

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

SL88 – SOTTOVIA ALLA PK 112+393,221
Relazione tecnica generale rampe

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Data: _____	Valido per costruzione Data: _____

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

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	Cavaliere	18/12/18	Piazzini	18/12/18	Taranta	18/12/18	
B								
C								

CIG. 751447334A

File: INOR11EE2ROSL88C0001A_03.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 RO SL 88C 0 001	Rev. A	Foglio 2 di 24
---------	------------------	-------------	--	-----------	-------------------

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA E RIFERIMENTI	5
3.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE	5
3.2	PONTI STRADALI	5
3.3	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA	6
3.4	ULTERIORI PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DI RFI E ITALFERR	6
3.5	BARRIERE STRADALI	6
3.6	STRADE	6
4	GEOLOGIA E GEOTECNICA.....	7
5	PARTE STRADALE.....	8
5.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	8
5.2	TRACCIATO STRADALE	9
5.2.1	Asse principale	9
5.2.2	Rotatorie.....	15
5.3	BARRIERE DI SICUREZZA.....	19
5.4	SOVRASTRUTTRA STRADALE	21
6	OPERE D'ARTE.....	22
7	FASI REALIZZATIVE.....	22
8	INTERVENTI DI RIASETTO IDRAULICO	23
9	IMPIANTI.....	24

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO SL 88C 0 001

Rev.
A

Foglio
3 di 24

1 PREMESSA

Nella presente relazione si descrivono le caratteristiche relative alla nuova viabilità riferita al sottovia denominato "Sottovia SL88" che sottopassa la futura linea AV/AC Milano-Verona in prossimità della progressiva 122+393,221.

La viabilità in progetto è una strada di tipo C1, composta da due corsie di larghezza 3.75 m e da banchine di larghezza pari a 1.50 m. Il passaggio al di sotto della nuova linea AV/AC e dell'autostrada A4 avverrà mediante la realizzazione, rispettivamente, di uno scatolare gettato in opera e di un sottopasso scatolare traslato a spinta sotto l'autostrada.

Si prevede la realizzazione di un manufatto scatolare in c.a. gettato in opera sotto la linea AC/AV, a prosecuzione del sottopasso esistente, che sarà destinato a pista ciclabile. Tale pista proseguirà parallelamente all'asse principale verso la rotatoria nord e successivamente lungo via Rovadino.

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”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche 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”;
- UNI EN 1337 Novembre 2001 – “Appoggi Strutturali”.

3.2 Ponti Stradali

- UNI EN 1991-2-1 (Eurocodice 1) – Marzo 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-2 (Eurocodice 3) – Gennaio 2007: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”.

3.3 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”.

3.4 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”.

3.5 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

3.6 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 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Per quanto riguarda la geologia e la geotecnica del sito di intervento e le relative indagini conoscitive si rimanda alla relazione geologica e geotecnica di progetto.

5 PARTE STRADALE

5.1 Descrizione dell'intervento

Il nuovo collegamento stradale prevede la realizzazione di un asse stradale di lunghezza pari a 291,882 m secondo una strada di tipo C1 (vedi DM 05/11/2001).

Il nuovo tracciato presenta raggi di curvatura compresi tra 220 e 120 m mentre l'andamento altimetrico presenta una pendenza massima pari a circa 5.00%.

La sezione stradale tipo C1 risulta di larghezza pavimentata pari a 10,50 m, costituita da due corsie di 3,75 m e da due banchine laterali della larghezza pari a 1,50 m.

La viabilità sottopassa la nuova linea AV/AC in un tratto ove questa si sviluppa in rilevato per una altezza di circa 7,00 metri rispetto all'asse di progetto, e pertanto la livelletta stradale, tenendo conto del franco minimo di 5.20m da garantire nel sottopasso e dello spessore dello scatolare, deve abbassarsi di 5,00m al di sotto del piano campagna.

Il tracciato di progetto si sviluppa in direzione nord-sud e partendo dalla rotatoria di nuova realizzazione, che permette il collegamento con le viabilità esistenti, sfruttando il nuovo sottopasso sull'Autostrada A4 e sulla linea AV/AC Milano-Verona, si riporta in una altra rotatoria di nuova realizzazione che consente il collegamento con il tracciato esistente. L'opera è situata quasi per intero in rettilineo; l'angolo di inclinazione rispetto alla perpendicolare all'Autostrada A4 è di circa 74°.

