



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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

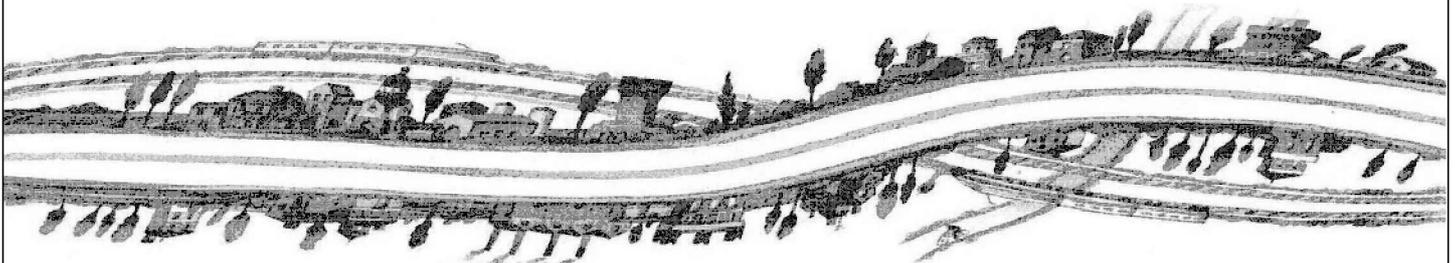
ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' INTERFERITA

V49 - SOTTOVIA MONSIGNORE DI SOTTO

RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIATO



IL PROGETTISTA

PIACENTINI INGEGNERI S.r.l.
Ing. Luca Piacentini
Albo Ing. Bologna n° 4152



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				Manfredini	Piacentini	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.	SCALA:
2110	PD	0	V49	VCS49	0	SD	RT	01	A	-

INDICE

1.	GENERALITA'	2
2.	NORMATIVA E RIFERIMENTI	3
3.	CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE	4
3.1.	SEZIONE STRADALE TIPO.....	4
3.2.	SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	7
3.3.	VELOCITA' DI PROGETTO	10
4.	DESCRIZIONE STATO DI FATTO	11
5.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
6.	GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO PLANIMETRICO	13
6.1.	RETTIFILI.....	13
6.2.	ROTATORIA.....	14
6.3.	VERIFICHE GEOMETRICHE E FUNZIONALI DELLA ROTATORIA	15
6.4.	VERIFICHE ANDAMENTO PLANIMETRICO.....	17
7.	VERIFICHE DI VISIBILITA'	18
7.1.	CRITERI PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DI VISIBILITA'.....	18
7.2.	DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO.....	19
8.	GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO ALTIMETRICO	24
8.1.	CRITERI USATI PER LA COSTRUZIONE DEL PROFILO ALTIMETRICO	24
8.2.	ANDAMENTO ALTIMETRICO.....	26
8.3.	VERIFICHE ALTIMETRICHE	28
9.	DIAGRAMMA DI VELOCITA'	29
10.	COORDINAMENTO PLANOALTIMETRICO	31

1. GENERALITA'

Nel presente elaborato viene descritto nel dettaglio il nuovo asse stradale col quale, la strada comunale Monsignore di Sotto, sottopasserà la Nuova Autostrada Regionale Cispadana.

Tale strada comunale interferisce con l'infrastruttura di progetto alla progressiva pk 40 + 306 km ed è situata nelle vicinanze del comune di Cento in provincia di Ferrara; è una viabilità che serve il collegamento tra le aree a nord e quelle a sud della Autostrada Cispadana, in particolare collega Via Riga, a nord, a Via Finalese, a sud. Nell'area di interferenza la autostrada di progetto è in rilevato rispetto al piano campagna circostante, tale collocazione altimetrica ha comportato la necessità di realizzare alcune opere d'arte quali:

- Sottovia d'attraversamento a sezione scatolare;
- Opere di sostegno del terreno mediante muri ad U.

Complessivamente quindi il l'intervento si compone di un sottovia scatolare in corrispondenza dell'intersezione con la Nuova Autostrada regionale Cispadana, muri ad U lungo le rampe di immissione nel sottovia e relative opere di ricucitura e continuità.

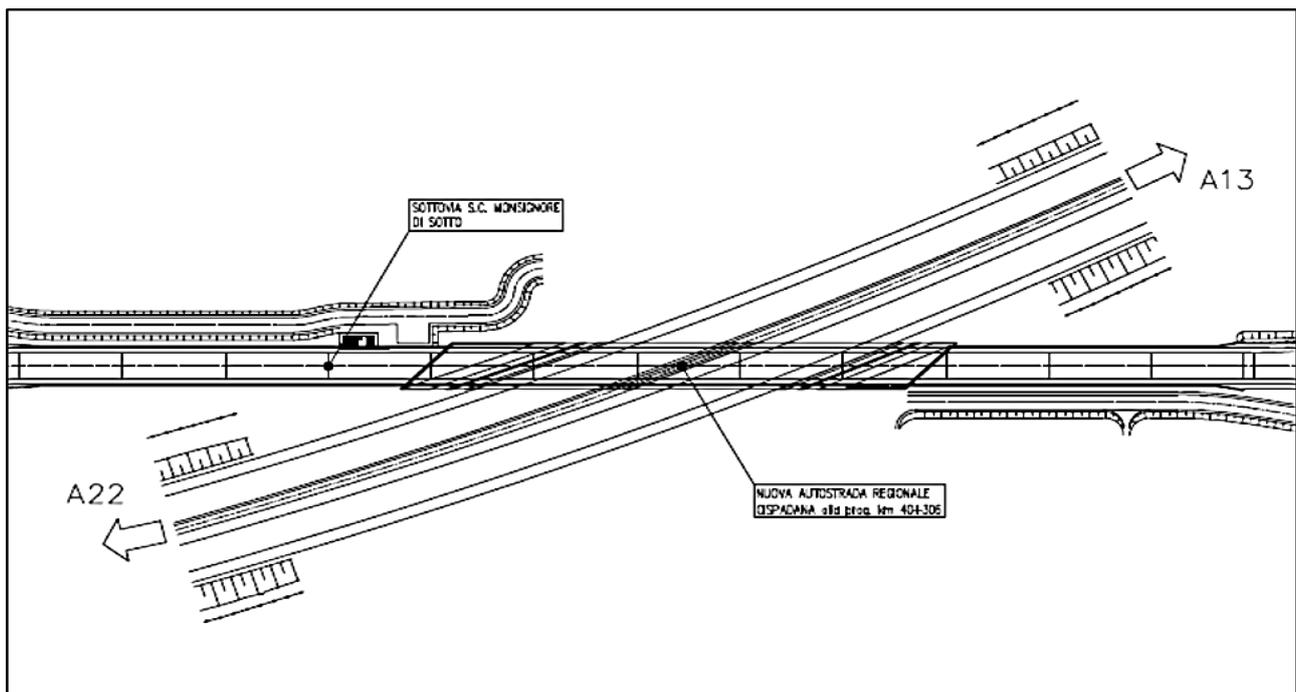


FIGURA 1.1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELLA INTERFERENZA TRA AUTOSTRADA E SC MONSIGNORE DI SOTTO

2. NORMATIVA E RIFERIMENTI

Si riportano di seguito i riferimenti agli elaborati relativi ai criteri utilizzati nella progettazione della parte stradale dell'intervento in oggetto:

- " Elenco delle normative di riferimento" PD_0_000_00000_GE_KT_01_A;
- " Tabella materiali e classi di esposizione calcestruzzo" PD_0_000_00000_GE_TB_01_A;
- " Vita utile e classi d'uso delle opere" PD_0_000_00000_GE_KT_02_A.

3. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha emanato in data 5 novembre 2001 le “Norme funzionali geometriche per la costruzione delle strade” con le quali si sono definiti nuovi criteri per la definizione e la progettazione delle caratteristiche plano-altimetriche delle strade.

Lo stesso Ministero delle Infrastruttura e dei Trasporti ha emanato in data 22 aprile 2004 la “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»” con la quale viene dichiarata la applicabilità del DM 05/11/2001 solo alle strade di nuova costruzione. Ne risulta quindi che nel caso di adeguamento di strade esistenti, come nel caso in esame, la normativa del 2001 risulta solamente di riferimento purchè venga dimostrato che la nuova viabilità in progetto produca un miglioramento funzionale della circolazione nonché un innalzamento del livello di sicurezza.

