

PROLUNGAMENTO DELLA S.S. n°9 "TANGENZIALE NORD di REGGIO EMILIA" NEL TRATTO DA S. PROSPERO STRINATI A CORTE TEGGE

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Gianfranco Sodero Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 5686 Y	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI Ing. Renato Del Prete	PROGETTISTA Ing. Gabriele Incecchi (E&G S.r.l.)
			PROGETTAZIONE STRADALE Prof.ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)	PROGETTAZIONE IDRAULICA Ing. Vittorio Ranieri (Uning)
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI Ing. Giampiero Martino (E&G S.r.l.)
			COMPUTI Ing. Valerio Bajetti (I.T. Ingegneria)	CANTIERISTICA Prof.ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)
 Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	ECOPLAN Società di Ingegneria & Architettura s.p.a. Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Via Impresario, Milano n.4 - 20126, Ben Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	GEOLOGIA Dott. Danilo Gallo	GEOTECNICA Prof.ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)
			AMBIENTE Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	SICUREZZA Prof. ing. Luigi Monterisi (Setac S.r.l.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Anna NOSARI	INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE DEL PRETE   Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA   Ing. Gabriele INCECCHI	GEOLOGO   Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE   Prof. ing. Luigi MONTERISI
---	---	---	---	--

DA 001

D - PROGETTO STRADALE
DA - ASSE PRINCIPALE
 Relazione tecnica stradale - Asse principale

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. ANNO COBO E 1701		NOME FILE DA001_P00PS00TRARE01_B.dwg		REVISIONE B	SCALA: -
CODICE ELAB. P00PS00TRARE01					
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO INTERMEDIO DI VERIFICA	OTTOBRE 2018	ING. RIZZO	ING. INCECCHI	ING. BAJETTI
A	PRIMA EMISSIONE	GIUGNO 2018	ING. CACCIATORE	ING. INCECCHI	ING. BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NOMENCLATURA DEGLI ASSI	2
3. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI	2
4. DATI GENERALI	3
4.1 GENERALITA’	3
4.2 MODIFICHE AL PROGETTO DEFINITIVO	4
4.3 ASSI STRADALI E CLASSIFICAZIONE	5
4.4 SEZIONI TIPO	6
4.5 INTERSEZIONI E CORSIE SPECIALIZZATE	15
4.5.1 CORSIE DI DECELERAZIONE	15
4.5.2 CORSIE DI ACCELERAZIONE	16
4.5.3 ROTATORIE	17
5. CARATTERISTICHE PROGETTUALI: ASSE PRINCIPALE	19
5.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO	19
5.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO	27
6. VERIFICHE E DISTANZE DI VISIBILITA’	29
7. ALLARGAMENTO IN CURVA	33
8. ALLEGATO A: TABELLE DATI GEOMETRICI CORSIE DI IMMISSIONE	34
9. SOTTOSCRIZIONE DELL’ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.	35

1. PREMESSA

La presente relazione descrive i metodi e le procedure seguite per la progettazione stradale esecutiva del "Prolungamento della Tangenziale Nord di Reggio Emilia tra S. Prospero Strinati e Corte Tegge".

2. NOMENCLATURA DEGLI ASSI

Come indicato nell'elab. T00 EG00 GEN PL03 A, le viabilità rappresentate nelle planimetrie del progetto Esecutivo sono state distinte in:

- ASSI DI PROGETTO
- VIABILITA' DI SERVIZIO
- PISTE CICLABILI E PERCORSI CICLOPEDONALI

In particolare per gli assi di progetto:

Sn: indica lo svincolo di appartenenza dell'asse (con n=1,2,3)

AS 00-n: numero progressivo dell'asse di progetto

Per le viabilità di servizio:

Sn: indica lo svincolo di appartenenza dell'asse (con n=1,2,3)

SDS 01-n: numero progressivo della strada di servizio

Per le piste infine:

PC 01-n: numero progressivo della pista ciclabile e/o ciclopedonale

3. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

[1] **D.Lgs 18 Aprile 2016 n.50** - Codice dei contratti pubblici.

[2] **D.P.R. 554/99** -Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 Febbraio 1994, n.109, e successive modificazioni.

[3] **D.Lgs 30 aprile 1992 n.285 e ss. mm. ii.** - Nuovo Codice della Strada.

[4] **D.P.R. 16 dicembre 1992 n.495 e ss. mm. ii.** – Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

[5] **D.M. 5 novembre 2001** - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.

[6] **D.M. 22 aprile 2004** - Deroghe all'applicazione del D.M. 5.11.2001.

[7] **D.M. 19 aprile 2006** - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

[8] **D.M. 30 novembre 1999 n°557** - Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili.

4. DATI GENERALI

4.1 GENERALITA'

Il prolungamento della Tangenziale di Nord di Reggio Emilia si sviluppa interamente in territorio della Provincia di Reggio Emilia, in variante rispetto alla tangenziale esistente SS722 a partire dal km 8+500 circa (a ridosso di San Prospero Strinati – frazione di Reggio Emilia) sino a Corte Tegge (frazione del Comune di Cavriago) con l'intersezione con il tracciato storico della S.S. 9 Via Emilia. Il nuovo collegamento tangenziale risulta indispensabile per risolvere diverse situazioni di insufficienza infrastrutturale nella viabilità del Comune di Reggio Emilia, con particolare riferimento al traffico afferente l'abitato di Roncocesi, la zona industriale di "Villaggio Crostolo", Pieve Modolena e l'abitato lungo la sede storica della S.S.9 Via Emilia.

Il tracciato del nuovo collegamento tangenziale è diviso in due parti:

- il primo tratto si sviluppa dall'innesto con la Tangenziale esistente fino a Pieve Modolena: per una lunghezza complessiva pari a 4054,00 m (sezz.1-217A), con direzione Est-Ovest ed ha le caratteristiche geometriche di una strada extraurbana principale di categoria B, secondo la classificazione prevista dal D.M. 5/11/2001. La piattaforma è di 22 m suddivisa in due carreggiate con spartitraffico centrale di 2.50 m. Ciascuna carreggiata è caratterizzata da due corsie di 3.75 m, banchina esterna di 1.75 m e banchina interna di 0.50 m. La pendenza della piattaforma varia dal 2.5% in rettilineo fino ad un massimo del 7% in curva. Gli elementi marginali sono costituiti da arginelli in terra, larghi complessivamente 1.30 m, tali da consentire il corretto funzionamento delle barriere laterali di protezione;
- un tratto di transizione (sezz. 217A-233) di lunghezza complessiva pari a 299.663 m tra la sezione con caratteristiche geometriche di una strada extraurbana principale di categoria B del primo tratto e caratteristiche geometriche di una strada extraurbana secondaria di categoria C del secondo tratto; un secondo tratto dallo svincolo di Pieve Modolena alla via Emilia storica in località Corte Tegge di lunghezza complessiva pari a 2031.828 m (sezz.233-342) con caratteristiche geometriche di una strada extraurbana secondaria di categoria C, secondo la classificazione prevista dal D.M. 5/11/2001. La piattaforma stradale è caratterizzata da una unica carreggiata di 10.50 m organizzata su due corsie di 3.75 m e banchina esterna di 1.50 m. La pendenza della piattaforma varia dal 2.5% in rettilineo fino ad un massimo del 7% in curva. Gli elementi marginali sono costituiti da arginelli in terra, larghi complessivamente 1.30 m, tali da consentire il corretto funzionamento delle barriere laterali di protezione.

Le aree di svincolo/intersezione principali sono n.3:

- svincolo SV01 denominato "Svincolo Rete 2";
- svincolo SV02 denominato "Svincolo Pieve Modolena";
- svincolo SV03 denominato "Svincolo Corte Tegge".

Si segnalano per completezza anche le seguenti interferenze:

- della nuova Tangenziale con il torrente Crostolo dal km 0+175,00 ca. al km 0+418,00 ca. risolta con il viadotto VI01;
- della nuova Tangenziale con via Ferraroni dal km 3+332,00 ca. al km 3+495,20 ca. risolta con il viadotto VI02;
- della nuova Tangenziale con il torrente Modolena dal km 4+511,80 ca. al km 4+539,50 ca. risolta con il viadotto VI03;
- della nuova Tangenziale con il torrente Quaresimo dal km 5+169,70 ca. al km 5+200,00 ca. risolta con il viadotto VI04;

- dell'asse di progetto S1AS02 con la linea ferrata Milano - Bologna risolta mediante la realizzazione del sottopasso ST02;
- dell'asse di progetto S2AS02 con la linea ferrata Milano - Bologna risolta mediante la realizzazione del sottopasso ST03;
- della nuova Tangenziale con via C. Marx al km 4+390,00 risolta con la realizzazione del sottopasso ST04.
- della nuova Tangenziale con la linea ferrata Milano - Bologna al km 5+705.85 risolta con la realizzazione del sottopasso ST05.

Completano il quadro delle opere stradali il sottovia ST01 necessario per risolvere il passaggio dell'asse S1AS04 sotto la nuova tangenziale di progetto, i sottovia ST06, ST08 e ST09 necessari per il passaggio delle viabilità di servizio sotto la nuova tangenziale di progetto, e i sottovia ST07 ed ST10 necessari per il passaggio delle piste ciclabili sotto la tangenziale.

Per i dettagli di queste opere, nonché di quelle minori (attraversamenti idraulici, muri di sostegno, etc.), si rimanda agli elaborati planimetrici di dettaglio allegati al presente progetto esecutivo.

4.2 MODIFICHE AL PROGETTO DEFINITIVO

In accordo a quanto emerso in sede di istruttoria ANAS sul progetto definitivo, dal parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e dalle osservazioni formulate dalle ditte espropriande, nel progetto esecutivo, d'accordo con Anas, sono state introdotte alcune modifiche rispetto alle previsioni del progetto definitivo. Di seguito si riportano le modifiche più rilevanti:

- nel primo tratto di progetto, tratto classificato con cat. B, è stato modificato il tracciamento della nuova tangenziale al fine di riportare l'asse di tracciamento coincidente con l'asse dello spartitraffico e quindi confermare grossomodo gli ingombri previsti nel progetto definitivo;
- sulla nuova tangenziale sono stati rivisti gli allargamenti delle carreggiate necessari per garantire la visibilità. Si è provveduto inoltre all'inserimento di nuovi allargamenti per le visibilità anche sulle viabilità minori;
- si è provveduto al progetto delle corsie specializzate nel rispetto delle normative vigenti in materia di intersezioni stradali (DM 19 Aprile 2006);
- le lunghezze delle corsie specializzate di uscita degli svincoli sono state incrementate rispetto ai valori di calcolo al fine di garantire la visibilità per la manovra di cambiamento di corsia;
- riposizionamento delle piazzole di sosta lungo il tracciato;
- Lo svincolo SV01 – "Svincolo Rete 2" ha subito le seguenti modifiche:
 - ✓ spostamento della rotatoria S1RT03 di circa 50 m più a sud, al fine di ridurre l'interferenza della nuova viabilità di progetto con la Scuola dell'Infanzia Maria Vergine Madre posta su via Hiroshima;
 - ✓ inserimento di un nuovo collegamento diretto tra via Normandia e la rotatoria S1RT01;
 - ✓ modifica dell'asse S1AS04 da singola carreggiata a doppia carreggiata;
 - ✓ sostituzione della pista ciclabile prevista nel progetto definitivo con un percorso che, anche a mezzo di tratti di pista esistenti, collega via Normandia alla rotatoria esistente posta su via Hiroshima nei pressi della Motorizzazione Civile. Il nuovo percorso prevede la realizzazione di un

nuovo sottopasso ciclo-pedonale (ST10) in corrispondenza della nuova tangenziale di progetto.

- Lo svincolo SV02 – “Svincolo Pieve Modolena” ha subito le seguenti modifiche:
 - ✓ la rotonde di diametro maggiore di 50 m (asse S2RT01) è stata progettata non più come rotonda propriamente detta, ma come anello stradale dotato di appositi dispositivi di controllo delle intersezioni con i rami stradali ivi confluenti. Ciascuna immissione/uscita è stata progettata con riferimento allo schema proprio delle intersezioni lineari a raso, verificando sempre la sussistenza di adeguati triangoli di visibilità;
 - ✓ la rotonda S2RT02 è stata spostata più a est al fine di limitare l’interferenza con l’attività produttiva presente a nord di via G. Rinaldi nei pressi della rotonda stessa.

- Lo svincolo SV03 – “Svincolo Corte Tegge” ha subito le seguenti modifiche:
 - ✓ la rotonde S3RT01 è stata spostata in corrispondenza della attuale intersezione esistente tra la SS9 e via Gonganza;
 - ✓ la sezione dell’asse S3AS01 è stata adeguata alla cat. F2 con l’aggiunta di una pista ciclabile in sede propria oltre il margine sinistro della viabilità carrabile.

4.3 ASSI STRADALI E CLASSIFICAZIONE

Tutti gli assi stradali sono stati progettati seguendo integralmente le disposizioni normative [5], [6] e [7].

La progettazione della nuova Tangenziale è stata condotta su un unico asse centrale collocato a mezz'ora dello spartitraffico delle due carreggiate prevedendo gli opportuni allargamenti per la visibilità ove reso necessario dalle verifiche. Tali allargamenti sono individuati nelle planimetrie e nei profili altimetrici da opportune fincature che riportano l’estensione e la larghezza dell’allargamento di progetto.

Riassumendo le viabilità progettate e le loro caratteristiche essenziali sono riassunte nella tabella seguente.