La rotatoria posta a nord permette il collegamento del nuovo tracciato con la viabilità esistente e con una nuova viabilità di accesso ad abitazioni e alla linea AV/AC. La rotatoria, a 4 bracci e di diametro esterno pari a 46m, presenta una carreggiata anulare di larghezza pari a 9,0 m costituita da due corsie di 3,50m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1,0m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno. Inoltre, è presente un anello interno sormontabile di larghezza pari a 1,50m a pendenza verso l'esterno pari a 4%.

Anche a sud è prevista una rotatoria che consente il collegamento del nuovo tracciato con la viabilità esistente. La rotatoria, a 5 bracci e di diametro esterno pari a 44m, presenta una carreggiata anulare di larghezza pari a 9,0 m costituita da due corsie di 3,50m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1,0m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno. Inoltre, è presente un anello interno sormontabile di larghezza pari a 1,50m a pendenza verso l'esterno pari a 4%.

È stata inoltre prevista una serie di tronchi di ricucitura della viabilità esistente.

Durante la fase realizzativa della nuova viabilità di progetto, che viene prevista sul sedime stradale esistente, verrà prevista l'esecuzione di un collegamento provvisorio mediante una strada tipo "F2" pavimentata larga 8.50m. Tale tracciato provvisorio risulta necessario per garantire la continuità degli spostamenti lungo la direttrice nord – sud durante l'occupazione della SP28.

Per quanto riguarda l'autostrada A4 non è necessaria alcuna deviazione provvisoria, è sufficiente prevedere la parzializzazione del traffico autostradale. Infatti, durante il varo del manufatto scatolare (spingitubo), sulle corsie autostradali interessate dall'avanzamento del rostro, si dovrà deviare il traffico sulle altre corsie (attualmente sono infatti previste 3 corsie per senso di marcia + la corsia di emergenza). Consentendo pertanto la marcia su 2 corsie mentre le altre 2 della medesima carreggiata risultano interessate dall'avanzamento del rostro.

5.2 Tracciato stradale

5.2.1 Asse principale

Il tracciato stradale è stato definito secondo una sezione trasversale tipo C1 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 (60 ÷ 100) km/h.

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.

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 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. 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 10.5 m, composta da due corsie di larghezza 3.75 m e da banchine di larghezza pari a 1.50 m (sezione tipo C1). In affiancamento alla sede stradale di progetto è prevista una pista ciclabile di larghezza pari a 2.50m. La pista ciclabile viene realizzata sulla sede della viabilità esistente di via Rovadino sfruttando il sottopasso esistente sotto l'autostrada A4. Per l'attraversamento in corrispondenza della linea A.C. si rende necessario la realizzazione di un nuovo scatolare. Per la nuova viabilità è previsto uno scatolare gettato in opera in corrispondenza della futura linea A.C. di lunghezza in asse pari a 18.44m, di uno scatolare varato a spinta sotto l'autostrada A4 di lunghezza in asse pari a 52.00m, di uno scatolare gettato in opera in corrispondenza del futuro allargamento a 4 corsie dell'A4 di lunghezza 7.00m e dei muri ad “L” ed a “U” in corrispondenza delle rampe di accesso agli scatolari stessi.

Per quanto riguarda la definizione dell'andamento planimetrico ed altimetrico, si osserva che è stata effettuata in base ai criteri contenuti nel già citato DM 05/11/2001 ed eseguendo le verifiche previste con particolare riferimento al diagramma delle velocità ed alle connesse verifiche di visibilità.

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 PRINCIPALE

	<i>Progr. Iniziale</i>	<i>Progr. Finale</i>	<i>R/A</i>	<i>L</i>
Curva Circolare	-23.039	82.131	220	105.17
Clotoide	82.131	108.386	76	26.25
Rettilineo	108.386	233.959	----	125.57
Clotoide	233.959	263.959	60	30.00
Curva Circolare	263.959	293.694	120	29.73

Andamento planimetrico**a) 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 $L_r = 1320$ m.

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

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

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

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 $R = 118$ m corrispondente ad una velocità di progetto di circa 60 Km/h.

I raggi adottati sono sempre stati assunti maggiori di tali limiti e sempre tali da garantire la $V_{pmax} = 60$ Km/h. Il raggio minimo adottato è pari a 120 m, superiore ai limiti su indicati.