3.1. SEZIONE STRADALE TIPO

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (D.M. 5/11/2001), la viabilità in oggetto è classificata come appartenente alla rete locale, trattandosi di una strada extraurbana secondaria di tipo C2. Lo stesso Decreto stabilisce quale sia l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, intendendo che tale configurazione sia da intendersi come la minima prevista dal decreto, e da verificare in funzione di esigenze normative legate ad altri settori. Gli elementi compostivi della sezione trasversale sono descritti con riferimento alla seguente figura di cui al Decreto 5/11/2001.

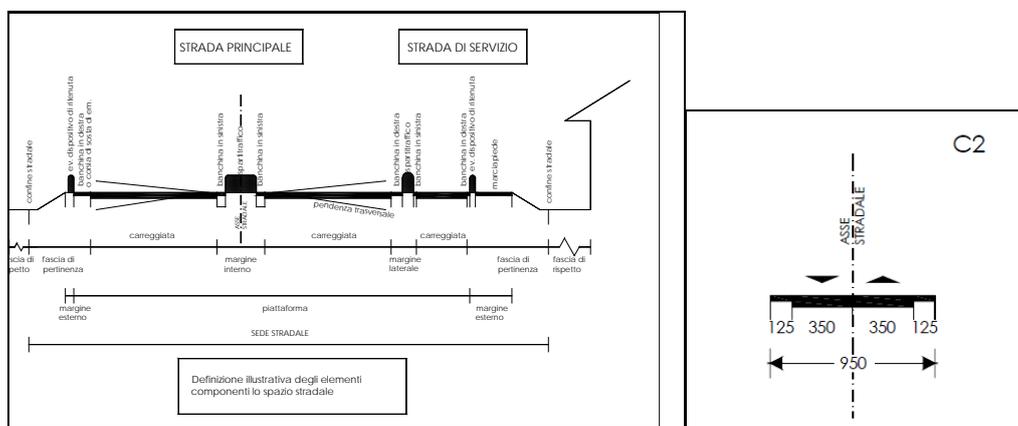


FIGURA 3.1.1 – DEFINIZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI ELEMENTI COMPONENTI LO SPAZIO STRADALE

La piattaforma stradale adottata risulta avere una sezione minima pari a 9.50 m, così composta:

- una carreggiata a doppio senso di marcia, composta da n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.50m;
- una banchina in destra per senso di marcia pari a 1.25m;

Le scarpate dei rilevati hanno una pendenza 3/2.

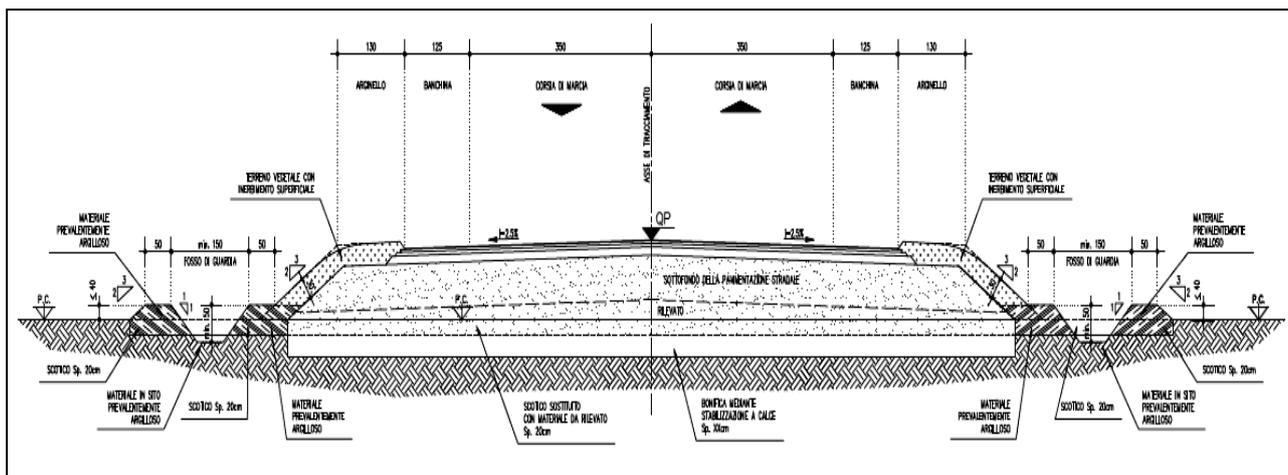


FIGURA 3.1.2 – SEZIONE TIPO STRADA COMUNALE MONSIGNORE DI SOTTO DI NUOVA PROGETTAZIONE

La sezione tipo stradale all'interno della struttura scatolare è rappresentata nella seguente figura.

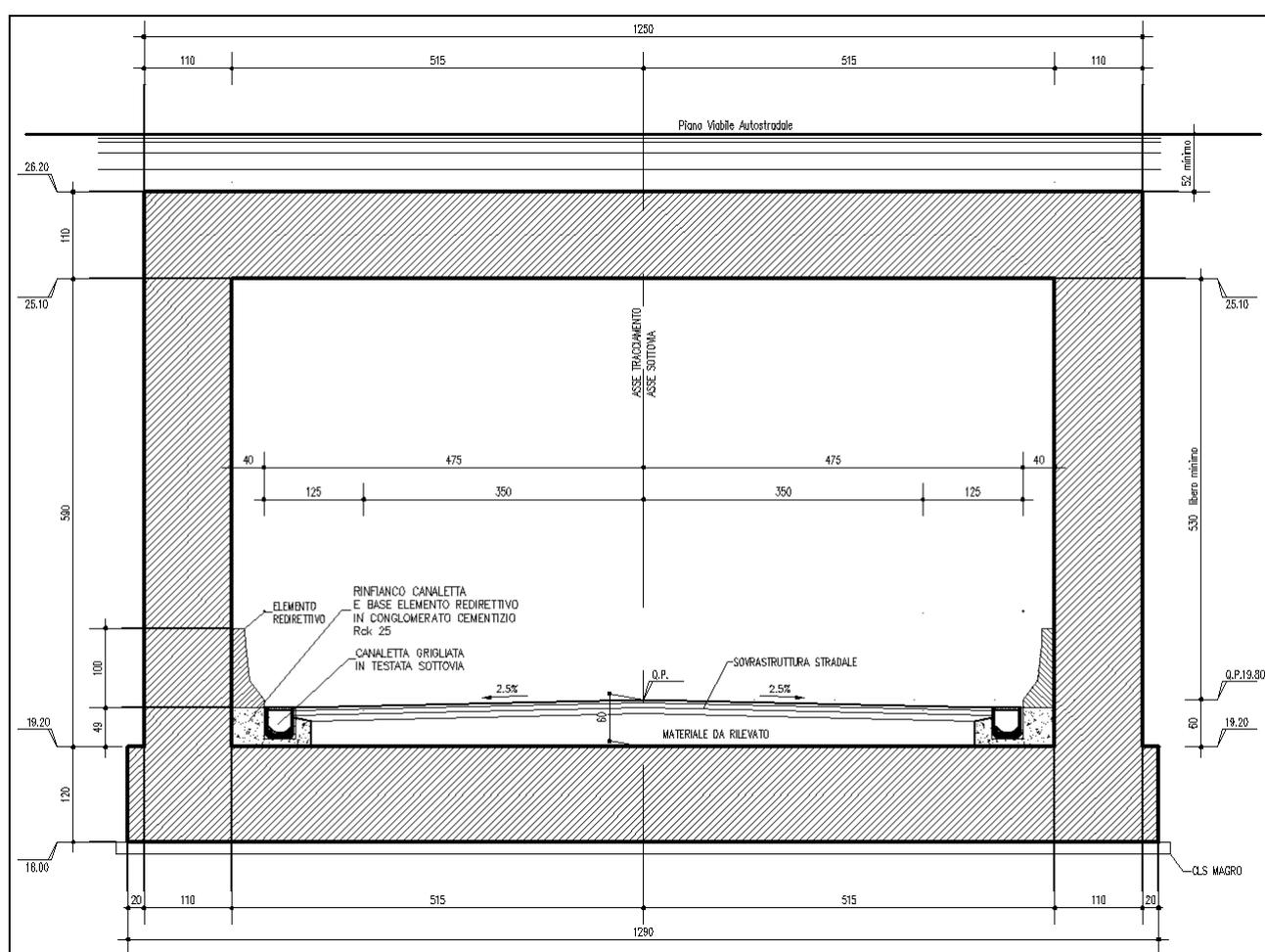


FIGURA 3.1.3 – SEZIONE TRASVERSALE DEL SOTTOVIA

Il franco minimo in elevazione assunto per il sottovia è di 5,30 m ossia di poco superiore a quello imposto dalla normativa stradale e pari a 5,00m.