ASSE	FUNZIONE	CATEGORIA	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
1	Prolungamento della SS9 “Tangenziale Nord di Reggio Emilia” nel tratto da S. Prospero Strinati a Corte Tegge	- extraurbana principale di categoria B (sezz. 1-217A); - extraurbana secondaria di categoria C (sezz. 233-342);	D.M. 5 novembre 2001
S1RA01 – S1RA02 – S1RA03 – S1RA04 – S2RA01 – S2RA02 – S2RA03 – S2RA04 – S1AS02 – S1AS04	Rampa di svincolo	-	D.M. 19 aprile 2006

S1AS01 – S1AS06 – S2AS00 – S2AS03 – S2AS04 – S3AS03 – S3AS04 – S3AS05	Ramo di raccordo viabilità esistente con intersezione di progetto	-	D.M. 19 aprile 2006
S1AS03 – S1AS09 – S3AS02	Ramo di raccordo viabilità esistenti	Strada locale a destinazione particolare	D.M. 5 novembre 2001
S1AS05	Viabilità di raccordo tra la rot. S1RT01 e la rot. S1RT03	Strada locale extraurbana di categoria F1	D.M. 5 novembre 2001
S1AS07	Ramo di raccordo viabilità esistente con intersezione di progetto	Strada locale a destinazione particolare	D.M. 5 novembre 2001
S2AS01	Viabilità di raccordo tra la rot. S2RT01 e la rot. S2RT02	Strada locale extraurbana di categoria F2	D.M. 5 novembre 2001
S2AS02	Viabilità di raccordo tra la rot. S2RT01 e la rotatoria esistente	Strada extraurbana secondaria di categoria C1	D.M. 5 novembre 2001
S2AS05	Strada poderale	Strada locale a destinazione particolare	D.M. 5 novembre 2001
S2AS06	Ramo di raccordo viabilità esistente con asse S2AS02	-	-
S3AS01	Tratto di adeguamento di via C. Marx che consente di sottopassare la linea ferroviaria e la nuova Tangenziale	Strada locale extraurbana di categoria F2	D.M. 5 novembre 2001
S1RT01 – S1RT03 – S2RT02 – S3RT01	Corona rotatoria	-	D.M. 19 aprile 2006
S2RT01	Anello giratorio	-	D.M. 5 novembre 2001

Tabella 1 – Classificazione degli assi di progetto

Il progetto esecutivo, coerentemente con il livello gerarchico dell'arteria in progetto e le classificazioni delle viabilità di progetto, prevede che tutte le viabilità interferenti del primo tratto siano interconnesse con intersezioni a livelli sfalsati (SV01 e SV02), mentre quelle del secondo tratto con intersezioni a raso (SV03).

4.4 SEZIONI TIPO

Le sezioni di tipo adottate fanno riferimento al Decreto (D.M. 05.11.2001). Il 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 Codice della Strada, e da verificare in funzione di esigenze normative legate ad altri settori come per esempio la larghezza minima dello spartitraffico oppure gli allargamenti di piattaforma per visibilità, etc.

Gli elementi compositivi della sezione trasversale sono descritti con riferimento alla seguente figura di cui al Decreto 5 novembre 2001:

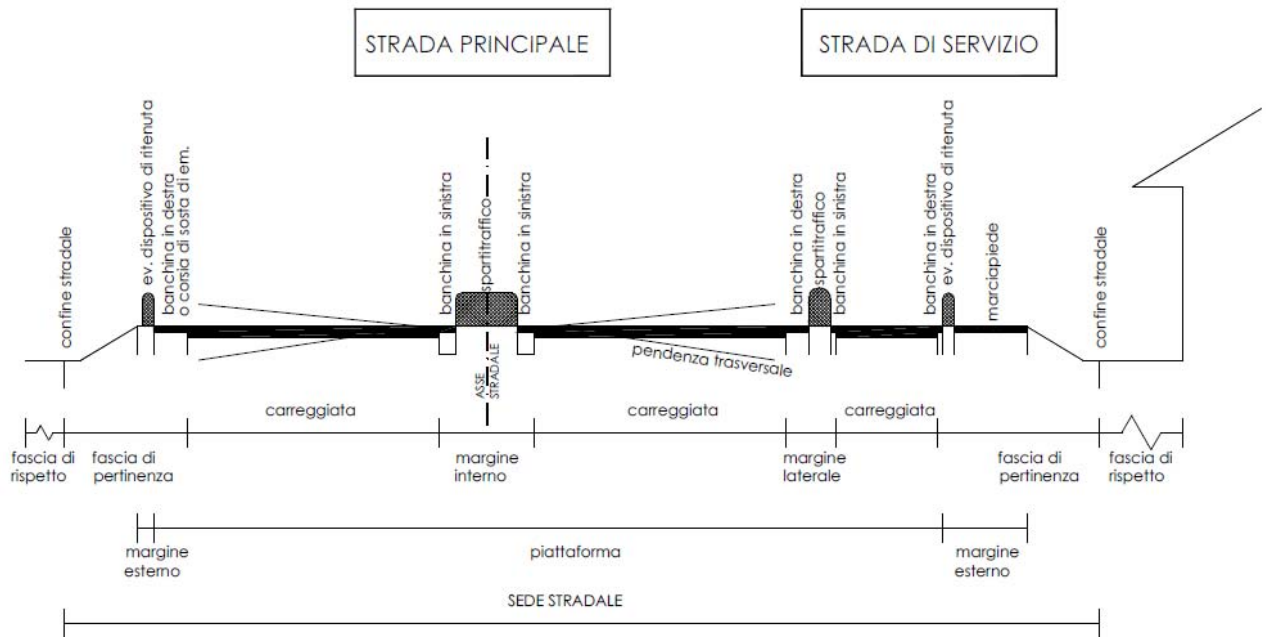


Figura 1 – Denominazione degli spazi stradali

Di seguito si riporta la descrizione delle sezioni tipo stradali adottate nell’ambito del progetto.

Le sezioni tipologiche, sono state scelte nel rispetto delle categorie di strada individuate. Come detto in precedenza, la piattaforma della nuova tangenziale di progetto, nel primo tratto, ha le caratteristiche della strada extraurbana principale di tipo “B”. In rilevato come in trincea è prevista la realizzazione di scarpate con pendenza 3/2.

La piattaforma è di 22 m suddivisa in due carreggiate da uno spartitraffico centrale di 2.50 m. Ciascuna carreggiata è caratterizzata da due corsie di 3.75 m, banchina esterna di 1.75 m e banchina interna di 0.50 m.

La pendenza della piattaforma varia dal 2.5% in rettilineo fino ad un massimo del 7% in curva. Gli elementi marginali sono costituiti da arginelli in terra, larghi complessivamente 1.30 m, tali da consentire il corretto funzionamento delle barriere laterali di protezione.

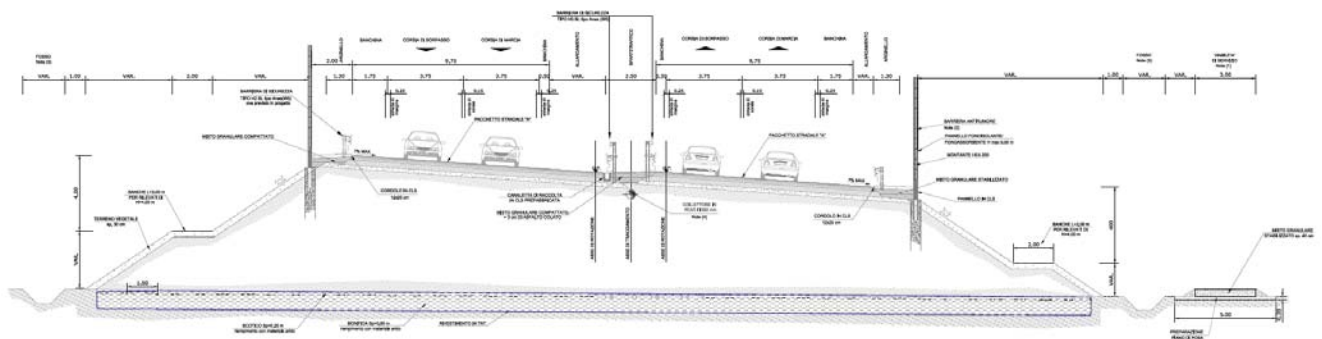


Figura 2 – Sezione tipologia nuova tangenziale cat. B

Il secondo tratto della tangenziale invece è caratterizzato da una piattaforma stradale ad una unica carreggiata di 10.50 m organizzata su due corsie di 3.75 m e banchina esterna di 1.50 m.

Anche in questo caso la pendenza della piattaforma varia dal 2.5% in rettilo fino ad un massimo del 7% in curva, con arginelli in terra larghi complessivamente 1.30 m, tali da consentire il corretto funzionamento delle barriere laterali di protezione.
 In entrambi i tratti per rilevati di altezze maggiori a 4.00 m è previsto un gradone/banca di larghezza pari a 2.00 m.

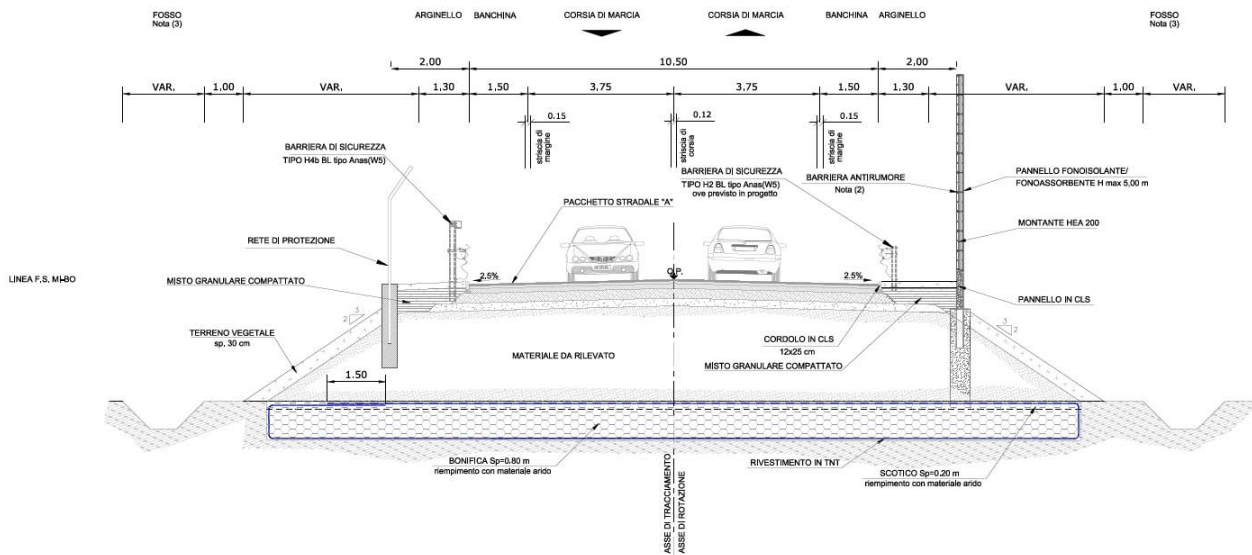


Figura 3 - Sezione tipologia nuova tangenziale cat. C

Le rampe di svincolo S1RA01-02-03-04, coerentemente con quanto disposto nella tabella 9 del DM del 19.04.2006 per le strade di cat. B, sono state previste ad unica corsia di larghezza pari a 4.00 m con banchine in destra e sinistra di 1.00 m. La pendenza trasversale unica è pari a 2.5% verso l'esterno in rettilo sino ad un massimo del 7% nei tratti in curva. Completano la piattaforma arginelli in terra sempre da 1.30 m e banche di larghezza pari a 2.00 m quando i rilevati superano altezze maggiori a 4.00 m di altezza.

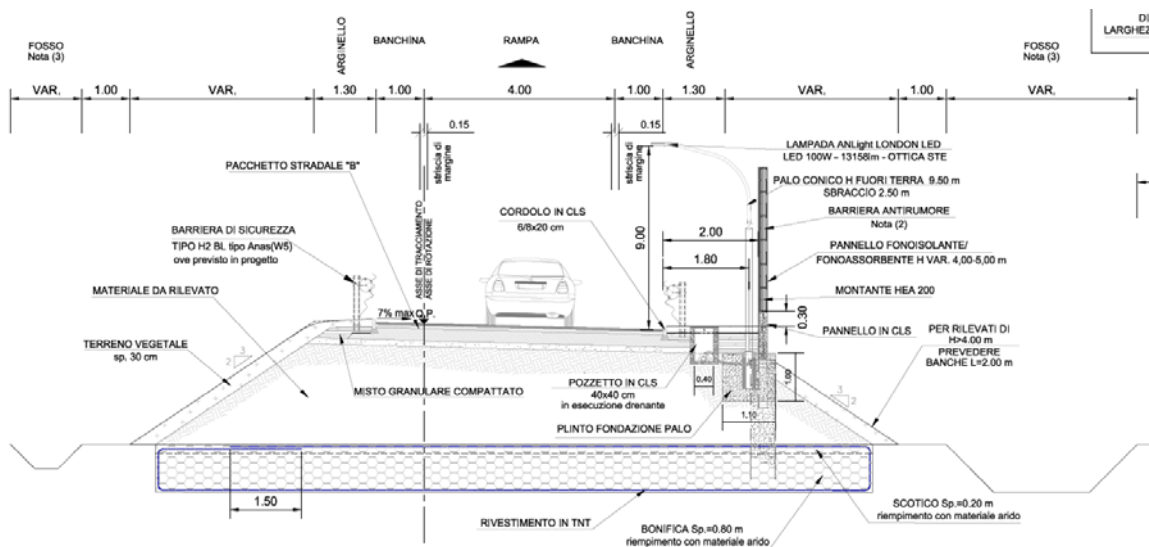


Figura 4 – Sezione tipologia rampe di svincolo a singola corsia

Le rampe di svincolo S1AS02 ed S1AS04 sono entrambe state progettate con una doppia carreggiata, carreggiate opportunamente separate da spartitraffico e/o segnaletica orizzontale. Le singole carreggiate ricoprono la funzione di rampe di svincolo a doppia corsia per senso di marcia.