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.

c) *Curve di transizione (Clotoidi)*

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

- Limitazione del contraccollo.

$$\text{Criterio 1: } A \geq \sqrt{V^2/c - gVR(qf - qi)/c}^{0.5}$$

Per la strada in esame:

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

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

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

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

$$\text{Criterio 2: } A \geq \sqrt{R/\Delta i_{max} \times 100 \times B_i \times (q_i + q_f)}^{0.5}$$

dove:

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

Δ_{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:

$$\text{Criterio 3: } R/3 \leq A$$

$$A \leq R$$

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 la strada in esame i valori del parametro A sono pari a 76.00 e 60.00 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.

In analogia, pertanto, ai criteri adottati nella stessa normativa, l'andamento dei cigli stradali è stato definito secondo la figura seguente:

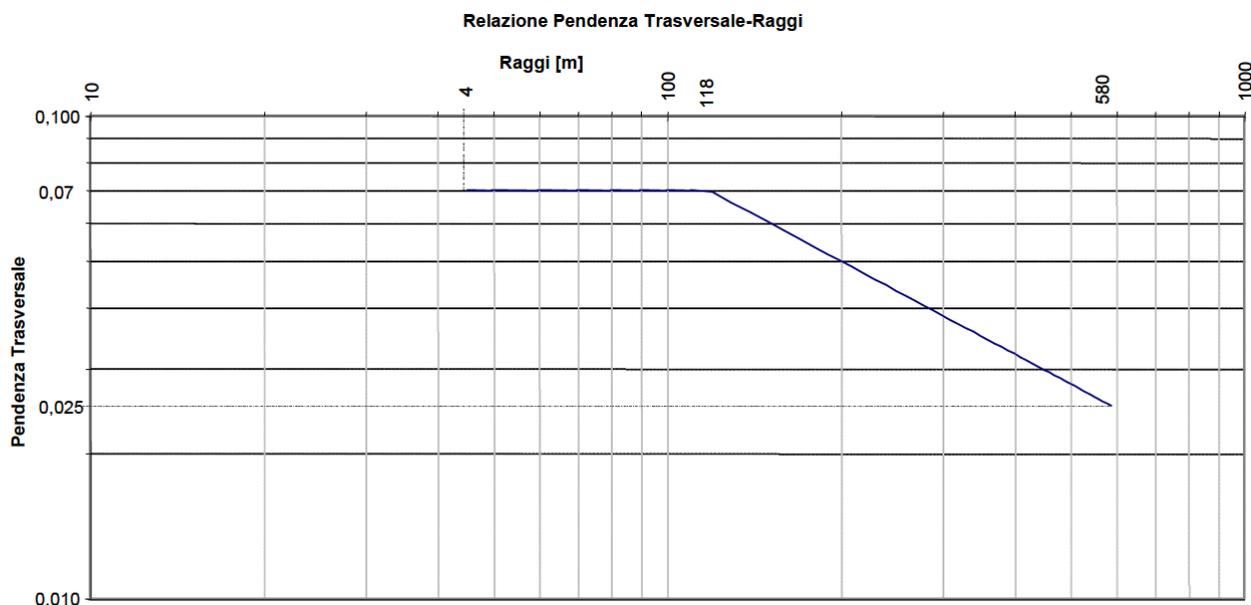


Diagramma di Velocità

Dalla tabella riepilogativa dei dati geometrici della strada si evince che, avendo previsto un limite di velocità amministrativo pari a 50 km/h, la massima velocità di progetto è pari a 60 km/h lungo l'intero sviluppo del tracciato.

Nella parte iniziale e finale del tracciato il diagramma evidenzia la riduzione della velocità da 60 km/h a 30 km/h dovuta alla presenza della rotonda.

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.

Nella tabella successiva si riporta il valore delle distanze di arresto al variare della velocità e della pendenza longitudinale della strada.

V [km/h]	i[%]												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
60	74,25	73,30	72,39	71,52	70,70	69,91	69,16	68,45	67,76	67,10	66,47	65,87	65,29
55	64,63	63,89	63,19	62,52	61,88	61,27	60,68	60,12	59,59	59,07	58,58	58,11	57,65
50	55,94	55,38	54,84	54,33	53,84	53,37	52,93	52,50	52,08	51,69	51,31	50,94	50,59
45	48,10	47,68	47,28	46,89	46,52	46,17	45,83	45,50	45,19	44,89	44,60	44,32	44,05
40	41,00	40,69	40,39	40,11	39,83	39,57	39,32	39,07	38,84	38,61	38,40	38,19	37,98

Per garantire le visuali libere non sono risultati necessari allargamenti.