L'altezza interna netta dello scatolare è stata valutata in modo da permettere il rispetto dei seguenti tre punti:

- avere in ogni punto dello scatolare almeno un'altezza utile pari al franco minimo di 5.30 m nel punto più alto della carreggiata (tenuto conto delle pendenze trasversali della strada);
- avere in ogni punto della carreggiata nel tratto interno allo scatolare un'altezza interna non minore di 90 cm per ospitare il pacchetto stradale e le tubazioni di scolo dell'acqua;
- in modo da permettere il posizionamento delle tubazioni di raccolta acque che permettano il deflusso delle acque meteoriche dal punto di minimo del profilo stradale sino alle vasche di raccolta dell'impianto di sollevamento.

La pavimentazione del tratto di strada interno al sottovia di progetto sarà composto da:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa– Spessore 4 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta – Spessore 5 cm ;
- Strato di base in misto cementato – Spessore 11 cm.

La pavimentazione del tratto di strada esterno al sottovia di progetto avrà uno spessore complessivo di 80 cm e sarà composto da:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa– Spessore 4 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta – Spessore 5 cm ;
- Strato di base in misto cementato – Spessore 11 cm.
- Sottofondo della pavimentazione in misto stabilizzato – Spessore 60 cm;

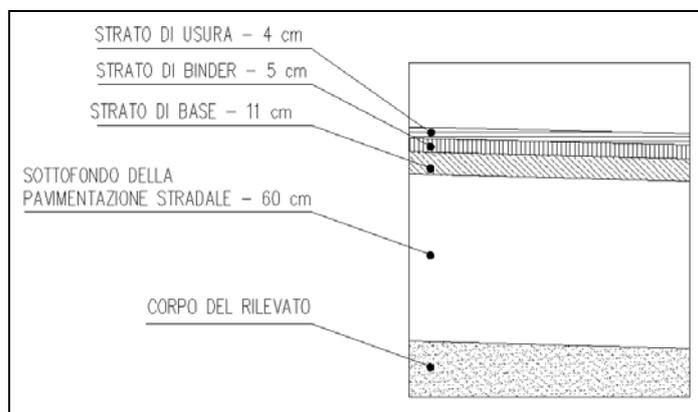


FIGURA 3.1.4 – PARTICOLARE PACCHETTO STRADALE

Lo spessore dello scotico è di 20 cm. Per lo spessore dello strato di bonifica si rimanda agli appositi elaborati di progetto specializzati.

3.2. SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

Lo smaltimento nei tratti in rilevato delle acque defluenti dalla sede stradale, avverrà mediante la raccolta ai margini della piattaforma stradale, sulla banchina, a ridosso del ciglio erboso.

A determinati intervalli l'elemento marginale sarà interrotto e, tramite l'utilizzo di embrici in CA, le acque saranno convogliate all'interno dei fossi di guardia posti ai piedi del rilevato.

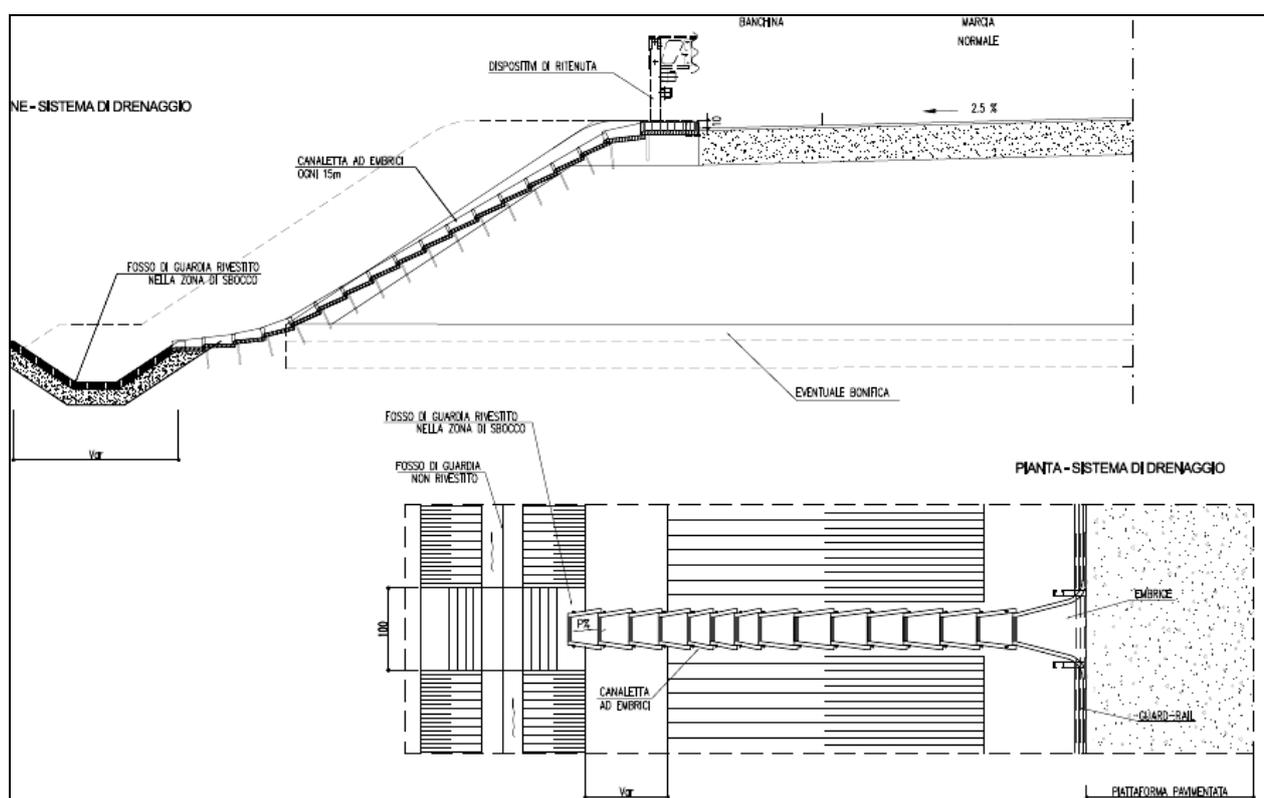


FIGURA 3.2.1 – PARTICOLARE CANALETTE AD EMBRICI

Tali fossi di guardia avranno delle dimensioni tali da garantire oltre al trasporto la laminazione dei picchi di piena. Saranno in terra delle dimensioni minime in sommità di 1,50 m. Le sponde avranno una pendenza di 1 su 1. La larghezza del fondo minima sarà pari a 0.50 m. Tale dimensione evita problemi di riduzione delle sezione idraulica dovuti ad ostruzioni che si possono creare a causa dei depositi, ed evita la necessità di una continua manutenzione. L'altezza minima sarà di 0.5 m, e comunque variabile in ragione dell'andamento del territorio.