Nel dettaglio l'asse S1AS02 trattasi di un adeguamento di viabilità di intersezione esistente (via Hiroshima) in un contesto di antropizzazione molto importante. Per detti motivi non risulta possibile prevedere, come disposto dalla tabella 9 del [6] una larghezza delle corsie pari a 3.50 m, ma la larghezza di progetto è pari a 3.25 m. Tale situazione viene contemplata dalla stessa norma all'art.2-comma 3. Alle due corsie si aggiungono delle banchine esterne di larghezza pari a 1.00 m, e una pista ciclo-pedonale in sede propria, lato ovest, di larghezza pari a 2.50 m come indicato nella figura seguente.

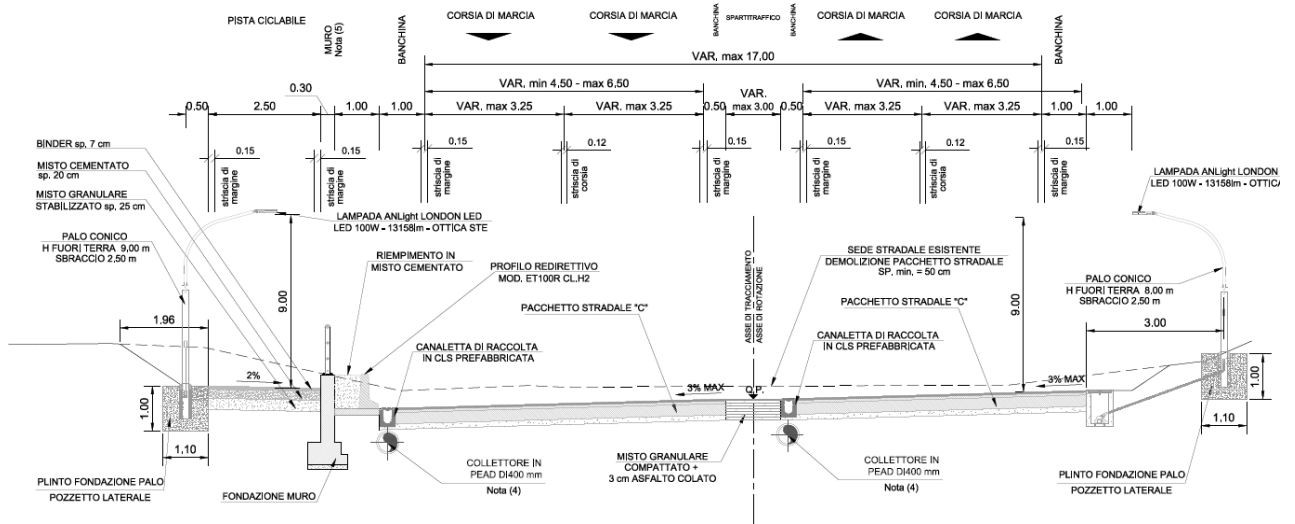
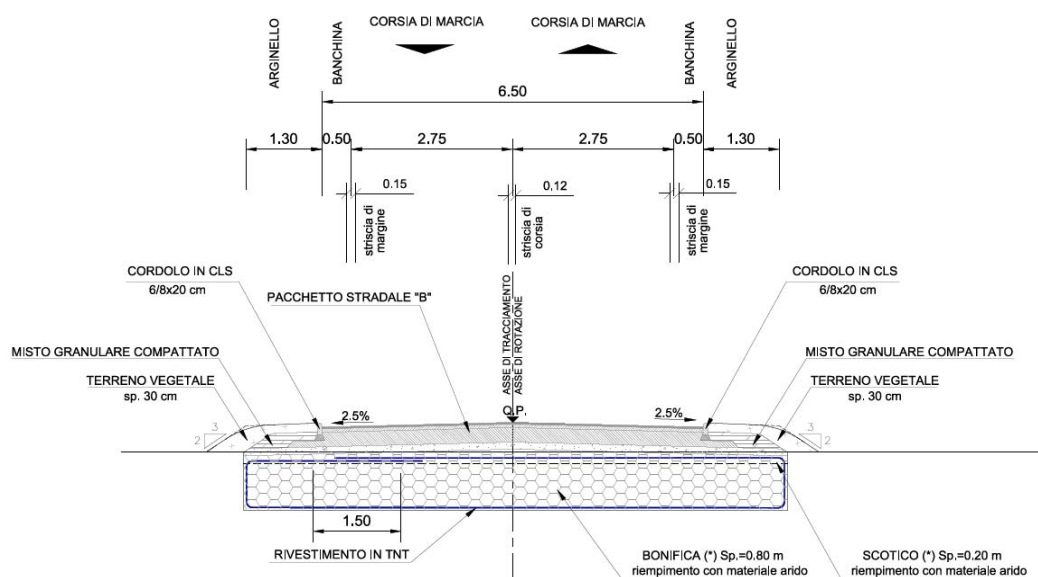


Figura 5 – Sezione tipologica asse S1AS02

Per l'asse S1AS04 invece, trattandosi di nuova viabilità di intersezione, le corsie hanno una larghezza pari a 3.50 m e banchine esterne di 1.00 m.

In entrambi i casi la pendenza trasversale è pari a 2.5% verso l'esterno in rettilineo e raggiunge il massimo del 7% nei tratti in curva.

L'asse S1AS03 funge da collegamento tra via Hiroshima e via Guernica entrambe interrotte dalla nuova tangenziale di progetto. L'asse in esame è caratterizzato da una unica carreggiata di larghezza totale pari a 6.50 m, composta da una unica corsia per senso di marcia di larghezza pari a 2.75 m e da banchine esterne di larghezza pari a 1.00 m. Completano la piattaforma arginelli in terra da 1.30 m.



(*) Nei tratti in cui il tracciato si sovrappone alla strada esistente, si effettua la sola demolizione del pacchetto stradale, spessore 50 cm.

Figura 6 - Sezione tipologica asse S1AS03

L'asse S1AS05 connette le rotatorie di progetto S1RT01 ed S1RT03, e quindi viale Bice Bertani Davoli a via Hiroshima nel tratto di Cavazzoli. Come indicato nella figura che segue la carreggiata stradale di larghezza totale 9.00 m ospita due corsie da 3.50 m e due banchine esterne di larghezza pari a 1.00 m. A detti elementi si aggiunge un pista ciclo-pedonale in sede propria di larghezza pari a 4.00 m opportunamente separata dal traffico veicolare, da una fascia inerbita di 1.30 m idonea all'installazione della barriera di sicurezza. La piattaforma stradale si completa con arginelli in terra da 1.30 m in destra e da 0.50 m in sinistra. Anche in questo caso le pendenze trasversali variano da 2.5% in rettilineo fino ad un massimo del 7% in curva.

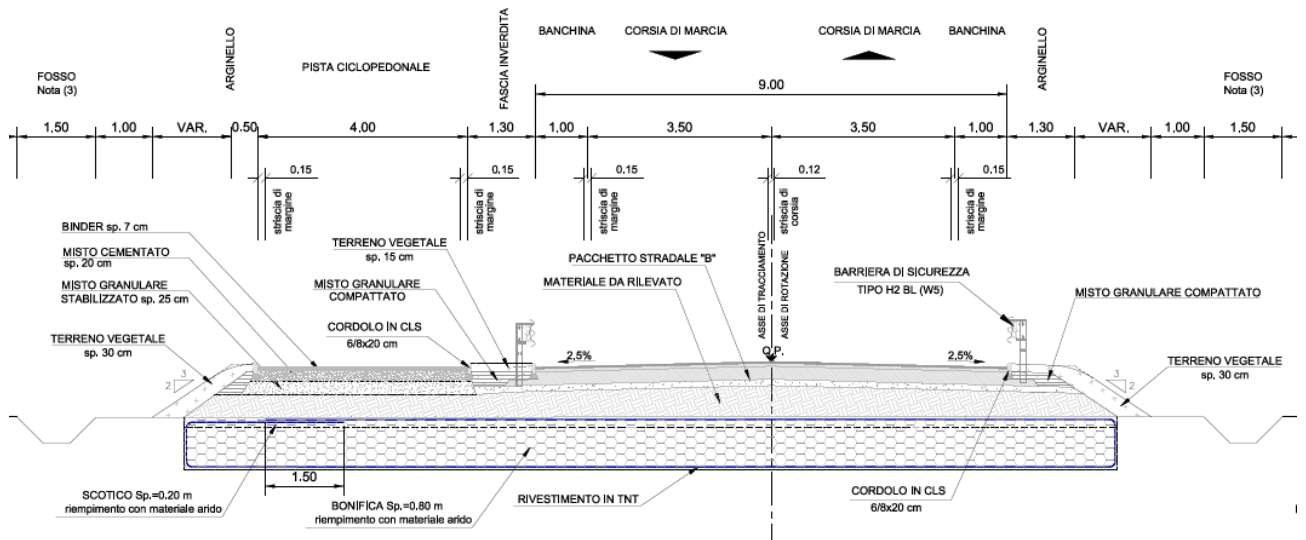


Figura 7 - Sezione tipologica asse S1AS05

Pressochè identica l'organizzazione della sezione per l'asse S1AS07 fatta eccezione per i moduli delle corsie di larghezza pari a 2.75 m e delle banchine di larghezza pari a 0.50 m.

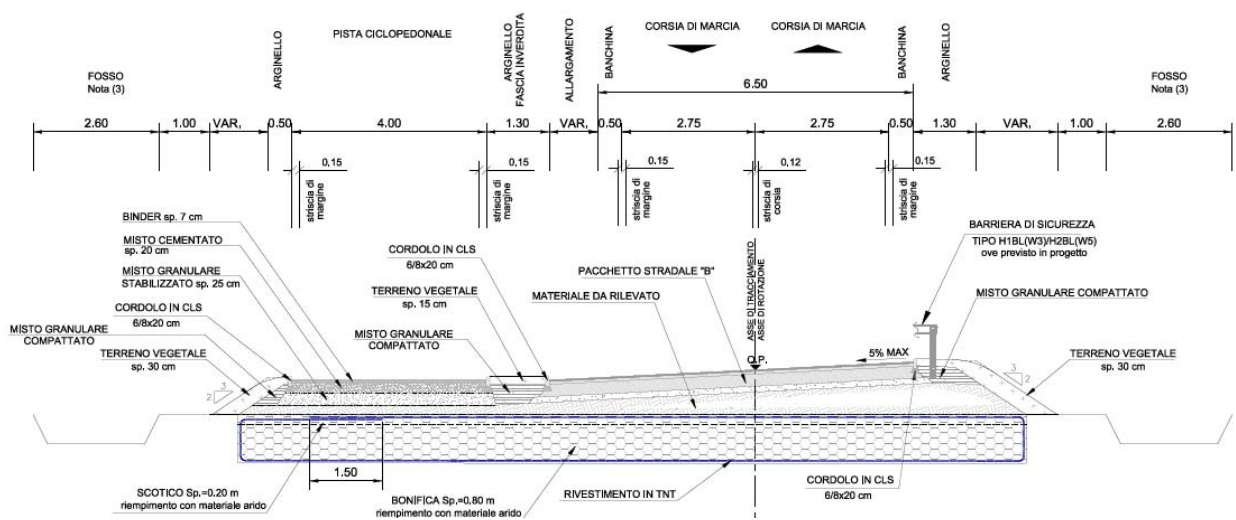


Figura 8 - Sezione tipologica asse S1AS07

L'asse S1AS08 permette di dare continuità alla pista ciclopedonale esistente su via Hiroshima sottopassando la nuova tangenziale di progetto sino a raggiungere la rotatoria esistente sulla medesima viabilità nei pressi del parcheggio esistente "Rete 2". La carreggiata ha una larghezza

totale di 4.00 m e pendenza trasversale verso l'esterno pari a 2.00% come riportato nella figura che segue.