Si rimanda all'elaborato specifico (*Diagramma di visuale libera e velocità - INOR11EE2D7SL8800001*) 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 la strada in esame di categoria C1 la massima pendenza longitudinale compatibile con i limiti delle norme è pari a $i = 10\%$.

Tale limite non viene mai raggiunto; nel caso in esame la massima pendenza longitudinale è pari a circa il 5%.

e) Raccordi altimetrici

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO SL 88C 0 001

Rev.
A

Foglio
14 di 24

In progetto per l'asse principale sono previsti 2 raccordi concavi e 2 raccordi convessi. Per i raccordi concavi si sono adottati raggi pari a 1600 e 1500 m mentre per i raccordi convessi sono stati adottati dei raggi pari a 1000 m.

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).

5.2.2 Rotatorie

Relativamente alle due intersezioni a rotatoria si è fatto riferimento alla normativa emanata dalla Regione Lombardia – legge regionale 24/4/2006 n.7 – e più precisamente all’Allegato 2 alla suddetta legge regionale dal titolo “Progettare le zone di intersezione”.

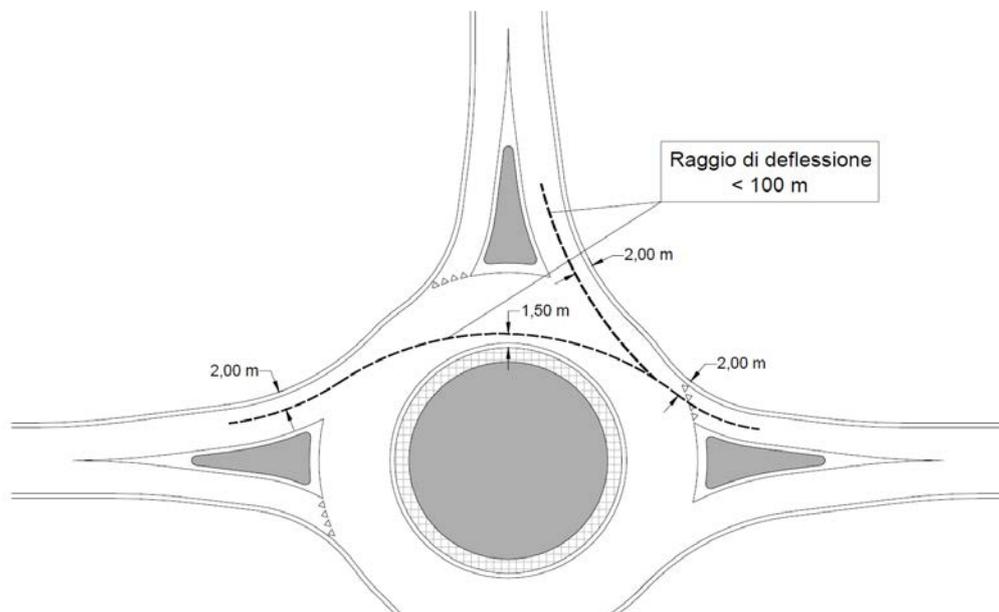
Le verifiche geometriche delle rotatorie considerano il controllo dell’ammissibilità di varie grandezze geometriche quali diametro esterno, larghezza della corona circolare, larghezza delle corsie di ingresso e di uscita, corretto tracciamento delle isole spartitraffico ecc.; si riporta di seguito la tabella riepilogativa di tali grandezze.

	Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
			Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi rotatorie Rotatorie eccezionali
Diametro della rotatoria	D_e	$D_e \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	> 50
Raggio giratorio esterno	R_{ge}	$D_e/2$	7÷9	9÷13	13÷25	> 25
Raggio giratorio interno	R_{gi}	$R_{gr} - l_a$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell’anello	l_a	$7 \text{ m} \leq l_a \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello interno sormontabile	l_{is}	$0 \leq l_{is} \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d’entrata	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq D_e/2$	10	10÷13	10÷25	10÷ $D_e/2$
Larghezza corsia entrante	l_e	$4 \text{ m} \leq l_e \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq l_e \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d’uscita	R_u	$15 \text{ m} \leq R_u \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15÷30
Larghezza corsia uscita	l_u	$4,5 \text{ m} \leq l_u \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq l_u \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	R_r	$2 \times D_e$	28÷36	36÷52	52÷100	> 100

La verifica più significativa e con più ripercussioni sulla sicurezza dell’utenza che impegna la rotatoria è quella che considera la “deflessione” della traiettoria che un veicolo che attraversa l’intersezione è costretto a percorrere: da questo parametro discende l’abbattimento della velocità di attraversamento dell’anello da parte dei veicoli.

La normativa citata 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).

Rotatoria Nord

La rotonda posta a nord permette il collegamento tra il nuovo tracciato e la viabilità esistente; in dettaglio, si tratta di una rotonda a 4 rami: a sud-ovest si innesta la nuova viabilità di progetto, a sud-est si innesta una viabilità di accesso ad abitazioni e alla linea AV/AC, a nord-est si innesta la viabilità esistente (via Rovadino) e infine a nord-ovest si innesta una viabilità di ricucitura di accesso a zona artigianale e proprietà private.

La rotonda, di diametro esterno pari a 46m, presenta una carreggiata anulare di larghezza pari a 9,0 m costituita da due corsie di 3,50m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1,0m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno. Inoltre, è presente un anello interno sormontabile di larghezza pari a 1,50m a pendenza verso l'esterno pari a 4%.

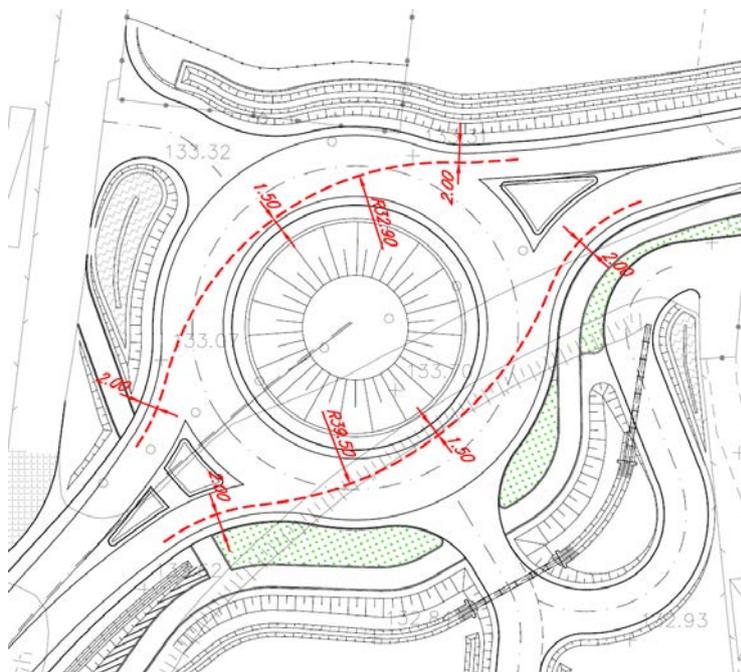
Verifica geometrica

La rotonda, di diametro esterno pari a 46m, rientra nella tipologia delle rotonde compatte (diametro compreso tra 26 e 50m). Tutte le geometrie caratteristiche rispettano quanto prescritto per tale tipologia.

Verifica di deflessione

Si riporta di seguito lo schema grafico delle verifiche di deflessione per la rotonda nord.

In particolare, in tale schema sono rappresentate le traiettorie più significative ovvero quelle di attraversamento; i raggi di deflessione ($R=32.90m$ e $R=39.50m$) sono ampiamente inferiori a $R=100.00m$ previsto dalla normativa.



Rotatoria Nord. Schema grafico delle verifiche di deflessione.

Rotatoria Sud

Anche a sud è prevista una rotatoria che consente il collegamento tra il nuovo tracciato e la viabilità esistente; in dettaglio, si tratta di una rotatoria a 5 rami: a nord si innesta la nuova viabilità di progetto, a nord-est si innesta una viabilità di ricucitura di via G. Verdi, a sud si innesta la viabilità esistente (via Rovadino), a est si innesta una viabilità di accesso a proprietà private e infine a nord est si innesta un tratto di via Rovadino che viene declassato a viabilità di ricucitura campestre.