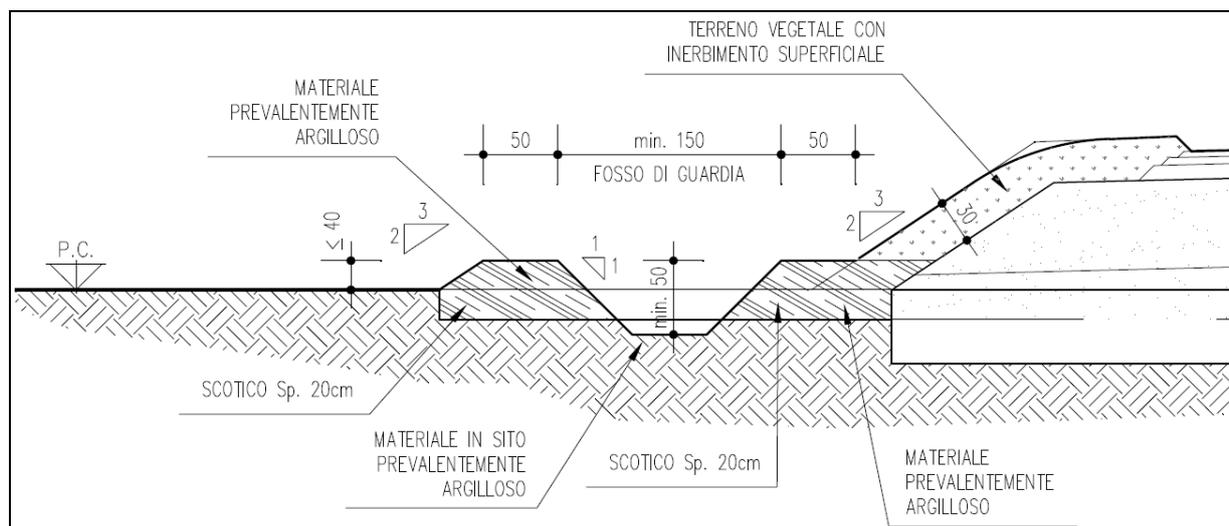


FIGURA 3.2.2 – PARTICOLARE FOSSO DI GUARDIA

Nei tratti in trincea la raccolta avviene mediante canalette poste alla base degli elementi ridirettivi in conglomerato cementizio lungo le quali sono previsti pozzetti di raccolta con caditoie carrabili in ghisa che convogliano le acque nelle sottostanti tubazioni di scolo. Le acque raccolte dalla rete di scolo vengono convogliate all'impianto di sollevamento; sono state previste delle pompe per sollevare le acque meteoriche fino a piano campagna. Queste acque verranno poi immesse nel fosso ricettore al lato della strada, dopo aver effettuato i trattamenti necessari.

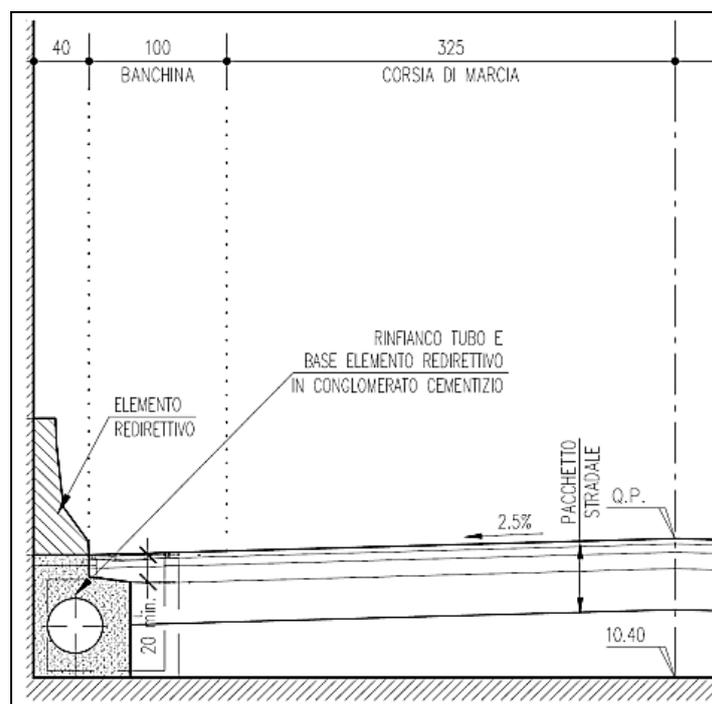


FIGURA 3.2.3 – PARTICOLARE POSIZIONAMENTO CANALETTA

Per informazioni più dettagliate si rimanda alla relazione idraulica.

3.3. VELOCITA' DI PROGETTO

Le Norme Tecniche per la progettazione stradale DM 11/05/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” fissano come criterio fondamentale per la definizione planimetrica delle strade di nuova costruzione la definizione del campo di velocità di progetto all'interno del quale deve variare la velocità di progetto dei vari elementi (rettifili, curve) che compongono il tracciato. La variazione della velocità di progetto tra un elemento, e gli elementi adiacenti è fissata da regole precise le quali devono essere rispettate nel definire il diagramma di velocità; Fondamentale è la definizione della velocità di progetto massima, che è il valore di velocità da considerarsi su tutti gli elementi più favorevoli del tracciato.

Nel fissare la velocità di progetto massima per i diversi tipi di strade la Norma fa preciso e ripetuto riferimento alla velocità massima prevista dal Codice della Strada per quel tipo di strada; più precisamente la velocità massima di progetto per ogni tipo di strada pari al valore del limite di velocità previsto dal Codice della Strada su quel tipo di strada, aumentato di 10 km/h (si veda la tabella 3.4.a della Normativa).

Generalmente la localizzazione e il contesto in cui le varianti alle strade esistenti si inseriscono, non permettono l'adozione di velocità di progetto elevate, in quanto le stesse comporterebbero varianti molto lunghe; pertanto si è ritenuto opportuno adottare limiti di velocità.

La bozza delle "Norme per l'adeguamento delle strade esistenti" offre infatti la possibilità di introdurre e progettare per una velocità inferiore rispetto a quella massima prevista per la categoria a cui la strada appartiene, quando il progetto riguarda l'adeguamento di strade esistenti o varianti di sviluppo modesto.

Per la viabilità oggetto della presente progettazione, viene assunta una sezione tipo “C2” definita dalla Normativa vigente la quale associa a tale tipologia un intervallo di velocità di progetto pari a 60-100 km/h. L'intervento in esame interessa la viabilità esistente per un tratto limitato e quindi, in base a quanto riportato al paragrafo precedente, si prevede di progettare la variante con velocità massima di progetto variabile, in quanto in uscita dalla rotatoria si assume di 50 km/h, che sale a 60 km/h e si stabilizza ai 70 km/h fino al limite dell'intervento. Il diagramma di velocità delle varianti in progetto dovrà pertanto essere costruito tenendo conto di questi valori.

4. DESCRIZIONE STATO DI FATTO

Le opere in progetto per la risistemazione della viabilità a seguito della costruzione della Nuova Autostrada Cispadana, si collocano nelle vicinanze del comune di Cento a ridosso della nuova infrastruttura autostradale.

La strada esistente presenta un tracciato rettilineo in direzione Sud-Est Nord-Ovest; la viabilità in progetto si colloca principalmente in sovrapposizione alla viabilità esistente. Il terreno nella zona dei lavori si presenta pianeggiante e non evidenzia particolari vincoli se non quelli relativi alla presenza di alcuni fabbricati ai quali deve essere garantito l'accesso.

La viabilità preesistente alle opere in corso di progettazione è caratterizzata da sezioni con larghezza della sede pavimentata di 6.00 metri.



FIGURA 4.1 – STRADA COMUNALE MONSIGNORE DI SOTTO ALLO STATO DI FATTO

5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento di progetto consiste nella deviazione dell'attuale Strada Comunale Monsignore di Sotto per mantenere il collegamento tra il territorio a sud ed il territorio a nord della Nuova Autostrada Regionale Cispadana.

Il nuovo asse è stato progettato in larga parte attraverso la sovrapposizione all'attuale sede stradale, prevedendo delle strade laterali per garantire gli accessi alle proprietà private e agli impianti di sollevamento e trattamento delle acque meteoriche. E' stata garantita la continuità con la rete infrastrutturale esistente.

Nella definizione dell'andamento plano-altimetrico si è inoltre garantita la piena compatibilità col tracciato previsto per il nuovo collegamento autostradale.

Il tracciato, disposto lungo la direttrice est-ovest, prende origine dalla strada esistente e con un andamento rettilineo sottopassa la sede della Nuova Autostrada Cispadana.

6. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO PLANIMETRICO

Trattandosi di una strada extraurbana secondaria lo studio dell'asse planimetrico prevede un unico asse posizionato sulla mezzieria della carreggiata, secondo la tipologia "a" prevista nella seguente figura di cui al D.M. 5/11/2001.