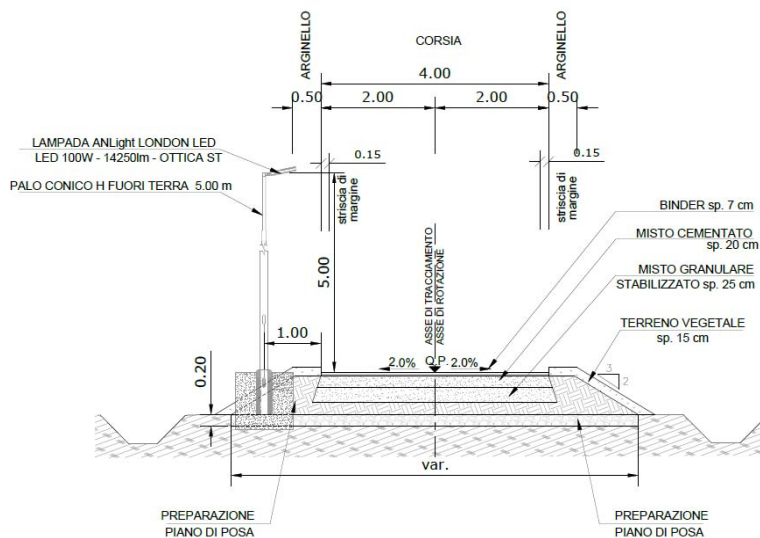


Figura 9 - Sezione tipologica asse S1AS08

L'asse S1AS09 permetterà di collegare l'intersezione esistente tra via Anna Maria Enriques Agnoletti e via Don Giovanni Verità con la rotonda esistente all'intersezione tra via Nicolò Copernico – via Martiri di Piazza Tien An Men – SS722, previa la demolizione del rilevato esistente che caratterizza questa ultima viabilità. Trattasi quindi di un adeguamento di una viabilità esistente da effettuare nei limiti e nei vincoli esistenti. Come indicato nella figura che segue la carreggiata stradale ha una larghezza totale 6.50 m con corsie da 2.75 m e banchine esterne da 1.00 m. La piattaforma stradale si completa con arginelli in terra da 1.00 m. Le pendenze trasversali variano da 2.5% in rettilineo fino ad un massimo del 7% in curva.

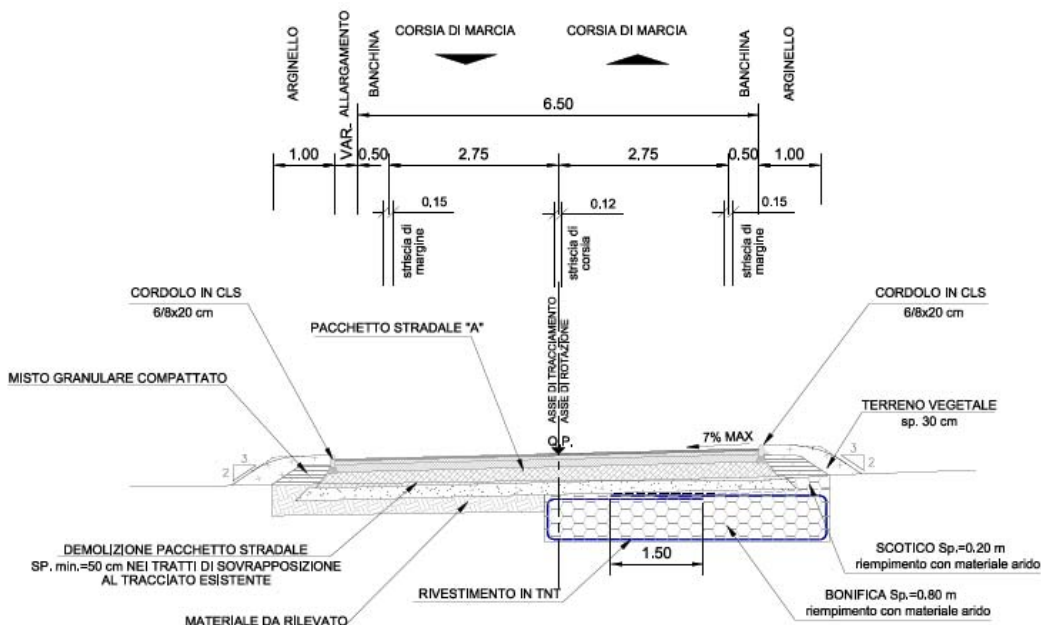


Figura 10 - Sezione tipologica asse S1AS09

L'asse S2AS01 connette l'anello giratorio S2RT01 con la rotatoria di progetto S2RT02, e quindi la nuova tangenziale di progetto con via Giovanni Rinaldi.

Per questa viabilità sono state previste corsie di larghezza pari a 3.25 m con banchine in destra e sinistra di 1.00 m. La pendenza trasversale è pari a 2.5% verso l'esterno in rettilineo sino ad un massimo del 7% nei tratti in curva. Arginelli in terra da 1.30 m completano la piattaforma stradale di progetto.

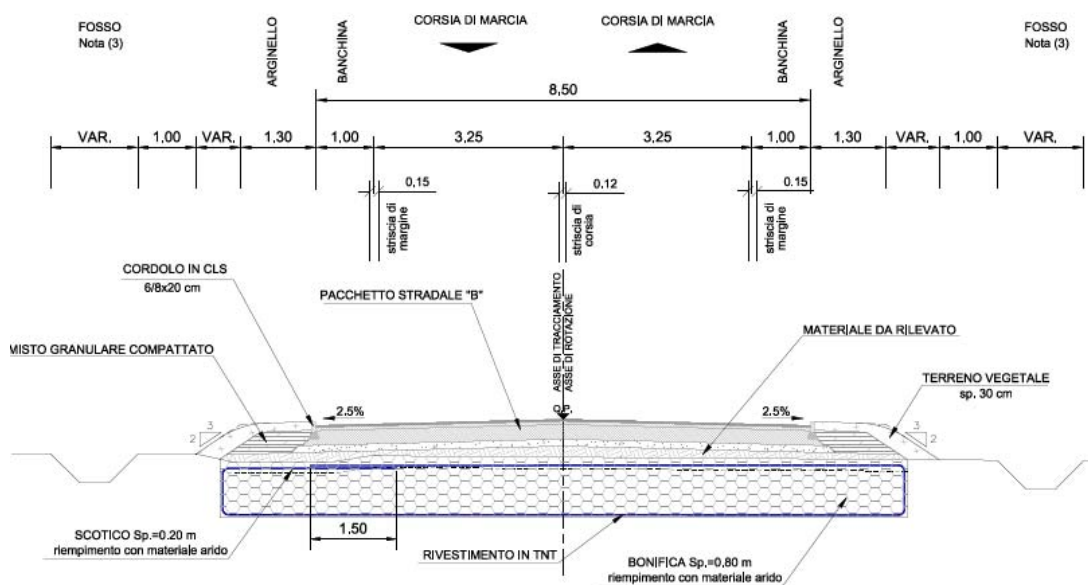


Figura 11 - Sezione tipologica asse S2AS01

L'asse S2AS02 invece collega l'anello giratorio S2RT01 con la rotatoria a tre bracci esistente nella zona artigianale di Pieve Modolena, e quindi la nuova tangenziale di progetto con la menzionata zona artigianale.

La piattaforma stradale della viabilità in esame è identica alla precedente, fatta eccezione per i moduli delle corsie e delle banchine rispettivamente di larghezza pari a 3.75 m e 1.50 m.

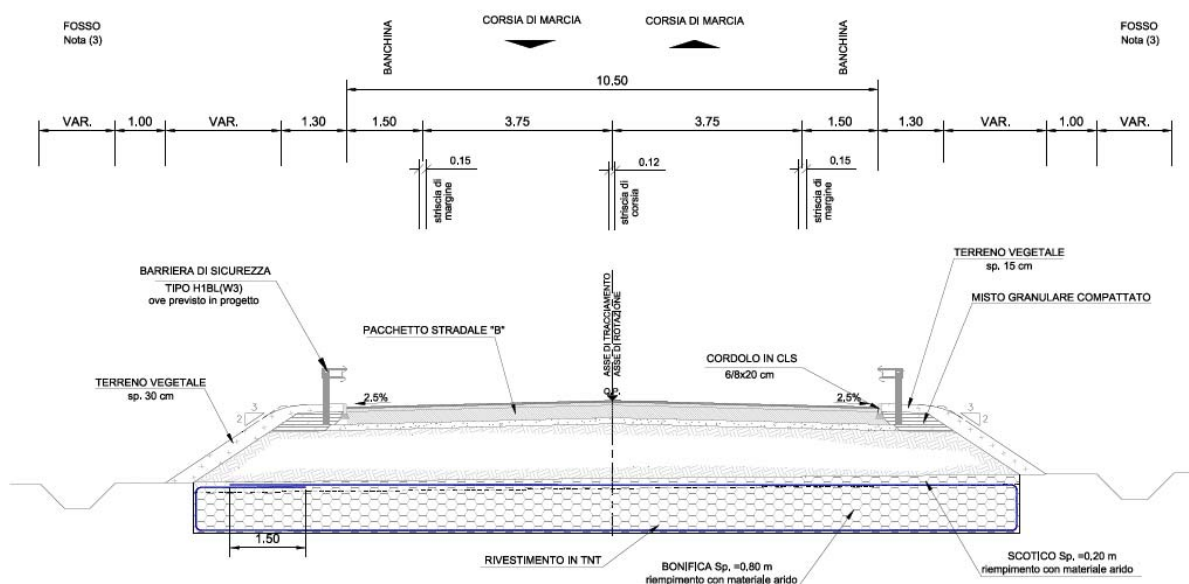


Figura 12 - Sezione tipologica asse S2AS02

Continuando nella descrizione delle sezioni di progetto, l'asse S2AS05 permette il passaggio al di sotto della nuova tangenziale di progetto ed ha la sola funzione di collegamento tra le viabilità di servizio. La carreggiata stradale ha una larghezza di 4.20 m, con pendenza trasversale verso l'esterno pari a 2.5% e corredata di cunette laterali per la regimentazione idraulica delle acque di piattaforma.

L'asse S3AS01 sostituisce l'attuale sovrappasso della linea ferroviaria di via C. Marx con una viabilità che permette di sottopassare sia la citata linea e sia la nuova tangenziale di progetto. Come rappresentato nella figura che segue la carreggiata stradale di larghezza totale 8.50 m è costituita da due corsie da 3.25 m e da due banchine esterne di larghezza pari a 1.00 m. A detti elementi si aggiunge un pista ciclabile in sede propria di larghezza pari a 2.50 m opportunamente separata dal traffico veicolare da un muro in c.a. provvisto di recinzione metallica. La piattaforma stradale si completa nei tratti in rilevato con arginelli in terra da 1.30 m, nei tratti in trincea in approccio al sottopasso da argini in materiale argilloso come rappresentato in figura. Anche in questo caso le pendenze trasversali variano da 2.5% in rettilineo fino ad un massimo del 7% in curva.

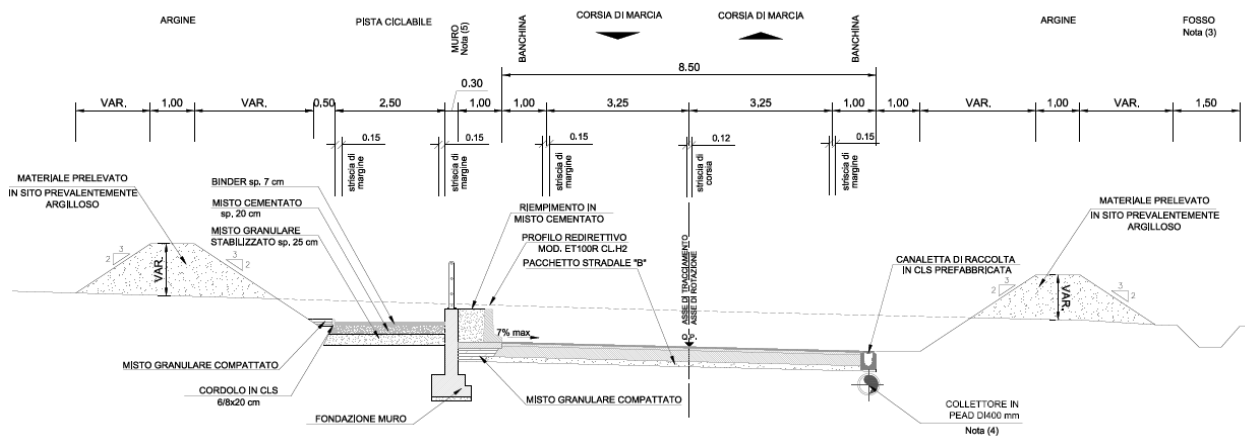


Figura 13 - Sezione tipologica asse S3AS01

L'asse S3AS02 permette il collegamento tra strade poderali esistenti ed è caratterizzato da una carreggiata di larghezza totale pari a 4.00 m in cui trovano spazio due banchine esterne di larghezza ciascuna pari a 0.50 m. Anche per l'asse in esame gli arginelli in terra previsti dal progetto esecutivo hanno una larghezza pari a 1.30 m.

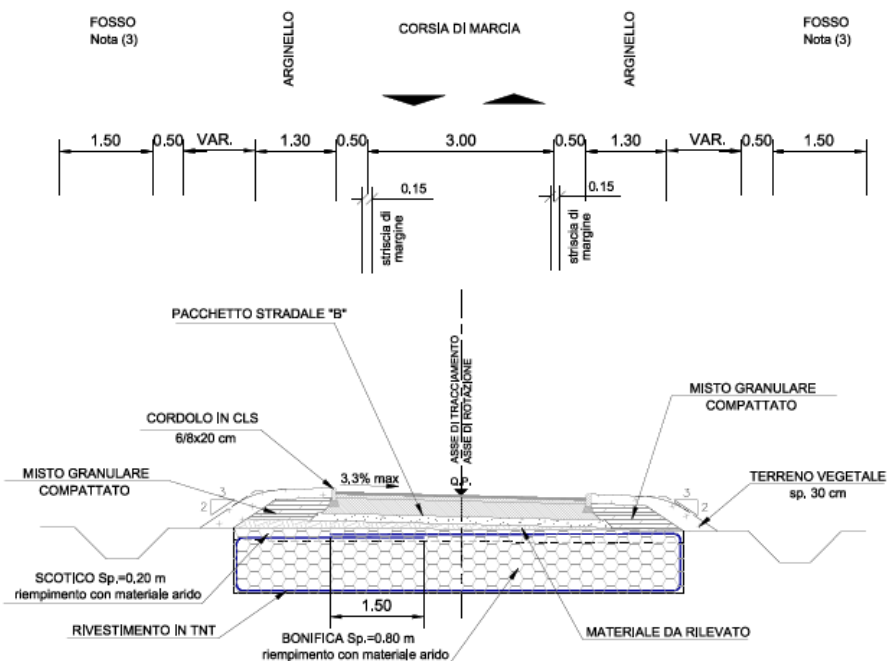


Figura 14 - Figura 15 - Sezione tipologica asse S3AS02

Per quanto riguarda le rotatorie invece si riporta uno specchio riepilogativo delle larghezze degli elementi di progetto previsti:

ROTATORIA	Banchina interna	Corona rotatoria	Banchina esterna	Arginello	Pista ciclo-pedonale
S1RT01	0.75 m	6,00 m	1.25 m	1.30 m	4.00 m
S1RT03	0.75 m	7.00 m	1.25 m	1.30 m	2.00-4.00 m (continuità pista esistente)
S2RT02	0.50 m	6.00 m	1.00 m	1.30 m	2.50 m (continuità pista esistente)
S3RT01	0.75 m	6.00 m	1.25 m	1.30 m	-

Tabella 2 – Dimensioni degli elementi che compongono le rotatorie di progetto

Si rimanda alle tavole delle sezioni tipo per i dettagli.