La rotatoria di diametro esterno pari a 44m, presenta una carreggiata anulare di larghezza pari a 9,0 m costituita da due corsie di 3,50m e da due banchine laterali della larghezza pari ad 1,0m. Tale carreggiata presenta una pendenza trasversale pari a 2% verso l'esterno. Inoltre, è presente un anello interno sormontabile di larghezza pari a 1,50m a pendenza verso l'esterno pari a 4%.

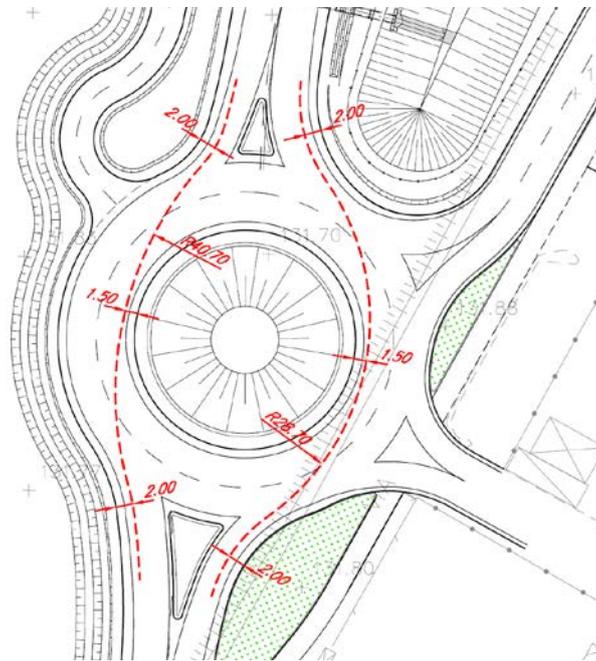
Verifica geometrica

La rotatoria, di diametro esterno pari a 44m, rientra nella tipologia delle rotatorie compatte (diametro compreso tra 26 e 50m). Tutte le geometrie caratteristiche rispettano quanto prescritto per tale tipologia.

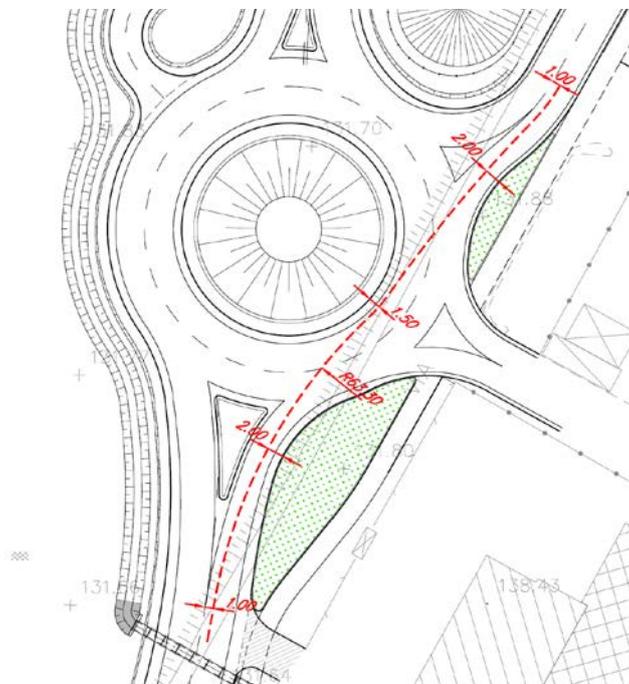
Verifica di deflessione

Si riporta di seguito lo schema grafico delle verifiche di deflessione per la rotatoria sud.

In particolare, in tale schema sono rappresentate le traiettorie più significative ovvero quelle di attraversamento e quella di svolta a destra per i veicoli provenienti da sud che si immettono nel ramo nord-est; i raggi di deflessione ($R=40.70m$ e $R=28.70m$ per le traiettorie di attraversamento e $63.30m$ per la traiettoria di svolta a destra) sono ampiamente inferiori a $R=100.00m$ previsto dalla normativa.



Rotatoria Sud. Schema grafico delle verifiche di deflessione per le traiettorie di attraversamento.



Rotatoria Sud. Schema grafico delle verifiche di deflessione per la traiettoria di svolta a destra.