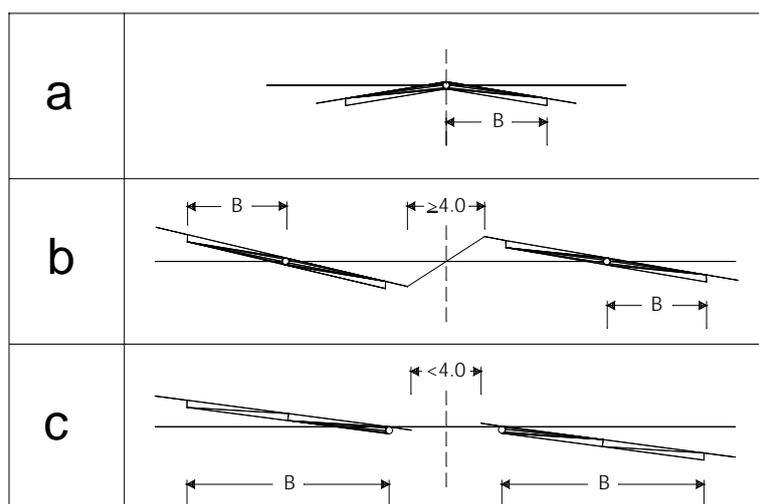


FIGURA 6.1 – ROTAZIONE DELLA CARREGGIATA RISPETTO ALL'ASSE

L'andamento planimetrico della strada comunale Monsignore di Sotto, nell'area di intervento, è rettilineo. Non è stato quindi considerato un raggio di curvatura minimo per le curve circolari. Data tale conformazione priva di curve, non sono stati previsti allargamenti della sede carrabile in quanto risultano garantite le distanze di visibilità per l'arresto. Il tracciato di progetto presenta una lunghezza complessiva pari a 530.66 m senza considerare la rotatoria; il tracciato ha origine in corrispondenza della rotatoria 1. Il tracciato di progetto si sviluppa in direzione est-ovest ed è costituito dalla suddetta rotatoria 1 e da un rettifilo.

6.1. RETTIFILI

Per questi elementi compositivi dell'asse planimetrico, il D.M. 5/11/2001 fissa dei valori limite, superiore e inferiore, in funzione della velocità massima di progetto.

Per il valore massimo tale adozione è dovuta alle esigenze di evitare il superamento delle velocità da Codice della Strada, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna; tale valore si calcola con la formula:

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

che per tipologia della viabilità in oggetto, classificata come C2 con $V_{p, \text{max}} = 70 \text{ km/h}$, risulta pari a 1.540 m.

Il rettifilo del quale si compone il tracciato non raggiunge questo valore limite superiore. Il valore minimo è invece fissato per poter essere correttamente percepito dall'utente, secondo i valori riportati nella tabella seguente (per velocità si intende la velocità massima che si desume dal diagramma di velocità).

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

TABELLA 6.1 -1 – LUNGHEZZA MINIMA DEI RETTIFILI IN FUNZIONE DELLA VELOCITA' DI PROGETTO

Il rettifilo del quale si compone il tracciato presenta una lunghezza di circa 530 m, quindi maggiore di quella minima prevista per una V_p di 70 km/h che è pari a 65 m.

6.2. ROTATORIA

Asse stradale di categoria C2 - Rotatoria 1:

Due corsie, 2 x 3.00 m	→	6.00 m
Banchina esterna pavimentata, 2 x 1.00 m	→	2.00 m
Larghezza complessiva pavimentata	→	8.00 m
Pendenza longitudinale	→	0.00 %
Pendenza trasversale verso l'esterno della rotatoria	→	2.00 %
Raggio esterno rotatoria	→	23.75 m
Larghezza dell'anello	→	8.00 m
Raggio d'entrata	→	18.00 m
Larghezza corsia entrante	→	3.50 m
Raggio d'uscita	→	20.00 m
Larghezza corsie di uscita	→	4.50 m

Raggio di raccordo → 98.00 m

Tutti i parametri progettuali utilizzati per il dimensionamento dell'asse stradale risultano compatibili con quanto previsto dal DM 5/11/2001 per una strada di categoria C2.

6.3. VERIFICHE GEOMETRICHE E FUNZIONALI DELLA ROTATORIA

La geometria delle rotatorie è stata definita adottando, sia per l'anello giratorio che per le rampe di ingresso e uscita, valori compresi negli intervalli definiti dal DM 19 Aprile 2006 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”. Si è inoltre controllato che le grandezze geometriche fissate rispettino quanto riportato nella normativa regionale relativa alla progettazione delle intersezioni (Regolamento regionale 24 Aprile 2006 n. 7 – “ Norme tecniche per la costruzione delle strade” Allegato 2 – “Progettazione delle zone di intersezione”.

Al fine di garantire la corretta progettazione delle rotatorie sono state condotte le verifiche della deflessione dei rami in attraversamento (DM 19 Aprile 2006 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, paragrafo 4.5.3), nonché le verifiche di visibilità per i vari rami di accesso.

Negli schemi grafici seguenti si riportano gli schemi giustificativi delle verifiche condotte:

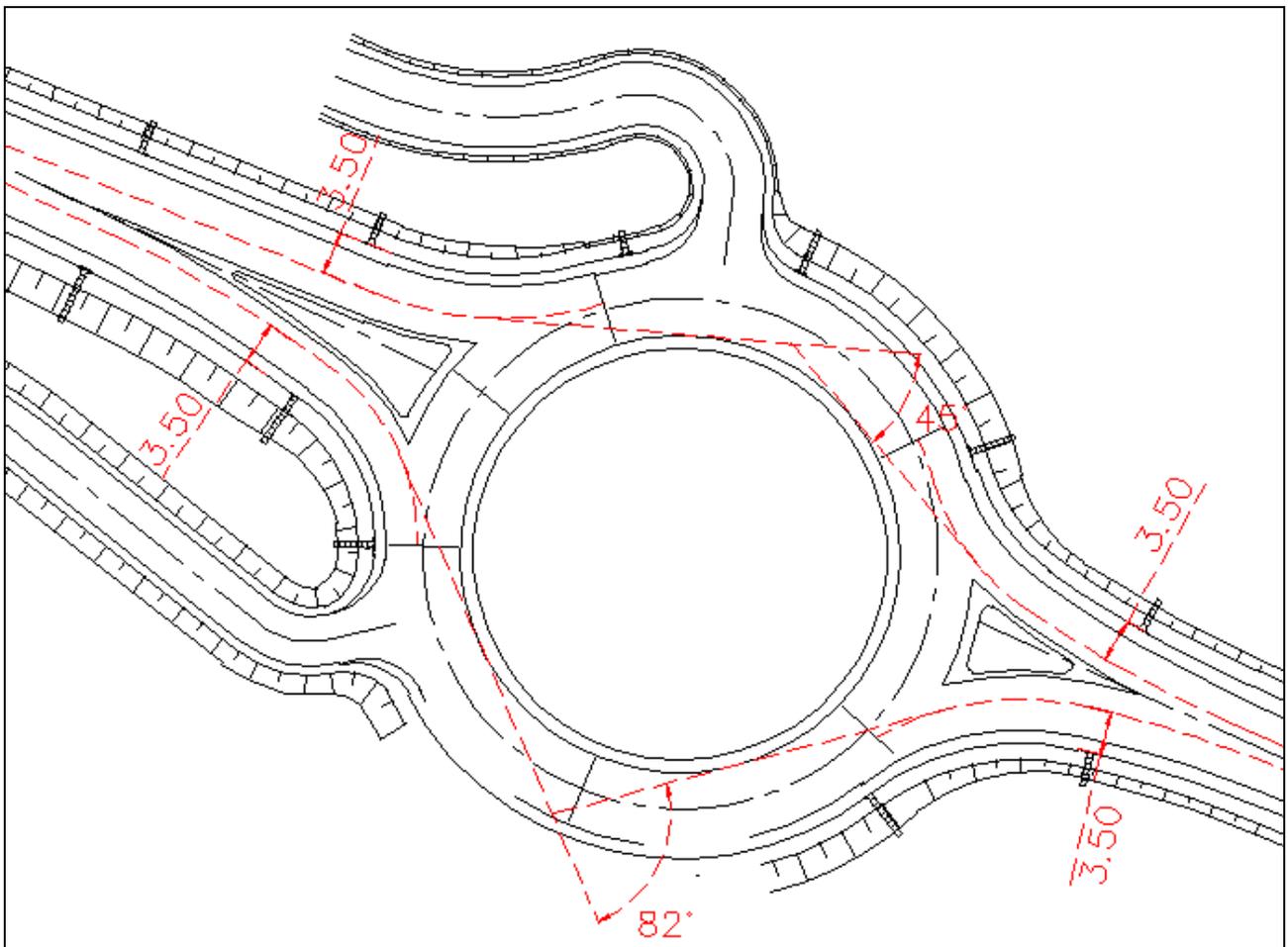


FIGURA 6.2 – VERIFICHE DI DEFLESSIONE ROTATORIA

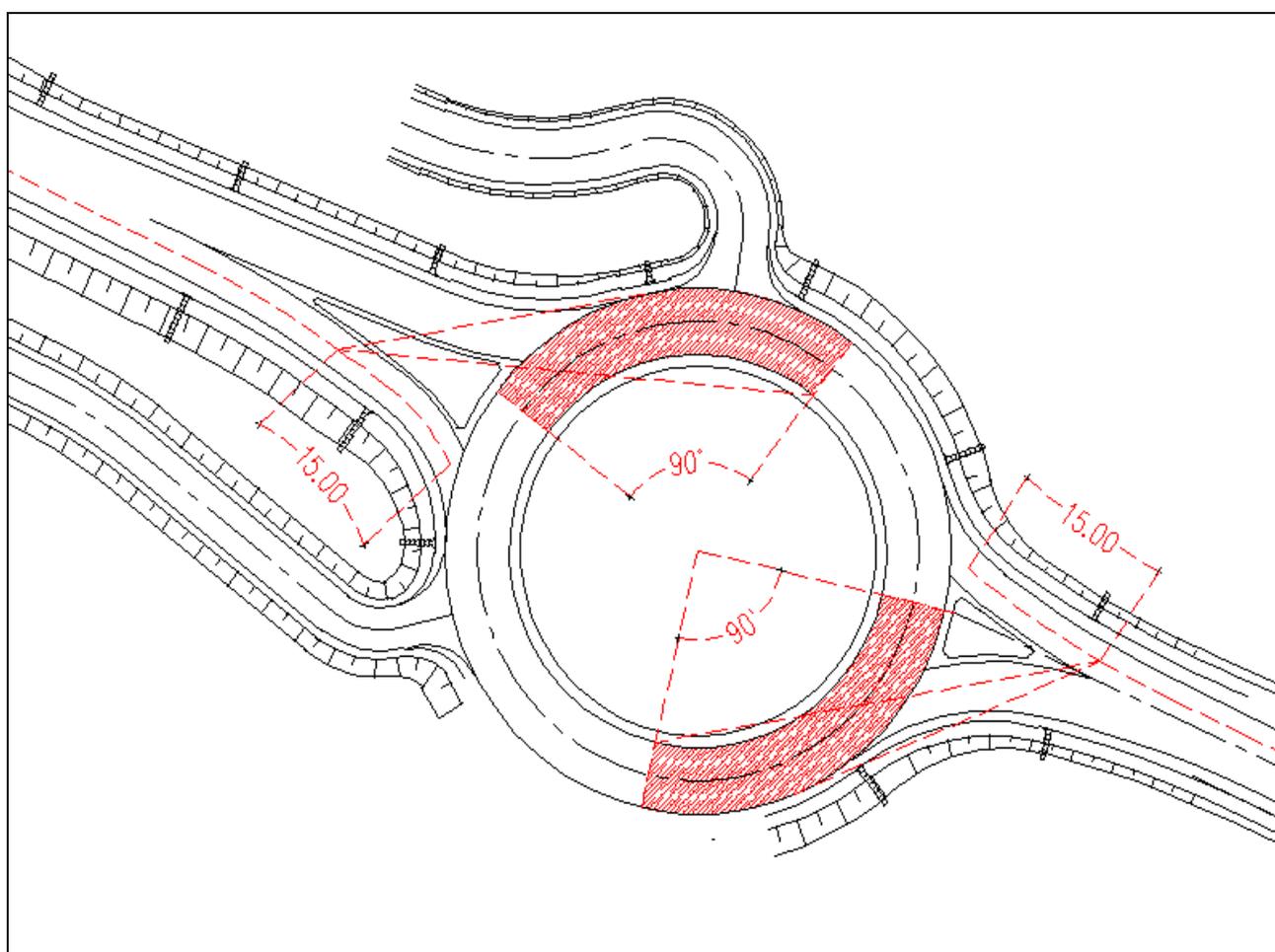


FIGURA 6.3 – VERIFICHE DI VISIBILITÀ ROTATORIA

6.4. VERIFICHE ANDAMENTO PLANIMETRICO

Con riferimento all'elaborato grafico "Diagramma di velocità e di visuale libera" si osserva come il tracciato rispetti quanto contenuto all'interno del DM 5/11/2001 in termini di verifiche degli elementi planimetrici per la categoria di strada in esame.

Si riporta di seguito il tabulato riassuntivo degli elementi planimetrici del tracciato di progetto:

- Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto;
- Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto;
- Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Per le rampe del sottovia, costituite da una unica carreggiata bidirezionale, si escludono il calcolo della distanza di visibilità per il cambio corsia e per il sorpasso poiché è interdetta la manovra di sorpasso mediante apposita segnaletica.

7.2. DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

Il D.M.5.11.2001 stabilisce che lungo tutto il tracciato deve essere assicurata la distanza di visibilità per l'arresto.

Tale distanza si calcola secondo la seguente formula integrale:

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

dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
 D_2 = spazio di frenatura
 V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [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]
 R_a = resistenza aerodinamica [N]
 m = massa del veicolo [kg]
 f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica R_a si valuta con la seguente espressione :

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

dove:

C_x = coefficiente aerodinamico

S = superficie resistente [m²]

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

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
fl (cat. F2)	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

TABELLA 7.2 -1 – QUOTA LIMITE DEL COEFFICIENTE DI ADERENZA IMPEGNABILE
LONGITUDINALMENTE PER LA FRENATURA

Nel caso della Strada Comunale, si è fatto riferimento al seguente diagramma nel quale sono rappresentate, per l'ambito extraurbano, le distanze di visibilità per l'arresto calcolate in funzione della velocità di progetto e della pendenza longitudinale.

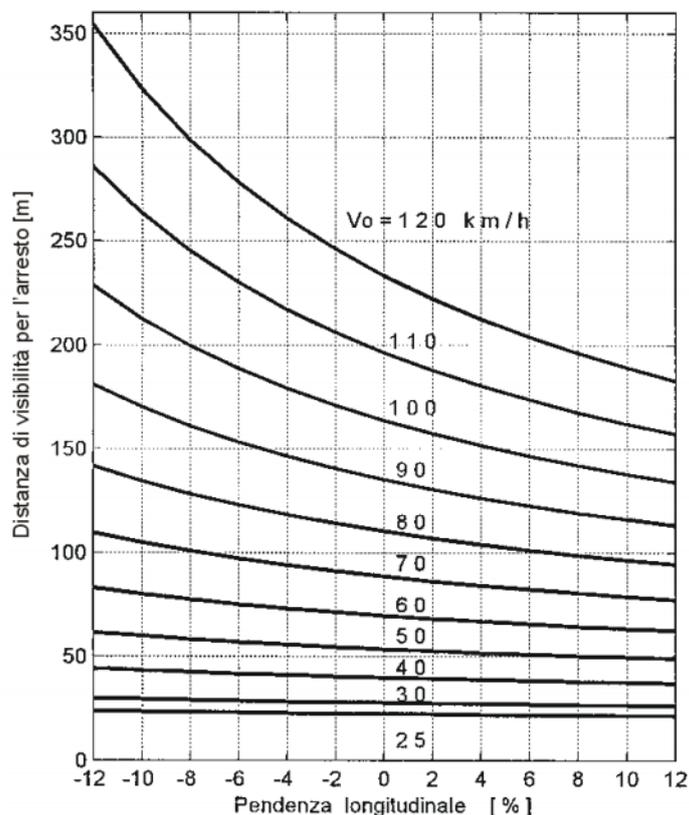


FIGURA 7.2.1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO IN FUNZIONE DI V_p E PENDENZA LONGITUDINALE

In corrispondenza dei raccordi verticali si assume come valore di pendenza, la media algebrica delle pendenze delle due livellette raccordate.