L’anello giratorio S2RT01 infine si compone di una carreggiata ad andamento planimetrico circolare di larghezza complessiva pari a 8.25 m, organizzata come di seguito indicato:

- banchina interna 0.75 m;
- corsia di marcia 5.00 m;
- banchina esterna 1.25 m;
- allargamento esterno 1.25 m.

Per l’asse in esame la pendenza trasversale prevista è del 2.5% verso l’interno. Opportuni elementi di captazione provvederanno allo smaltimento delle acque di piattaforma (cfr. PD00ID01 DRPP04_A).

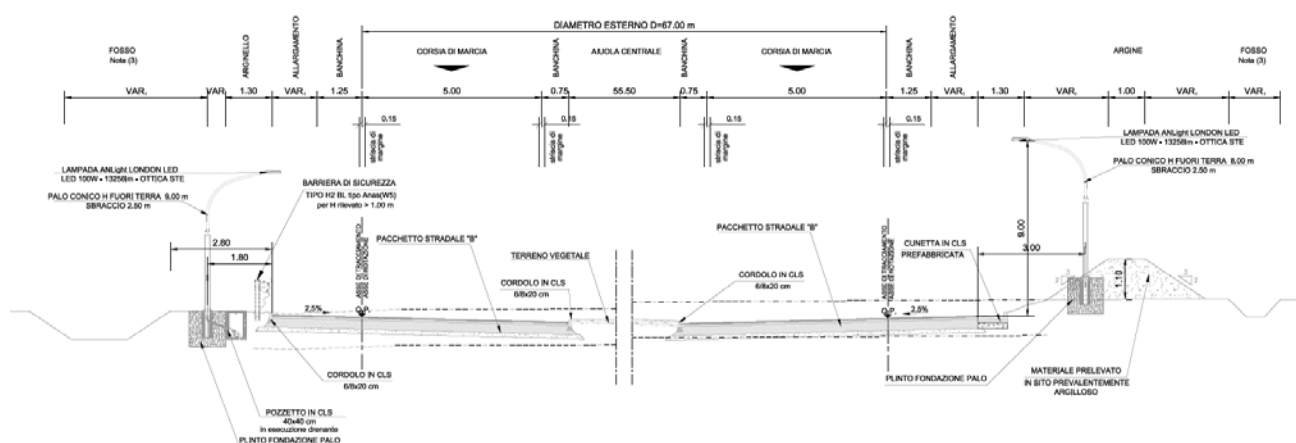


Figura 16 - Figura 17 - Sezione tipologica asse S2RT01

4.5 INTERSEZIONI E CORSIE SPECIALIZZATE

Come precedentemente illustrato, le intersezioni sono state progettate in conformità alla norma [6]. Per quanto riguarda l'asse principale, secondo la definizione delle intersezioni ammesse indicata nella figura 3 del [6], nel caso presente si ha che le intersezioni sono:

- del tipo 2 per il tratto classificato con cat. B;
- del tipo 3 per il tratto classificato con cat. C.

In particolare le rampe di accesso ed uscita dell'asse principale degli svincoli a livelli sfalsati SV01 ed SV02 sono tutte progettate con la velocità di progetto di 40-60 km/h secondo i parametri della tabella 7 presente nel [6], di seguito riportata:

Tipi di rampe	Intersezioni Tipo 1 (fig.3), escluse B/B, D/D, B/D, D/B.		Intersezioni Tipo 2 (fig.3), e B/B, D/D, B/D, D/B.	
Diretta	50-80 km/h		40-60 km/h	
Semidiretta	40-70 km/h		40-60 km/h	
Indiretta	in uscita da A	40 km/h	in uscita dalla strada di livello ger. superiore	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata sulla strada di livello ger. superiore	30 km/h

Tabella 3 – Velocità di progetto perle varie tipologie di rampe - tab. 7 della [6]

Così come previsto dalla tabella 9 del [6], e come dettagliato nel precedente paragrafo, la sezione trasversale delle rampe unidirezionali è prevista con una piattaforma pavimentata di 6.00 m suddivisi in 4.00 m di corsia e 1.00 m di banchina in destra e in sinistra.

Ovviamente ove necessario per realizzare le distanze minime di visibilità, la piattaforma è stata ampliata seguendo le regole dettate dal DM 05/11/2001. Parimenti, sempre seguendo i dettami del citato DM del 2001, ove i raggi di curvatura lo richiedono, le corsie di marcia sono state ampliate per consentire un corretto inserimento dei veicoli ingombranti in curva.

4.5.1 CORSIE DI DECELERAZIONE

Le rampe di decelerazione sono previste solo sull'asse principale tipo B, ovvero nel primo tratto della nuova tangenziale di progetto, in cui la velocità di calcolo è assunta pari a quella di progetto (praticamente si verifica sempre 120km/h, fatta eccezione per i 111 km/h della corsia di decelerazione della carreggiata nord dello svincolo SV01) e sono concepite in due tratti: il *tronco di manovra* di lunghezza fissa pari a 90m (tab. 4 della [6]) ed il *tronco di decelerazione* con uno

schema di corsia parallela di lunghezza variabile in funzione del raggio di curvatura finale (R_f) della curva di uscita della rampa.

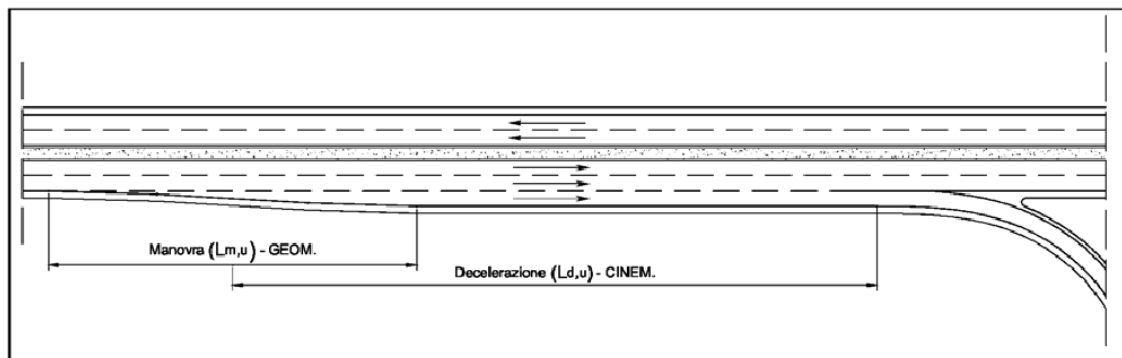


Figura 18 – Schema tipologico corsia di uscita tipologia parallela

In ogni caso si è adottato, per il calcolo di $L_{d,u}$, il criterio cinematico riportato al §4.2 della [6] in cui si fa uso della relazione vista in precedenza:

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

con:

v_1 = velocità di progetto della viabilità principale,

v_2 = velocità di progetto corrispondente alla curva che segue la corsia,

$a = 3 \text{ m/s}^2$.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per la verifica delle lunghezze dei singoli elementi che compongono le corsie di decelerazione di ciascuno degli svincoli in progetto.

	Carreggiata	Lunghezze minime di calcolo [m]		Lunghezze di progetto [m]		Verifica
		$L_{m,u}$	$L_{d,u}$	$L_{m,u}$	$L_{d,u}$	
SV-01 “Svincolo Rete 2”	N	90	130.04	90	356.00	ok
	S	90	154.31	90	205.70	ok
SV-02 “Svincolo Pieve Modolena”	N	90	138.89	90	145.00	ok
	S	90	138.89	90	139.00	ok

Tabella 4 – Lunghezze degli elementi che compongono le corsie di decelerazione di progetto

4.5.2 CORSIE DI ACCELERAZIONE

Il dimensionamento è stato effettuato secondo i dettami normativi con l'impiego di una serie di “tronchi” per l'esecuzione delle manovre di accelerazione, di uscita e di immissione.

Le rampe di accelerazione sono previste solo sull'asse principale tipo B, ovvero nel primo tratto della nuova tangenziale di progetto, in cui la velocità di calcolo è assunta pari all'80% di quella di progetto ossia 96km/h in tutti i casi (80% di 120 km/h), fatta eccezione per la corsia di accelerazione posta sulla carreggiata sud dello SV-01 la cui velocità di calcolo è pari a 80 km/h (80% di 100 km/h).

Nel dettaglio le corsie di immissione sono concepite in tre tratti:

- *tronco di accelerazione* di lunghezza $L_{a,e}$ variabile in funzione del raggio di curvatura finale (R_f) della curva di uscita della rampa e della velocità della viabilità principale;
- *tronco di immissione* $L_{i,e}$, calcolato con criteri funzionali;
- *tronco di raccordo* di lunghezza $L_{v,e}$ di lunghezza fissa pari a 75m (tab. 3 della [6]).

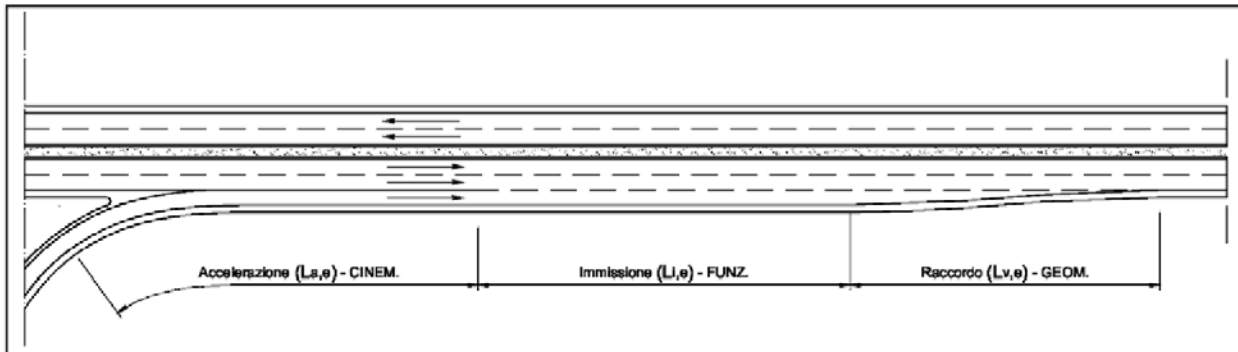


Figura 19 – Schema tipologico corsia di entrata

Per il calcolo di $L_{a,e}$ si è adottato il criterio cinematico riportato al §4.2 assumendo:

- v_1 = velocità di progetto della rampa nel punto di inizio dell'accelerazione;
- v_2 = 80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette;
- $a = 1 \text{ m/s}^2$.

La metodologia utilizzata per il calcolo della lunghezza $L_{i,e}$ della corsia di immissione è basata invece su metodi funzionali secondo quanto indicato dal Da Rios (G. Da Rios “Progetto di intersezioni stradali”, UTET, 2002). Tale lunghezza dipende dalla portata oraria Q_1 e dalla velocità che caratterizzano la corsia di marcia nella quale si intende immettersi. Nell'allegato A al presente documento sono riportate le tabelle di calcolo utili al dimensionamento della lunghezza di calcolo al variare della velocità di progetto e della portata Q_1 .

La lunghezza $L_{v,e}$ è invece un invariante per il tipo di strada considerato pari a 75 m.

Nella sottostante tabella sono riportati i calcoli effettuati per la verifica delle lunghezze dei singoli elementi che compongono la corsia di accelerazione di tutti gli svincoli in progetto. Per far ciò si sono utilizzati i valori di flusso veicolare riportati nello Studio di traffico riportati nell'elaborato T00 SG01 GEN RE01 A del progetto definitivo sui singoli tronchi della nuova arteria.

	Carreggiata	Lunghezze minime di calcolo [m]			Lunghezze di progetto [m]			Verifica
		$L_{a,e}$	$L_{i,e}$	$L_{v,e}$	$L_{a,e}$	$L_{i,e}$	$L_{v,e}$	
SV-01 “Svincolo Rete 2”	N	216.67	48.53	75.00	293.00	50.0	75.00	ok
	S	108.02	56.00	75.00	108.10	56.10	75.00	ok
SV-02 “Svincolo PieveModolena”	N	216.67	90.67	75.00	217.13	90.70	75.00	ok
	S	216.67	82.13	75.00	216.80	82.20	75.00	ok

Tabella 5 – Lunghezze degli elementi che compongono le corsie di accelerazione di progetto

4.5.3 ROTATORIE

Le rotatorie sono state progettate conformemente alla norma [6], di conseguenza si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna, limite della corona rotatoria secondo di seguito riportata:

- Mini rotatorie: diametro esterno compreso tra 14 e 25 m;
- Rotatorie compatte: diametro esterno compreso tra 25 e 40 m;
- Rotatorie convenzionali: diametro esterno compreso tra 40 e 50 m.

