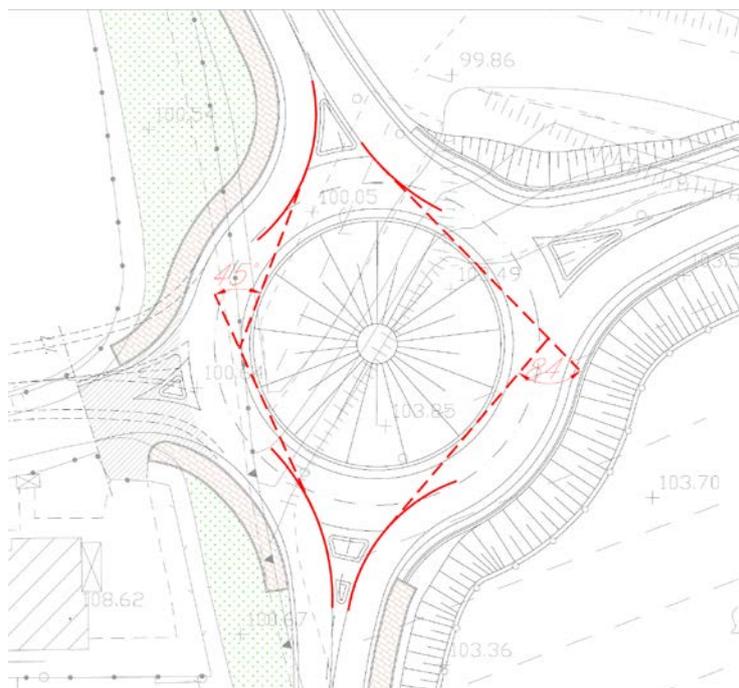
### Verifica geometrica

La rotonda, di diametro esterno pari a 45.00 m, rientra nella tipologia delle rotonde convenzionali (diametro compreso tra 40 e 50m). Tutte le geometrie caratteristiche rispettano quanto prescritto per tale tipologia.

### Verifica di deflessione

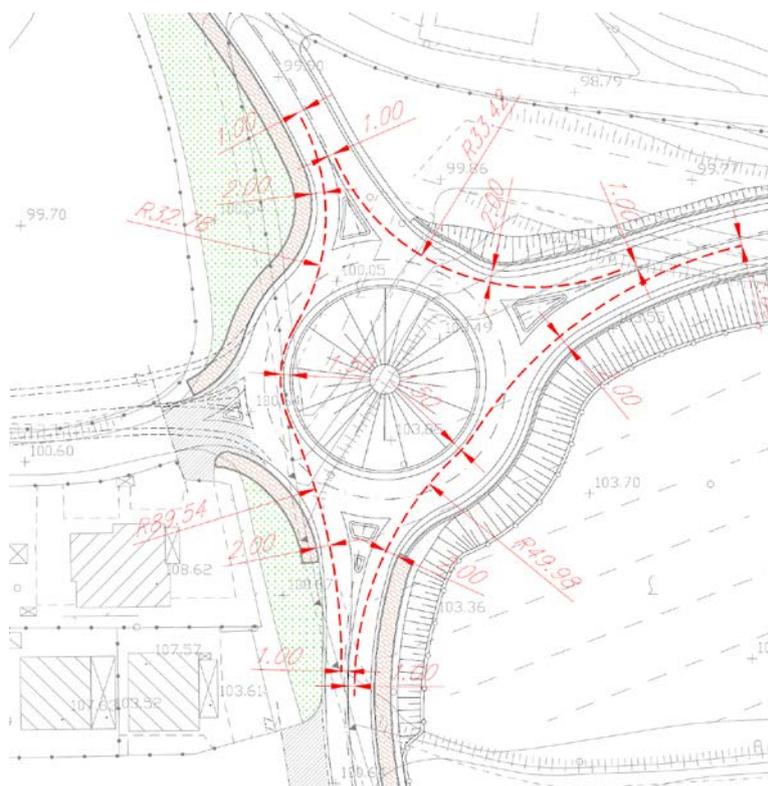
Si riportano di seguito gli schemi grafici relativi alle verifiche di deflessione per la rotonda in progetto.

In particolare, sono rappresentati gli angoli di deviazione delle traiettorie in attraversamento al nodo. I valori dell'angolo di deviazione  $\beta$  ( $45^\circ$  e  $84^\circ$ ) risultano tutti almeno  $45^\circ$  come prescritto nella normativa nazionale.



*Rotatoria via Mantova. Schema grafico delle verifiche di deflessione per le manovre di attraversamento (da D.Lgs. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali).*

Di seguito lo schema grafico delle verifiche di deflessione per le manovre di svolta a destra prescritte dalla normativa lombarda. I raggi di deflessione ( $R=49.98$ ,  $R=33.42$ m,  $R=32.78$ m,  $R=89.54$ m) per tali manovre sono tutti inferiori a  $R=100.00$  m come previsto dalla normativa.