5.3 Barriere di sicurezza

La presenza di profondi bacini drenanti ai lati della viabilità principale e della viabilità locale che si sviluppa in sommità del tratto in trincea della rampa sud, rendono necessaria l'installazione di barriere di sicurezza (rispettivamente tipo H2 e tipo H1) aventi caratteristiche conformi alle disposizioni normative vigenti in materia (D.M. 11 giugno 1999 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza").

È stato inoltre necessario inserire barriere di sicurezza (di tipo H2) lungo il ramo di via Rovadino della rotonda nord e lungo il lato ovest della rotonda sud fino al collegamento con via Verdi, per la presenza dei pali dell'illuminazione pubblica.

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);

ϕ = 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:

- 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;
- 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;
- 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

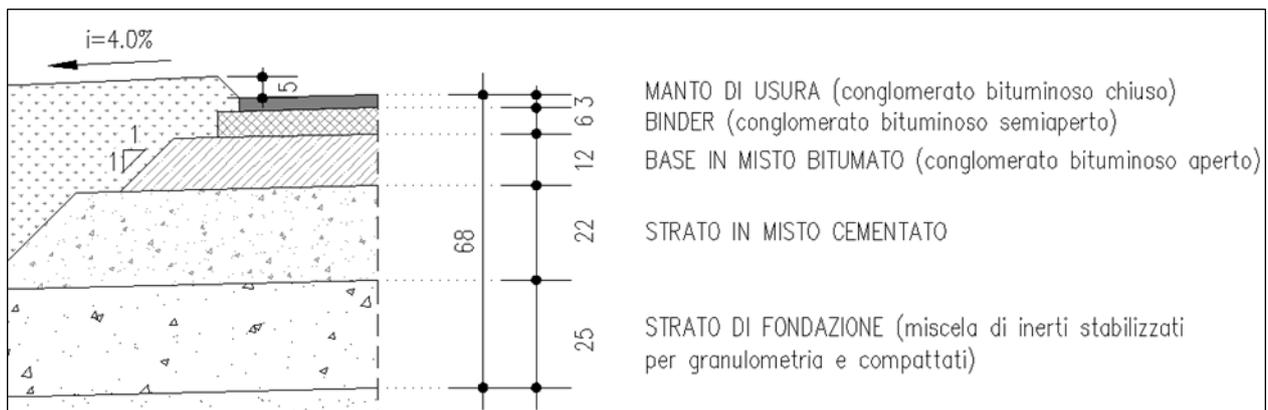
Si rimanda all'elaborato "Planimetria barriere di sicurezza - INOR11EE2P7SL8809002" nel quale sono riportate le progressive e le varie classi previste per l'opera in oggetto.

5.4 Sovrastruttura stradale

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 6 cm;
- Base in misto bitumato (conglomerato bituminoso aperto) dallo spessore di 12 cm;
- Strato in Misto cementato dallo spessore di 22 cm;
- Fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) dallo spessore di 25 cm.

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



Anche in corrispondenza dei muri ad "U" e all'interno degli scatolari la sovrastruttura stradale è completa, con uno spessore pari a 68 cm.

6 OPERE D'ARTE

La realizzazione del sottovia in oggetto ha la funzione di attraversare sia la linea A.C. di nuova realizzazione che l'Autostrada A4 Milano-Venezia, poco a Ovest del sottopasso esistente che attraversa l'Autostrada.

L'intervento prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- un concio scatolare in c.a. gettato in opera sotto la linea AC/AV di dimensioni 11.30 m x 6.70 m (larghezza x altezza interne), da progr. 118.441 a progr. 136.885;
- un concio scatolare in c.a. traslato a spinta sotto l'Autostrada A4 esistente di dimensioni 11.30 m x 6.60 m (larghezza x altezza interne), da progr. 136.885 a progr. 188.885;
- un concio scatolare in c.a. gettato in opera di dimensioni 11.30 m x 6.60 m (larghezza x altezza interne) in corrispondenza del futuro allargamento a 4 corsie dell'A4, da progr. 188.885 a progr. 195.885.

I muri andatori del sottovia stradale sono realizzati da muri a "L" in c.a. gettati in opera. Solamente nel tratto terminale delle rampe di accesso, in adiacenza agli scatolari, si prevedono due conci (uno a nord e uno a sud) di muri ad "U" sempre in c.a. gettati in opera.