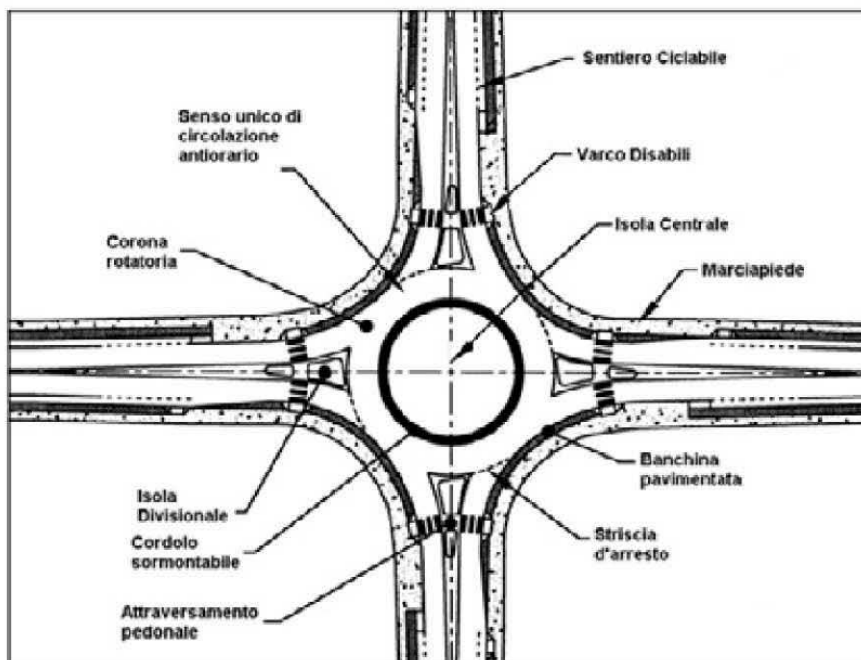


Figura 20 – Schema tipologico di una rotatoria

Le rotatorie di progetto sono n.4 (S1RT01-S1RT03-S2RT02-S3RT01) a cui si aggiunge un asse stradale con caratteristiche di anello giratorio (S2RT01) le cui caratteristiche vengono di seguito riportate:

Nome	Ubicazione	Tipologia	Diametro esterno [m]	Larghezza a corona giratoria [m]	Braccio di ingresso [m]	Braccio di uscita [m]
S1RT01	Svincolo Rete 2	Convenzionale	50.00	6.00	3.50 - ingresso a singola corsia 6.00 -ingresso a doppia corsia	4.50
S1RT03	Svincolo Rete 2	Compatta	36.00	7.00	3.50	4.50
S2RT01	Svincolo Pieve Modolena	Anello giratorio	67.00	5.00	3.50-4.00	4.00-4.50
S2RT02	Svincolo Pieve Modolena	Convenzionale	40.00	6.00	3.50	4.50
S3RT01	Svincolo Corte Tegge	Convenzionale	50.00	6.00	3.50	4.50

Tabella 6 – Ulteriori dimensioni degli elementi che compongono le rotatorie di progetto

L'asse S2RT01 presenta un diametro esterno maggiore dei 50 m previsti dalla norma nazionale sulle intersezioni stradali per cui sono state progettate, non già come rotatorie ma come anelli

circolatori nei quali confluiscono le immissioni/uscite, ciascuna analizzata singolarmente seguendo lo schema di intersezioni lineari a raso.

Per ciascuna intersezione è stata quindi verificata la sussistenza della disponibilità di un idoneo triangolo di visibilità come dettagliato nella relazione stradale dello svincolo SV02 (V02 PS00 GEN RE01 A).

Per quanto riguarda le altre rotatorie, la norma nella tabella 6 fornisce precise indicazioni su come progettare la geometria della rotatoria. Di seguito si riporta la tabella 6 della normativa relativa alla progettazione delle larghezze degli elementi cui si è fatto riferimento nel progetto.

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.

Tabella 7 – Larghezza degli elementi modulari delle rotatorie – tab. 6 del [6]

Le correnti entranti e quelle uscenti sono separate fisicamente da isole direzionali di forma pressoché triangolare, insormontabili, le quali garantiscono una maggiore percezione della rotatoria.

5. CARATTERISTICHE PROGETTUALI: ASSE PRINCIPALE

Il tracciamento dell'asse principale è stato mantenuto unico in asse allo spartitraffico della strada relativamente al tratto di tipo B, tra le due corsie di marcia invece nel tratto di tipo C.

Sono stati adottati i parametri progettuali e gli standard geometrici piano-altimetrici relativi alla classificazione stradale di appartenenza dei due tratti.

5.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO

Il tracciato è stato progettato con un unico asse di tracciamento, con le progressive crescenti in direzione Gallarate e con rotazione di sagoma sui cigli pavimentati interni.

- **Verifica delle caratteristiche planimetriche**

A) *Lunghezza massima dei rettifili*

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:

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

che per una tipo B con $V_{p,max}=120$ km/h risulta pari a 2640 m, per una tipo C con $V_{p,max}=100$ km/h risulta pari a 2200 m.

Tutti i rettifili presenti lungo il tracciato non superano mai tali limiti superiori.

B) Lunghezza minima dei rettifili

Un rettifilo, per poter esser percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore ai valori di seguito riportati:

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

Tutti i rettifili presenti lungo il tracciato superano il limite minimo previsto dalla tabella sopra riportata.

C) Raggio minimo delle curve circolari

Per una strada tipo B il raggio planimetrico minimo risulta pari a 178 m, per una strada di tipo C invece il raggio minimo è pari a 118 m.

Nel presente progetto sono stati utilizzati raggio circolari con valore del raggio sempre ≥ 220 m.

D) Lunghezza minima delle curve circolari

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.

Di seguito si riportano le velocità di percorrenza di tutte le curve di progetto con l'esito delle verifiche in esame:

Curva	Raggio [m]	Velocità di progetto [m/s]	Sviluppo minimo [m]	Sviluppo della curva di progetto	Esito verifica
R1	270	22.23	55.58	169.00	ok
R2	380	22.23	55.58	65.50	ok
R3	575	24.17	60.43	90.00	ok
R4	820	26.12	65.28	150.00	ok
R5	595	31.67	79.17	155.81	ok
R6	720	33.34	83.34	179.87	ok
R7	800	33.34	83.34	116.85	ok
R8	790	33.34	83.34	281.24	ok
R9	775	27.78	69.44	85.14	ok
R10	400	26.95	67.36	97.02	ok
R11	340	25.00	62.50	247.97	ok
R12	220	21.39	57.47	182.37	ok

R13	365.20	25.83	64.58	64.63	ok
-----	--------	-------	-------	-------	----

Tabella 8 – Verifica sullo sviluppo minimo delle curve di progetto

E) *Compatibilità tra i raggi di due curve successive*

I rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari successive sono regolati dall’abaco riportato nella figura seguente:

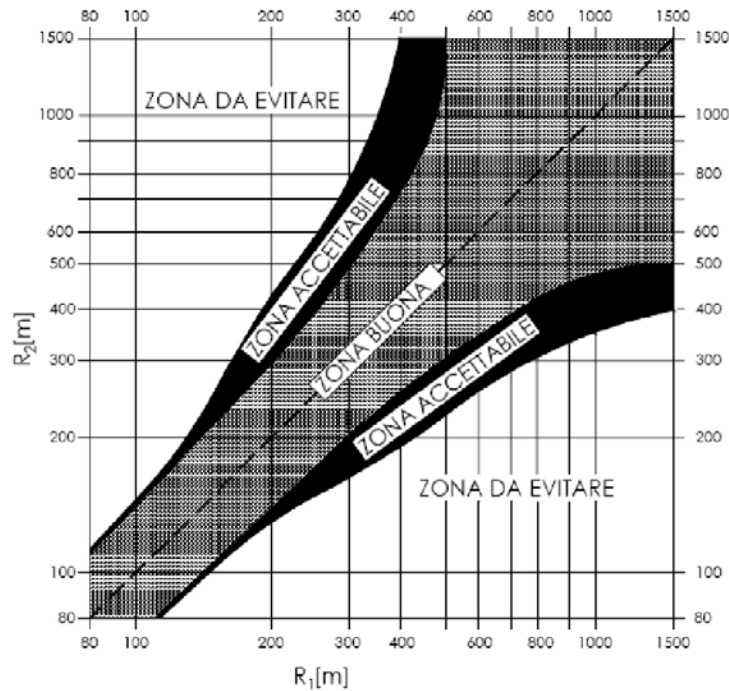


Figura 21 – Rapporto tra raggi di curve circolari successive – fig.5.2.2.a del [5]

In particolare per le strade di tipo B detto rapporto deve collocarsi nella "zona buona", per quelle di tipo C invece è utilizzabile anche la “zona accettabile”.

In tutti i casi di progetto il rapporto tra i raggi successivi rientrano nella “zona buona” per il tratto di cat. B, e nella “zona accettabile” per il tratto di cat. C.

F) *Relazione tra il raggio della curva R e la lunghezza del rettifilo L*

Tra un rettifilo di lunghezza L_r ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettifilo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, deve essere rispettata la relazione:

$$R > LR \quad \text{per} \quad LR < 300 \text{ m}$$

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

Queste condizioni per tutto il tracciato sono sempre rispettate.

G) *Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari*

La pendenza minima trasversale in rettifilo è pari al valore 2,5% per l’esigenza di allontanamento dell’acqua superficiale e le carreggiate presenti nel progetto rispettano l’orientamento come da figura seguente:


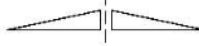

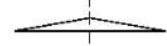


STRADE TIPO	PIATTAFORMA	PENDENZE TRASVERSALI
A, B, D a due o più corsie per carreggiata		
E a quattro corsie		
altre strade		

Figura 22 – Sistemazione delle pendenze trasversali in rettilineo delle strade tipo – fig. 5.2.3.a

In curva invece la carreggiata viene inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuto costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio.

Il valore massimo per una strada tipo B e C è pari al 7%, che non viene mai superato lungo l'intervento.

La relazione matematica che regola il valore di pendenza trasversale alla velocità di progetto e al raggio di curvatura della curva è espressa dalla seguente formula:

$$q = \frac{V_p^2}{R \cdot 127} - f_t$$

dove:

V_p = velocità di progetto della curva [km/h];

R = raggio della curva [m];

q = pendenza longitudinale /100;

f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente.

Per la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente f_{tmax} , valgono i valori della normativa di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. f_{tmax} per strade tipo A, B, C, F extraurbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. f_{tmax} per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Tabella 9 – Valori del coeff. di aderenza trasversale al variare delle velocità e della tipologia di strada

Per velocità intermedie fra quelle indicate si è provveduto all'interpolazione lineare.

Assegnata quindi la velocità di progetto esiste un valore di raggio minimo che corrisponde ai valori indicati precedentemente calcolati fissando la velocità al valore inferiore dell'intervallo e imponendo la pendenza trasversale massima. Ricordiamo che per la tipo B tale valore risulta 178 m, per la tipo C invece è pari a 118 m.

Se il raggio di curvatura è maggiore del valore $R_{2,5}$ (per le tipo B con $V_p=120$ km/h il valore minimo risulta pari a 3334 m, per le tipo C con $V_p=100$ km/h il valore minimo risulta pari a 2187 m) la pendenza trasversale assumerà il valore 2,5% verso l'interno della curva.

Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale del rettilineo essendo comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo (per le tipo B il valore minimo risulta $R'=7500$ m, per le tipo C il valore minimo risulta $R'=5250$ m).

Per valori intermedi del raggio R inferiori a $R_{2,5}$ si fa riferimento alla figura seguente:

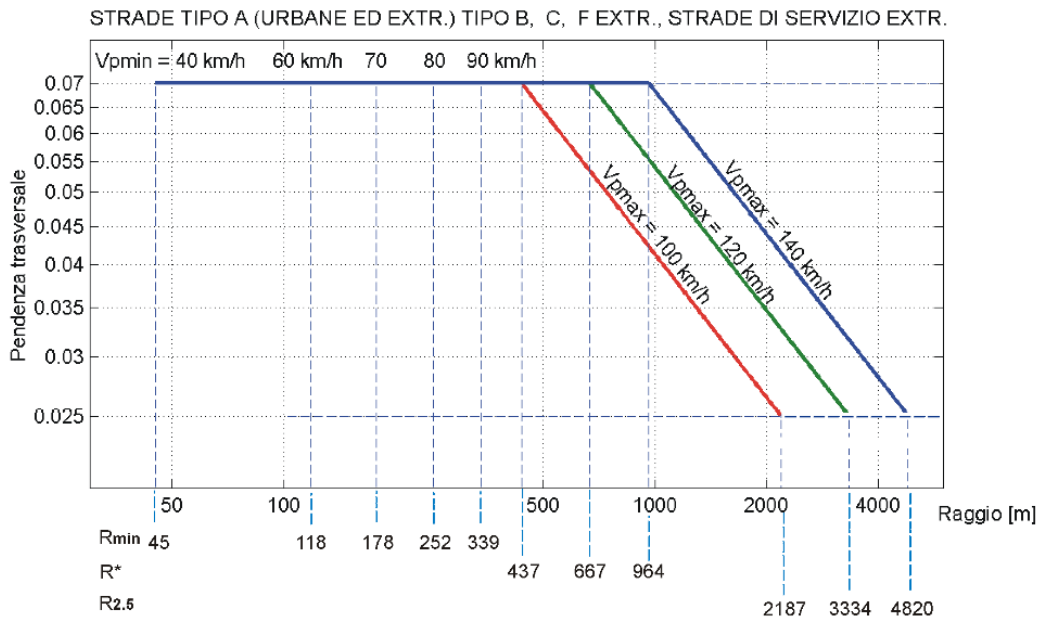


Figura 23 – Abaco fig. 5.2.4.a del [5]

Le pendenze trasversali delle curve di progetto tengono conto della trattazione normativa precedentemente illustrata.