*Rotatoria via Mantova. Schema grafico delle verifiche di deflessione per le manovre di svolta a destra.*

### 4.3 Sovrastruttura Stradale

Per i tratti in rilevato si prevede una sovrastruttura stradale costituita dai seguenti strati:

- Manto di usura (conglomerato bituminoso chiuso) dallo spessore di 3 cm;
- Binder (conglomerato bituminoso semiaperto) dallo spessore di 4 cm;
- Base in misto bitumato (conglomerato bituminoso aperto) dallo spessore di 8 cm;
- Fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) dallo spessore di 20 cm.

Nella figura che segue, si riporta un particolare della pavimentazione stradale in rilevato.



#### 4.4 Barriere di sicurezza

In conformità al D.M. LL. PP. 03/06/98, integrato e modificato dal successivo D.M. LL. PP. 11/06/99, una barriera che assolva le proprie funzioni in modo ottimale deve poter reagire, in qualsiasi modalità d'urto, al veicolo collidente in modo da garantire:

- l'invalidabilità, in modo da assicurare la sicurezza di tutto ciò che si trova oltre la struttura di contenimento;
- un graduale rientro in carreggiata del veicolo dopo l'urto, con un angolo di ritorno tale da non arrecare danni agli altri veicoli occupanti la carreggiata;
- le minori decelerazioni possibili per gli occupanti il veicolo, in modo da contenere i danni sia alle persone che al veicolo.

La classificazione delle barriere è attualmente basata sull'energia cinetica posseduta dal veicolo collidente, ed è fornita dalla seguente espressione:

$$L_c = \frac{1}{2} M (v \sin \phi)^2$$

Dove:

$L_c$  = livello di contenimento (kJ);

$M$  = massa del veicolo (t);

$v$  = velocità d'impatto (m/s);

$\phi$  = angolo di impatto.

Si definisce convenzionalmente indice di severità l'energia cinetica posseduta dal mezzo all'atto dell'impatto calcolata con riferimento alla componente della velocità ortogonale alle barriere. In base alla  $L_c$  è possibile classificare la capacità di contenimento delle barriere di sicurezza fornendo una condizione che esula dai materiali utilizzati e dalle caratteristiche di funzionamento, tenendo solo conto dell'efficacia del manufatto. Come già detto la Normativa italiana ha recepito questa classificazione e ha definito 6 classi di efficacia, ognuna delle quali con un  $L_c$  minimo; la prima classe (N1), deve resistere ad un impatto con un  $L_c$  di almeno 44 kJ mentre la sesta classe (H4) deve tollerare un  $L_c$  di almeno 572 kJ.

La scelta delle barriere avviene tenendo conto della loro destinazione e ubicazione, del tipo e delle caratteristiche della strada, nonché di quelle del traffico, che interesserà l'arteria, classificato in ragione dei suoi volumi, della presenza dei mezzi che lo compongono e distinto nei tre tipi seguenti:

1. Traffico tipo I: quando  $TGM \leq 1000$  con qualsiasi percentuale di veicoli merci o quando  $TGM > 1000$  con la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN non sia superiore al 5% del totale;
2. Traffico tipo II: quando, con  $TGM \geq 1000$ , la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia compresa tra il 5% ed il 15% del totale;
3. Traffico tipo III: quando, con  $TGM \geq 1000$ , la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia maggiore del 15% del totale.

Per TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi.

La seguente tabella riporta, in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico, e della destinazione della barriera, le classi minime di barriere da impiegare. Si fa riferimento alla classificazione prevista dal Decreto Legislativo 30.4.1992, n° 285 (*Nuovo Codice della Strada*), e successive modificazioni, per definire la tipologia della strada di progetto.

### Relazione strada - traffico - classe della barriera

TIPO DI STRADE	TRAFFICO	DESTINAZIONE		
		a spartitraffico*	b bordo laterale	c bordo ponte
Autostrade (A)	I	H2	H1	H2
Strade extraurbane Principali (B)	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H4
Strade extraurbane secondarie ( C )	I	H1	N2	H2
Strade urbane di scorrimento (D)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E)	I	N2	N1	H2
Strade Locali (F)	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

\* ove esistente

Nel caso in esame si prevede l'installazione di barriere di sicurezza nei tratti di viabilità con altezza del rilevato superiore ad 1.00 m. Nello specifico si prevede il posizionamento di barriere tipo H2BL per il tratto iniziale dell'asse E.

Viene comunque garantita la lunghezza minima di installazione delle singole classi delle barriere di sicurezza, anche in considerazione dei necessari collegamenti tra barriere su opera d'arte e barriera di pari classe su rilevato; pertanto nel caso di insufficiente lunghezza delle opere d'arte si garantisce la lunghezza minima di installazione impiegando sul rilevato la medesima classe di barriera presente sull'opera.

Si rimanda all'elaborato "*Planimetria segnaletica e barriere di sicurezza- INOR11EE2P7INZ809001*" nel quale sono riportate le progressive e le classi previste per l'opera in oggetto.