Essendo il tracciato tutto in rettilineo non sono stati previsti allargamenti della carreggiata in quanto non necessari. La verifiche di visibilità condotte hanno restituito esito positivo in entrambe le direzioni come si evince dalle figure seguenti.

8. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO ALTIMETRICO

8.1. CRITERI USATI PER LA COSTRUZIONE DEL PROFILO ALTIMETRICO

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

Per una strada classificata come C2, strada extraurbana secondaria, la pendenza massima da normativa si attesta ad un valore pari al 7%. Nella infrastruttura di progetto è stata assunta una pendenza limite pari al 5.00%.

Per i raccordi verticali si distinguono raccordi concavi e convessi, che vanno dimensionati con riferimento alle distanze di visibilità. I valori minimi sono stabiliti, essenzialmente, allo scopo di assicurare il comfort all'utenza e per assicurare le visuali libere per la sicurezza di marcia.

In base al primo criterio si pone un limite all'accelerazione verticale ovvero:

$$A_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{lim} \quad [m/s^2]$$

dove: v_p è la velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità [m/s], R_v è il raggio del raccordo verticale nel vertice della parabola [m] e a_{lim} è l'accelerazione verticale limite pari a 0,6 [m/s²], da cui risulta un valore minimo del raggio del raccordo verticale pari a:

$$R_v = 0,129 \cdot v_p^2 \quad [m/s^2]$$

Dove v_p è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma di velocità [km/h].

In base al secondo criterio e sapendo che i raccordi sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione:

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

dove Δi è la variazione di pendenza percentuale delle livellette da raccordare ed R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Fissata la distanza di visuale libera che si vuole verificare lungo lo sviluppo del tracciato, le formule per il caso convesso sono:

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

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

- se invece $D > L$

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

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

Per il caso concavo ponendo $h = 0,5$ m e $\theta = 1^\circ$ sono:

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

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

- se invece $D > L$:

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

Dove:

- L è la lunghezza del raccordo parabolico misurata sulla proiezione orizzontale [m];
- Δi è il valore assoluto della differenza di pendenza tra le due livellette da raccordare [m];
- h è l'altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale [m];
- θ è la massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo [°]

8.2. ANDAMENTO ALTIMETRICO

La velocità di progetto del tracciato stradale influenza anche le caratteristiche dei raccordi circolari da introdurre tra le livellette del profilo longitudinale.

Analogamente a quanto considerato per l'andamento planimetrico, anche per l'andamento altimetrico si possono limitare i raggi altimetrici e quindi di conseguenza si può limitare l'ingombro effettivo dell'opera, limitando il valore limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto.

L'andamento altimetrico è stato studiato in maniera tale da garantire i franchi minimi di progetto che la strada deve possedere nell'attraversamento dell'opera di progetto, inoltre per garantire un corretto allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale, ed evitare, in caso del verificarsi di un evento di piena, l'allagamento del sottovia di progetto.

Per poter realizzare tale protezione, sono stati studiati due innalzamenti del profilo di progetto in corrispondenza dell'inizio delle rampe di accesso al sottovia, così come mostrato in figura.

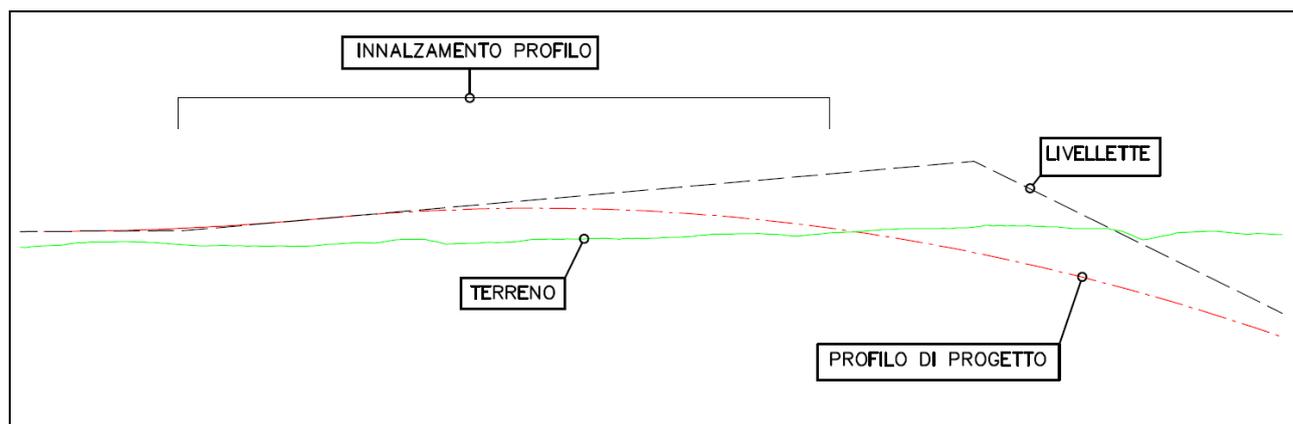
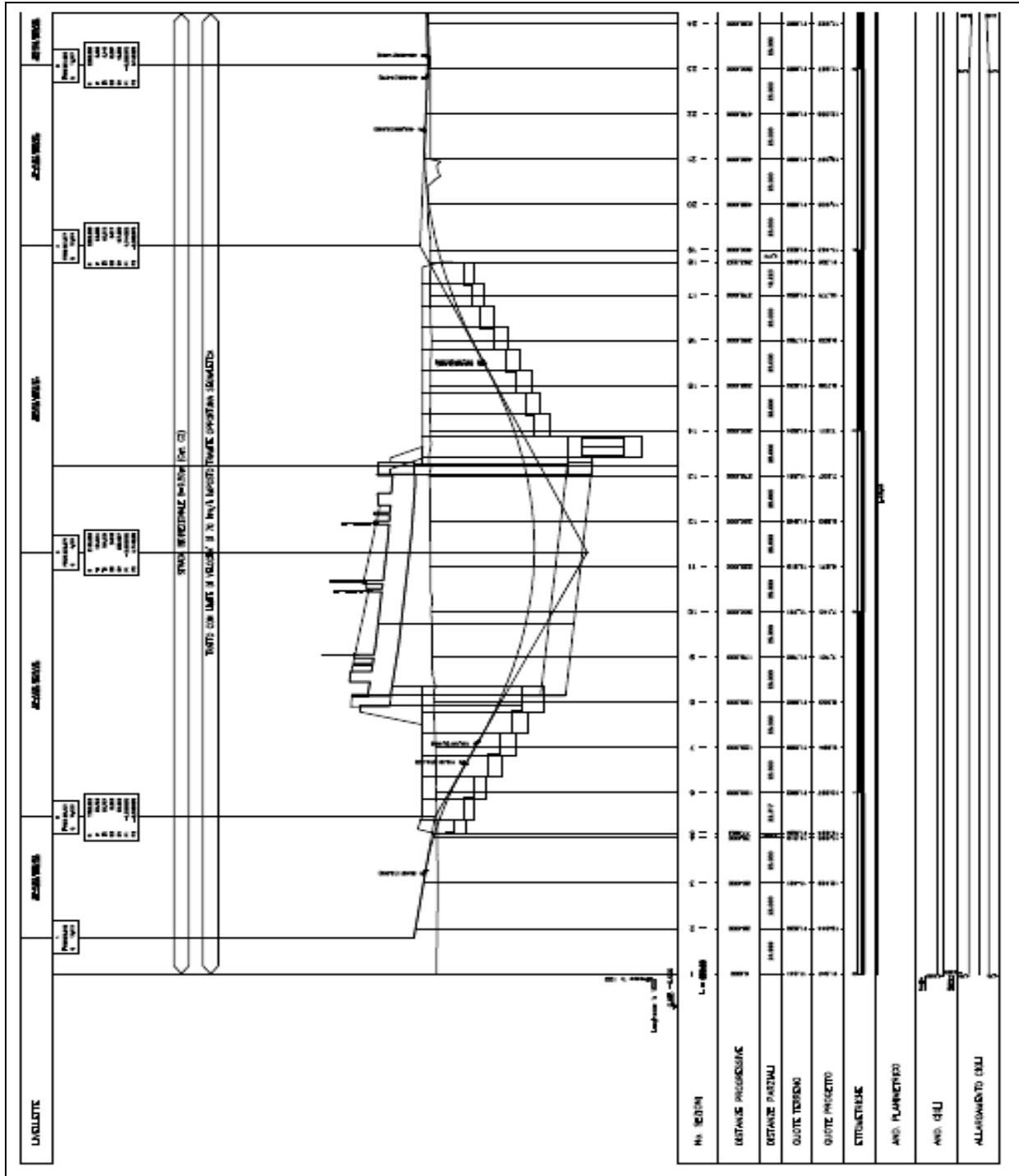