H) Curve a raggio variabile

Le curve a raggio variabile sono inserite tra due elementi a curvatura costante (tra curve circolari, ovvero tra rettilineo e curva circolare) lungo le quali generalmente si ottiene la graduale modifica della pendenza trasversale della piattaforma stradale e se necessario, della larghezza trasversale della piattaforma.

Le curve impiegate a tali scopi sono denominate clotoidi e sono definite dalla seguente equazione:

$$r \times s = A^2$$

dove:

- r = raggio di curvatura nel punto P generico
- s = ascissa curvilinea nel punto P generico
- A = parametro di scala

Graficamente i simboli necessari alla loro definizione sono i seguenti:

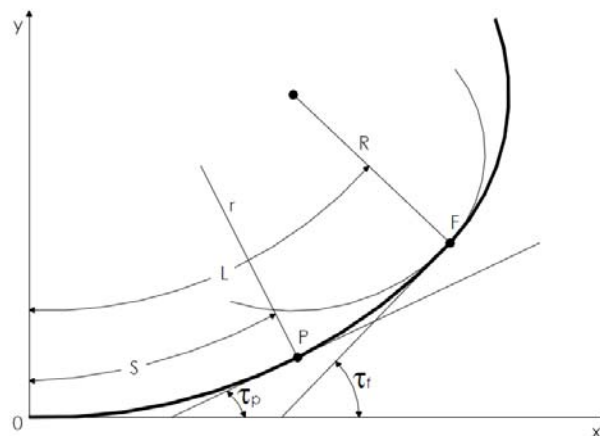


Figura 24 - Parametri rappresentativi di una clotoide

Le motivazioni legate all’inserimento lungo il tracciato di tali elementi a curvatura costante sono quelle di garantire:

- una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccolpo) contenuta entro valori accettabili;
- una limitazione della pendenza (o sovrappendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- la percezione ottica corretta dell’andamento del tracciato.

Di seguito sono descritti in dettaglio i criteri di dimensionamento del parametro A delle curve di transizione a curvatura variabile:

I) *Curve a raggio variabile: Criterio di limitazione del contraccolpo*

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{g v R |q_f - q_i|}{c}}$$

con:

- q_f e q_i pendenze trasversali in valore assoluto alla fine e all’inizio della clotoide;
- c valore del contraccolpo;
- v velocità in m/s.

Ponendo il valore limite per il contraccolpo pari a:

$$c_{\max} = \frac{50,4}{V}$$

si ottiene:

$$A \geq 0,021 \cdot V^2$$

con V in km/h.

J) *Curve a raggio variabile: Criterio sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata*

Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

dove:

- R_i e R_f raggi iniziali e raggi finali della clotoide;
- B_i distanze fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- Δi_{\max} sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione pari a:

$$\Delta i_{\max} = 18 \frac{B_i}{V}$$

K) Curve a raggio variabile: Criterio ottico

Per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione

$$A \geq R/3 \quad (R_i/3 \text{ in caso di continuit\`a})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

L'inserimento delle curve a raggio variabile deve soddisfare oltre ai criteri di dimensionamento della singola curva sopra esposti, anche le regole dettate dalla successione di pi\`u elementi vicini a formare casi particolari come:

- la transizione di una curva circolare con clotoidi con parametri diversi ai due lati;
- il flesso tra curve circolari di verso opposto senza interposizione di un rettilifo;
- la continuit\`a nella successione di curve circolari di verso uguale senza rettilifi intermedi;
- il raccordo tra due cerchi secanti mediante cerchio ausiliario.

Tali casi sono rappresentati nella figura di seguito riportata.


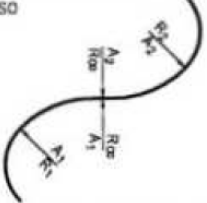
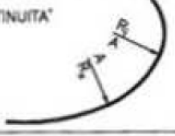
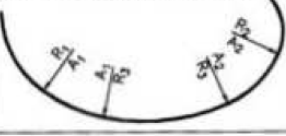
TIPOLOGIA	LIMITI
	$A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$
	$R_2 < R_1$ $A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$ FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_2$
	$R_2 < R_1$ R_2 all'interno di R_1 ma non concentrico $A_{min} < A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_2$
	$A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$

Figura 25 - Regole di inserimento della clotoide all'interno di un tracciato – fig. 5.2.5.c del [5]

Nella tabella seguente si riporta in dettaglio tutte le curve circolari presenti lungo il tracciato e le relative clotoidi:

Curva	Raggio [m]	Verso	Tipologia	Progressiva iniziale	Progressiva finale	Sviluppo [m]	Clotoidi	
							A _{prec.}	A _{succ.}
-	-	sx	flesso	0+000.000	0.073.616	-	135.200	
R1	270	dx		0+152.518	0+321.519	169.00	141.000	170.000
R2	380	dx	continuità	0+352.503	0+418.004	65.50	170.000	259.952
R3	575	dx		0+478.311	0+568.311	90.00	259.952	364.229
R4	820	dx	flesso	0+637.244	0+787.244	150.00	364.229	284.836
R5	595	sx		1+207.750	1+363.548	155.81	425.00	400.000
R6	720	dx	flesso	1+910.090	2+089.967	179.87	445.000	380.000
R7	800	dx		2+969.406	3+086.257	116.85	310.000	310.000
R8	790	sx	flesso	3+343.809	3+625.048	281.24	325.000	350.000
R9	775	dx		4+150.738	4+235.881	85.14	302.401	302.401
R10	400	dx	flesso	4+861.464	4+958.482	97.02	213.684	216.062
R11	340	sx		5+212.706	5+460.671	247.97	216.062	198.215
R12	220	sx	continuità	5+523.702	5+706.066	182.37	198.215	201.671
R13	365.20	dx		5+989.333	6+053.960	64.63	181.629	181.629
-	-	sx	flesso	6+144.079	6+385.704	-	171.900	

Tabella 10 - Parametri delle clotoidi di progetto

I parametri riportati in tabella soddisfano a pieno le verifiche normative precedentemente illustrate sia riguardo il dimensionamento singolo degli elementi e sia in merito alla successione di più elementi (flessi e continuità).

5.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO

Anche in merito all'andamento altimetrico il tracciato è stato progettato con un unico profilo longitudinale e le verifiche sono state condotte nel primo tratto per una strada di tipo di cat. B, nel secondo per una strada di tipo C.

Le verifiche effettuate (sulla base del D.M. 2001) si riferiscono all'analisi di congruenza delle seguenti caratteristiche del progetto:

A) Pendenze longitudinali massime

Per una strada classificata come "B – Extraurbana principale" la pendenza massima adottabile risulta pari al valore 6%. Per le strade classificate come "C – Extraurbana secondaria" la pendenza invece è pari al 7%.

Il presente progetto esecutivo nel tratto classificato come cat. B prevede livellette con pendenza massima pari al 3.99% (raggiunta in corrispondenza del tratto iniziale di attacco tra la nuova tangenziale di progetto e l'esistente). Fatta eccezione per questo tratto iniziale i valori più alti di pendenza delle livellette si attestano intorno al 2% circa.

Nel tratto classificato come cat. C invece le livellette hanno una pendenza massima del 3.62%.

B) Raggio minimo dei raccordi verticali concavi e convessi

I raccordi verticali minimi sono funzione della distanza di visuale libera da garantire, pari almeno a quella di arresto (funzione della velocità), e dalla differenza i fra le pendenze longitudinali, 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;
- R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Il calcolo delle distanze è stato eseguito facendo sempre riferimento al D.M. n° 6792 del 5/11/01 adottando le formule valide per i raccordi sia concavi sia convessi verificando i casi sia di $D_v > L$ sia di $D_v < L$ con L = sviluppo del raccordo verticale:

RACCORDI CONVESSI (DOSSO)

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

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

D>L

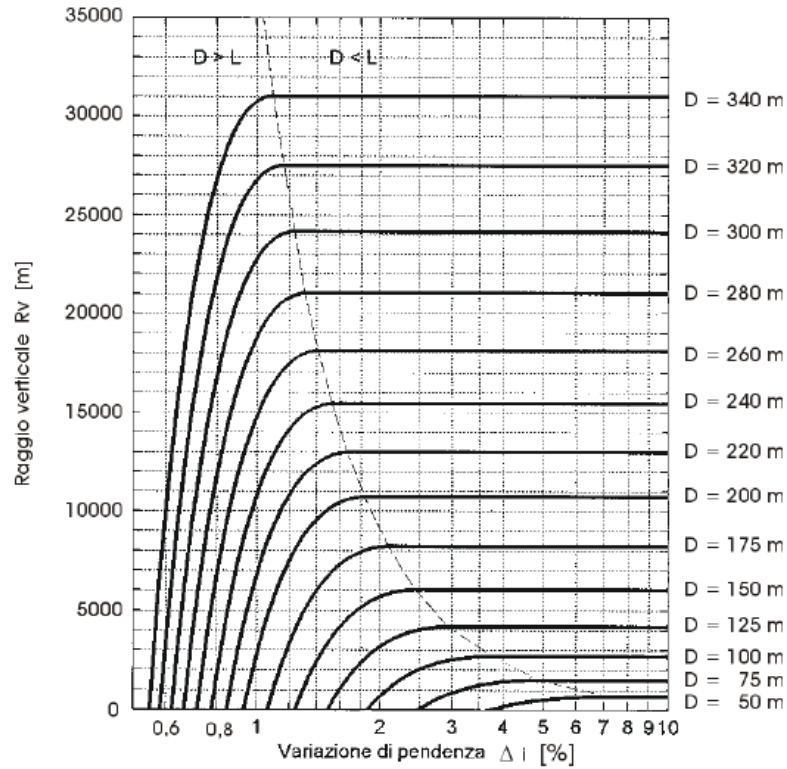


Figura 26 - Variazione del raggio del cerchio osculatore al variare della distanza D e della variazione di pendenza longitudinale per i raccordi convessi – fig. 5.3.3.a

RACCORDI CONCAVI (SACCHE)

D<L

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

D>L

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

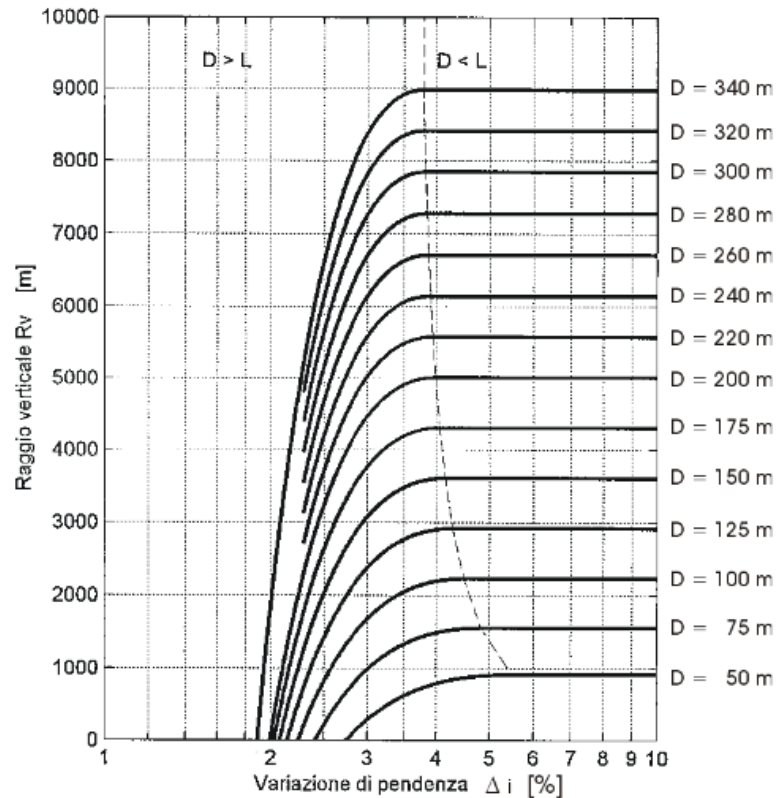


Figura 27 - Variazione del raggio del cerchio osculatore al variare della distanza D e della variazione di pendenza longitudinale per i raccordi concavi – fig. 5.3.4.a

considerando:

- l'altezza dal piano stradale dell'occhio del conducente $h_1=1.10\text{m}$
- l'altezza dal piano stradale dell'ostacolo $h_2=0.10\text{m}$
- l'altezza del centro dei fari dal piano stradale $h=0.50\text{m}$
- massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo $\vartheta = 1^\circ$

I raggi dei raccordi verticali presenti nel presente progetto esecutivo sono sempre superiori ai minimi riportati in normativa in funzione della velocità di progetto.