Infine, si prevede la realizzazione di un manufatto scatolare in c.a. gettato in opera di dimensioni 3.00 m x 3.00 m (larghezza x altezza interne) sotto la linea AC/AV, a prosecuzione del sottopasso esistente, che sarà destinato a pista ciclabile.

7 FASI REALIZZATIVE

La viabilità esistente rimane aperta al traffico per tutta la durata di realizzazione della nuova viabilità e del nuovo sottovia di progetto, realizzato accanto a quello esistente. A conclusione dei lavori il traffico verrà deviato definitivamente sulla nuova viabilità mentre la viabilità esistente verrà declassata a viabilità ciclopedonale dopo la costruzione del nuovo sottovia ciclopedonale sotto la futura linea AV/AC.

8 INTERVENTI DI RIASETTO IDRAULICO

L'intervento di progetto prevede adeguamenti e modifiche al reticolo idrografico esistente.

La rotatoria nord di nuova realizzazione comporta la deviazione e il ripristino di fossi inerbiti esistenti: il loro tracciato viene deviato e la continuità garantita mediante l'inserimento di un nuovo tombino circolare e il prolungamento di quelli esistenti.

Il collettore proveniente da nord al di sotto di via Pradella viene intercettato mediante una tubazione in calcestruzzo $\varnothing 1200$ all'altezza dell'inizio della rampa del sottovia e il suo percorso viene deviato: il nuovo tracciato prevede il suo passaggio sotto la nuova rotatoria nord e la ricucitura con il tracciato originale, a ovest della viabilità esistente.

Le acque di drenaggio del sottopasso, raccolte mediante caditoie poste sul ciglio della carreggiata, recapitano all'interno di un bacino drenante, denominato "A", situato prima dell'imbocco a nord del sottovia, a quota di fondo 126.70 m s.l.m, a seguito del trattamento delle acque di prima pioggia. Al fine di proteggere il sottovia e corrispondente bacino drenante dall'eventuale allagamento del territorio circostante, la viabilità a nord del bacino, che costeggia i fabbricati, sarà ripavimentata a quota 133.60 m s.l.m. e le acque di piattaforma verranno allontanate mediante caditoie a interasse massimo 20 m. Lo scarico di tali caditoie sarà un collettore $\varnothing 250$ in PVC al di sotto della pavimentazione, il cui recapito è rappresentato dal canale vicino, situato a ovest. La ripavimentazione di tale viabilità la rende più alta rispetto al piano campagna, garantendo così un "argine" di protezione per il bacino drenante. Alla medesima quota verrà pavimentata anche la viabilità di accesso alla linea ferroviaria.

A sud dell'autostrada A4, i deflussi provenienti dal fosso al piede del rilevato autostradale saranno intercettati mediante una canaletta in cls e recapitati all'interno del bacino drenante "B", situato a est della rampa sud del sottovia, la cui quota di fondo è pari a 126.70 m s.l.m.

Per le verifiche idrauliche degli elementi e ulteriori dettagli si rimanda agli specifici elaborati.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO SL 88C 0 001

Rev.
A

Foglio
24 di 24

9 IMPIANTI

Gli impianti sono costituiti dall'impianto di illuminazione e da quello di segnalazione automatica di allagamento del sottopasso.

L'impianto d'illuminazione si compone di lampade led su pali per l'illuminazione delle rotatorie e degli attraversamenti pedonali e di proiettori a led all'interno del sottovia.

L'impianto di segnalazione automatica di allagamento dei sottopassi si compone di una centralina di controllo in grado di gestire fino a 8/16 input configurabili e modem GPRS con antenna, alimentatore, 2 sensori anti-allagamento posizionati uno in prossimità del bacino drenante e uno all'interno del sottopasso e 2 semafori da parete negli imbocchi del sottovia e 2 su palo lungo la viabilità.

Nel caso in cui il livello dell'acqua all'interno del bacino drenante dovesse alzarsi oltre la quota limite stabilita il sensore anti-allagamento inoltrerà un allarme tramite SMS o mail alla stazione appaltante (stazione di controllo della Provincia), mentre al raggiungimento del livello limite all'interno del pozzetto nel sottovia verranno attivati i semafori per bloccare il traffico.

Per tutti i dettagli si rimanda agli elaborati specifici.