FIGURA 8.2.1 – ESEMPIO DI INNALZAMENTO DEL PROFILO DI PROGETTO IN CORRISPONDENZA DELLE RAMPE DI ACCESSO AL SOTTOVIA



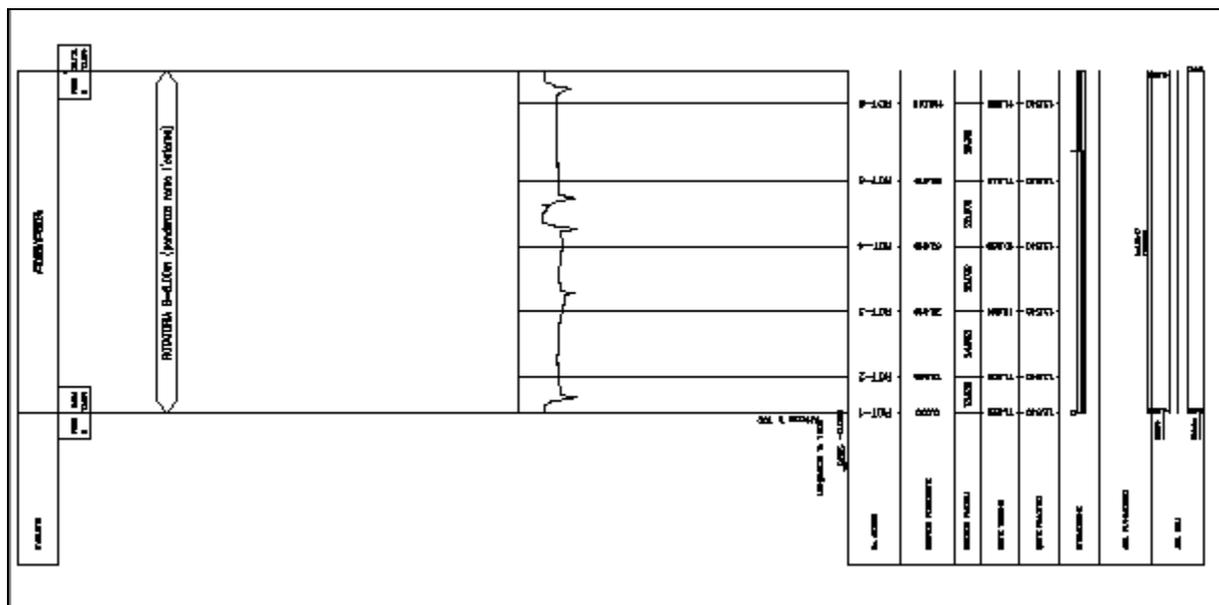


FIGURA 8.2-2 – PROFILO ALTIMETRICO DELLA S.C. MONSIGNORE DI SOTTO

8.3. VERIFICHE ALTIMETRICHE

L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 5.00%. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Vp (km/h)	Diag. Velocità	Raggio Min.
1	Parabolico	1700	-3,499999998	59,53444776	56,68055895	116,1805589	59,49999997	65,168651	True	1698,49091
2	Parabolico	2145	9,744827222	209,1094072	128,3574168	337,3839607	209,0265439	70	True	2140,10188
3	Parabolico	2500	-5,112895558	127,8669067	338,0661937	465,8885827	127,8223889	70	True	2493,57813
4	Parabolico	2000	0,51494716	10,29896089	496,5093195	506,8082627	10,29894321	70	True	630,144033

FIGURA 8.3.1 – RACCORDI PARABOLICI TRA LE LIVELLETTE DEL TRACCIATO

Pendenza longitudinale i % della sede stradale:

Rampa Est **5.000%**

Rampa Ovest **4.744%**

Raggio minimo raccordo verticale convessi **1700.00 m**

Raggio minimo raccordi verticali concavi **2000.00 m**

Pendenza trasversale max **2,50%**

9. DIAGRAMMA DI VELOCITA'

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando, per ogni elemento di esso, l'andamento della velocità di progetto.

Il diagramma di velocità viene redatto sulla base delle seguenti ipotesi:

- sui rettilinei, sulle curve circolari con raggio non inferiore ad R^* e lungo le clotoidi, la velocità tende al limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto;
- su tutte le curve con raggio inferiore ad R^* la velocità è costante e si valuta attraverso l'equazione di stabilità allo slittamento del veicolo in curva;
- gli spazi di accelerazione e di decelerazione, rispettivamente, in uscita o in ingresso ad una curva circolare, ricadono sugli elementi indicati in a);
- le variazioni avvengono con moto uniformemente vario con $a = 0,8 \text{ m/s}^2$. Lo spazio necessario per passare da una velocità V_1 ad una velocità V_2 , denominata dalle Norme distanza di transizione D_T , si valuta con la relazione:

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

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

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

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

- la decelerazione termina all'inizio della curva circolare, mentre l'accelerazione comincia all'uscita della curva circolare, pertanto è a partire da questi punti che vanno riportate le distanze di transizione.
- Affinché il conducente possa attuare la decelerazione, è necessario che la curva sia vista e percepita come tale; la distanza ΔT deve, pertanto, essere minore della visuale libera disponibile e della distanza di riconoscimento D_r che può essere calcolata moltiplicando per 12 la velocità espressa in m/s.

E' necessario verificare che 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. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h.

Nel caso della infrastruttura di progetto, essendo il tracciato in rettilineo, è stato possibile evitare ulteriori verifiche, tuttavia, come suddetto, la velocità di progetto massima varia tra 50 km/h e 70 km/h.



AUTOSTRADA
REGIONALE
CISPADANA

REGIONE EMILIA ROMAGNA
AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

PROGETTO DEFINITIVO
PROGETTAZIONE STRADALE
VIABILITA' INTERFERITA
V49 – SOTTOVIA MONSIGNORE DI SOTTO
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIATO

Per maggiori dettagli sul diagramma delle velocità fare riferimento all'elaborato specifico.

10. COORDINAMENTO PLANOALTIMETRICO

Per coordinamento plano-altimetrico si intendono quegli accorgimenti tesi a garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, coordinando sotto certe regole l'andamento planimetrico e quello altimetrico.

Le regole da osservare per un buon coordinamento sono le seguenti:

1. Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso. Se ciò si verifica, risulta mascherato il cambiamento di direzione in planimetria. Un miglioramento del quadro prospettico lo si ottiene anticipando l'inizio dell'elemento curvilineo planimetrico quanto più possibile.
2. Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo. Se ciò si verifica la visione prospettica dei cigli presenta una falsa piega.
3. Quando non sia possibile spostare i due elementi in modo che le posizioni dei rispettivi vertici coincidano, un miglioramento della qualità ottica del tracciato lo si ottiene imponendo che il rapporto fra il raggio verticale R_v ed il raggio della curva planimetrica R sia ≥ 6 .
4. Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo. In questo caso, la visione prospettica di uno dei cigli presenta difetti di continuità. Per correggere tale difetto occorre aumentare il più possibile il rapporto R_v/R in modo che gli sviluppi dei due raccordi coincidano.
5. Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica. Anche in questo caso nelle linee di ciglio si presentano evidenti difetti di continuità ed inoltre si percepisce un restringimento della larghezza della sede stradale che può indurre l'utente ad adottare comportamenti non rispondenti alla reale situazione del tracciato. Questo difetto può essere ancora corretto portando a coincidere i vertici dei due elementi.
6. Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale. Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

Tutti i raccordi altimetrici rispettano le regole e pertanto si ottiene un buon coordinamento plano-altimetrico. Anche la verifica relativa alle perdite di tracciato da esito positivo.