6. VERIFICHE E DISTANZE DI VISIBILITA'

Per la verifica e le distanze di visibilità relative all'asse principale la costruzione del diagramma parte dal tracciamento dei limiti superiori ed inferiori delle distanze di visibilità necessarie alla sicurezza della circolazione.

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con le seguenti distanze:

- Distanza di visibilità per l'arresto: 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 la manovra di cambiamento di corsia: 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.).

A) Distanza di visibilità per l'arresto

La relazione di calcolo della distanza di visibilità per l'arresto si calcola con la formula integrale:

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

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]

Per f_l la normativa dà i seguenti valori (compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata con spessore del velo idrico di 0,5 mm):

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f_l Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
f_l Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Tabella 11 - Valori del coeff. di aderenza longitudinale al variare delle velocità e della tipologia di strada

Come indicato dalla stessa normativa i valori di f_l riferiti alle autostrade possono essere adottati per le strade extraurbane principali (tipo B) qualora le qualità del piano viabile risultino paragonabili a quelle delle strade di tipo A e siano mantenute tali nel tempo.

Le distanze così calcolate sono valide sia in rettilineo che in curva.

Le figure seguenti riportano le distanze di visibilità per l’arresto calcolate come sopra, in funzione di una pendenza longitudinale costante. In caso di variabilità di tale pendenza (raccordi verticali), si può assumere per essa il valore medio.

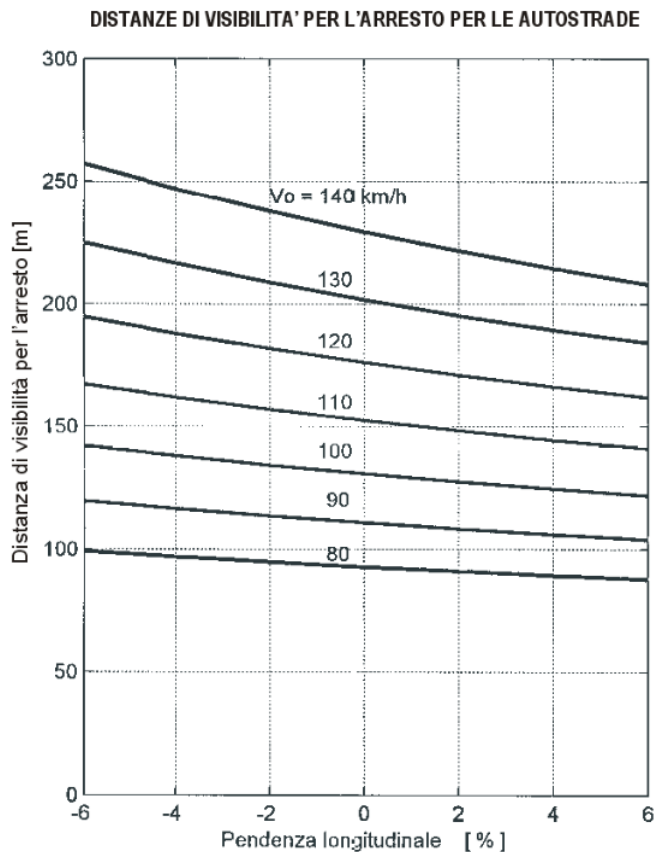


Figura 28 - Andamento delle distanze di arresto per le autostrade – fig. 5.1.2.b del [5]

PER LE ALTRE STRADE

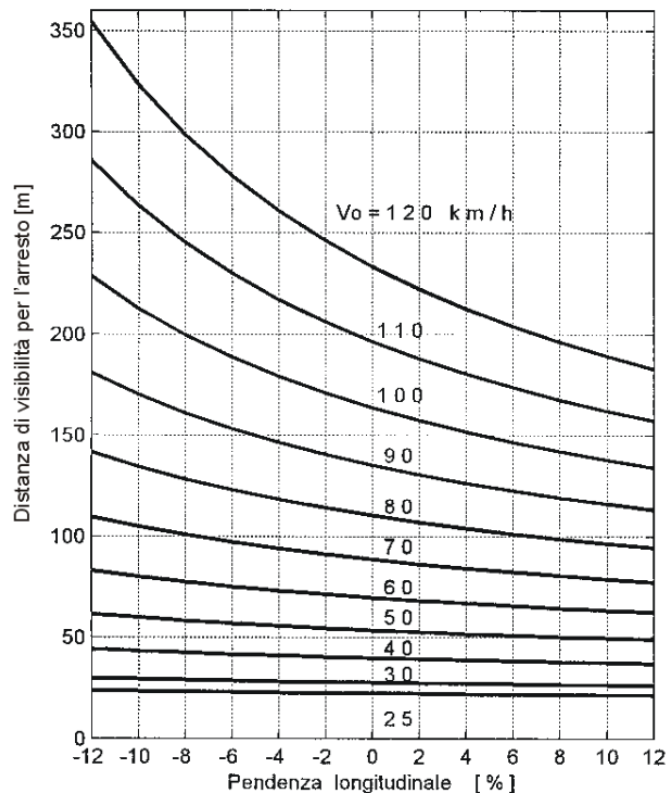


Figura 29 - Andamento delle distanze di arresto per le altre strade – fig. 5.1.2.c del [5]

Le verifiche delle visibilità per l'arresto sono state condotte su tutta la nuova tangenziale di progetto, in particolare per tratto classificato di cat. B la verifica è stata effettuata sia in corsia di marcia che su quella di sorpasso. L'esito positivo delle verifiche viene riportato negli elaborati P00 PS00 TRA DG01-06 A, a cui si rimanda per i dettagli.

B) Distanza di visibilità per il cambio corsia

Questa distanza valuta lo spazio necessario all'utente a comprendere i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia (4 secondi). La formula empirica risulta:

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

dove:

- v = velocità del veicolo in [m/s];
- V in [km/h]

essendo v, V desunte puntualmente dal diagramma delle velocità.

La verifica in oggetto è stata applicata nei "punti singolari", intendendo questi come le zone in prossimità degli svincoli (tronco di manovra delle corsie di uscita), dove la manovra di diversione in uscita comporta la possibilità del cambio di corsia da quella di sorpasso a quella di marcia.

Come riportato negli elaborati P00 PS00 TRA DG07-08 A le verifiche effettuate sono state di tipo geometrico, confrontando le distanze di visuale libera con le distanze di arresto calcolate come descritto in precedenza, tenendo conto degli allargamenti e delle velocità di progetto.

Come si evince dagli elaborati sopra citati i tratti di tracciato caratterizzati dalla presenza di detti "punti singolari" hanno superato la verifica.

7. ALLARGAMENTO IN CURVA

L'allargamento in curva per visibilità, su indicazione dell'ANAS viene realizzata sempre mediante l'allargamento della banchina esterna della carreggiata per i tratti di curva in destra, della banchina interna della carreggiata per i tratti di curva in sinistra.

Seguono tabelle in cui sono dettagliati gli allargamenti previsti lungo il tracciato divisi per carreggiata.

ALLARGAMENTI CARREGGIATA NORD (dir. S. Prospero Strinati-Corte Tegge)			
Curva	Raggi o [m]	Vers o	Allargamento [m]
R1	270	dx	1.00
R2	380	dx	1.00
R3	575	dx	-
R4	820	dx	-
R5	595	sx	5.00
R6	720	dx	2.00
R7	800	dx	1.50
R8	790	sx	3.50
R9	775	dx	-
R10	400	dx	4.75
R11	340	sx	4.00
R12	220	sx	5.50
R13	365.20	dx	4.30

Tabella 12 – Allargamenti di progetto della carreggiata nord della nuova tangenziale

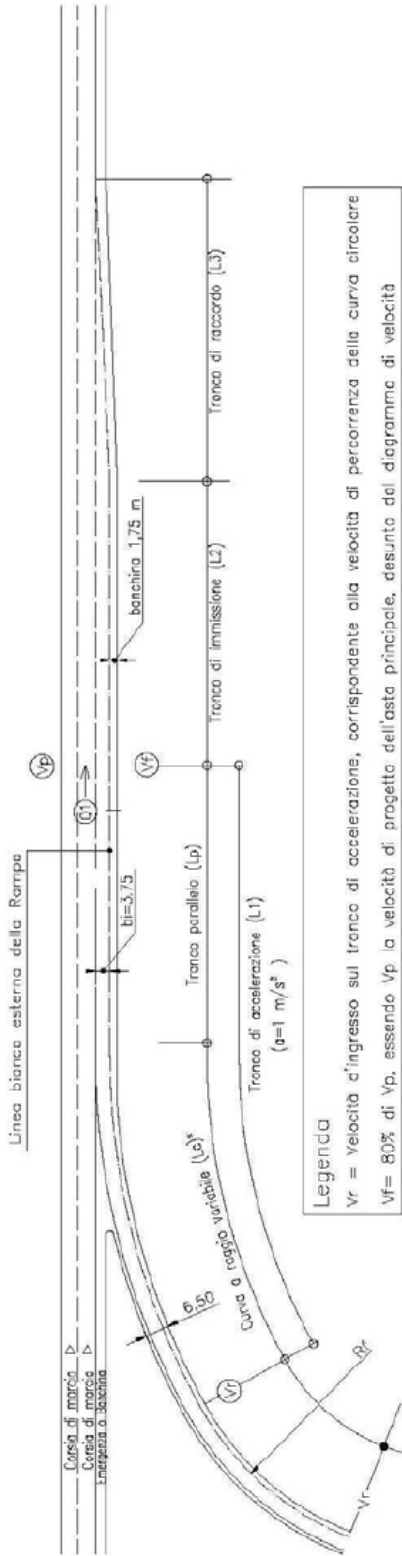
ALLARGAMENTI CARREGGIATA SUD (dir. Corte Tegge - S. Prospero Strinati)			
Curva	Raggi o [m]	Vers o	Allargament o [m]
R1	270	dx	2.10
R2	380	dx	2.10
R3	575	dx	1.50
R4	820	dx	1.00
R5	595	sx	3.00
R6	720	dx	3.50
R7	800	dx	4.00
R8	790	sx	1.30
R9	775	dx	-
R10	400	dx	4.75
R11	340	sx	4.00
R12	220	sx	5.50
R13	365.20	dx	4.30

Tabella 13 – Allargamenti di progetto della carreggiata sud della nuova tangenziale

In alcune curve gli allargamenti non risultano materializzati lungo per l'intero sviluppo degli stessi, in quanto inglobati nella larghezza delle corsie specializzate di ingresso e di uscita degli svincoli di progetto.

8. ALLEGATO A: TABELLE DATI GEOMETRICI CORSIE DI IMMISSIONE

CORSIA DI IMMISSIONE SU STRADA TIPO B



Legenda

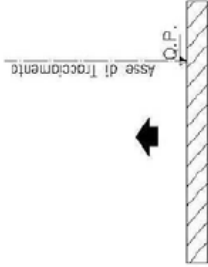
Vr = velocità d'ingresso sul tronco di accelerazione, corrispondente alla velocità di percorrenza della curva circolare
 Vf = 80% di Vp, essendo Vp la velocità di progetto dell'asta principale, desunta dal diagramma di velocità

N.B.

(*) Non valgono le limitazioni sul parametro A di cui al DM 5/1/01; inoltre è consentito l'utilizzo di adotti multiparametro con n>1 (parciaodi)
 (**) Il Tronco di immissione è necessario per flussi della corrente principale nella quale avviene l'immissione superiori a 700 veh/h ed è calcolabile in base a:
 $L2 = ((Q1 - 700) / 100) * Vf$, essendo Q1 il flusso della corrente principale (Rel. par. 3.4 "Progetto di intersezioni stradali" - Giovanni da Rea - Utet 2002)

Abaco per il calcolo di L1 e L3

Solo Indiretto R=25 m			R=45 m			R=75 m			R=120 m		
Vp	Vr	L3	Vp	Vr	L3	Vp	Vr	L3	Vp	Vr	L3
(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)
120	96	30	120	96	40	120	96	50	120	96	60
110	88	30	110	88	40	110	88	50	110	88	60
100	80	30	100	80	40	100	80	50	100	80	60
90	72	30	90	72	40	90	72	50	90	72	60
80	64	30	80	64	40	80	64	50	80	64	60



Abaco per il calcolo di L2

Q1=750 veh/h			Q1=800 veh/h			Q1=850 veh/h			Q1=900 veh/h			Q1=950 veh/h			Q1=1000 veh/h		
Vp	Vr	L2	Vp	Vr	L2	Vp	Vr	L2	Vp	Vr	L2	Vp	Vr	L2	Vp	Vr	L2
(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)
120	96	13	120	96	27	120	96	40	120	96	53	120	96	67	120	96	80
110	88	12	110	88	24	110	88	37	110	88	49	110	88	61	110	88	73
100	80	11	100	80	22	100	80	33	100	80	44	100	80	56	100	80	67
90	72	10	90	72	20	90	72	30	90	72	40	90	72	50	90	72	60
80	64	9	80	64	18	80	64	27	80	64	36	80	64	44	80	64	53

(**) N.B. la larghezza della banchina in dx verrà portata a 1 m della nuova normativa

9. SOTTOSCRIZIONE DELL'ELABORATO DA PARTE DEL R.T.P.

STUDIO CORONA S.r.l.

ECOPLAN S.r.l.

I.T. S.r.l.

E&G S.r.l.

CONSORZIO UNING

ARKE' INGEGNERIA S.r.l.

SETAC S.r.l.

ING. RENATO DEL PRETE

DOTT. DANILO GALLO
