

SS.4 - Variante dell'abitato di Monterotondo Scalo - 2° Stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM190

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. D. Carliaccini	Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Arch. N. Kamenicky	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. F. Aloe	Geom. C. Vischini
Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. V. De Gori	Dott. Ing. V. Piuino
Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. C. Consorti	Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. E. Bartolucci	Geom. M. Manzo	Geom. C. Sugaroni
Dott. Geol. G. Cerquiglini		
Geom. S. Scopetta		
Dott. Ing. L. Sbrenna		
Dott. Ing. M. Briganti Botta		
Dott. Ing. E. Sellari		
Dott. Ing. L. Dinelli		
Dott. Ing. L. Nani		
Dott. Ing. F. Pambianco		
Dott. Agr. F. Berti Nulli		

IL PROGETTISTA:

Elena Bartolucci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A3217

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Achille Devitofranceschi

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



PROGETTO STRADALE ELABORATI GENERALI Relazione tecnica sul progetto stradale

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. DPRM0190 D 20	T00-PS00-TRA-RE01-A		
CODICE ELAB.	T00PS00TRA RE01	A	-
A	Emissione	17/01/2021	M.De Tursi E.Bartolucci N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DESCRIZIONE GENERICA DEL TRACCIATO	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	PROGETTO STRADALE.....	8
4.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....	8
4.1.1	L'andamento plano-altimetrico.....	8
4.1.2	Intersezioni a rotatoria di progetto	12
4.2	SEZIONI TIPO.....	13
4.2.1	Premessa.....	13
4.2.2	Strade categoria C2.....	14
4.2.3	Strade a destinazione particolare.....	14
4.2.4	Strade categoria F urbana locale.....	14
4.2.5	Strade categoria F1 extraurbana.....	15
4.3	ANDAMENTO PLANIMETRICO DEGLI ASSI	16
4.3.1	Asse 1	16
4.3.2	Asse 2	21
4.3.3	Asse 3	24
4.4	ALLARGAMENTI DELLA CARREGGIATA PER L'ISCRIZIONE DEI VEICOLI IN CURVA	27
4.4.1	Asse 1	27
4.4.2	Asse 2	27
4.4.3	Asse 3	27
4.5	ANDAMENTO ALTIMETRICO DEGLI ASSI.....	28
4.5.1	Asse 1	29
4.5.2	Asse 2	29

4.5.3	Asse 3	30
4.6	DIAGRAMMA DI VELOCITÀ	31
4.6.1	Asse 1	32
4.6.2	Asse 2	34
4.6.3	Asse 3	34
4.7	ANALISI DELLA VISIBILITÀ.....	36
4.7.1	Asse 1	36
4.7.2	Asse 2	38
4.7.3	Asse 3	39
5	VERIFICHE VISIBILITA' INTERSEZIONI	40
6	VERIFICA TRIANGOLI DI VISIBILITÀ ALLE INTERSEZIONI	45
7	SEGNALETICA	49
7.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	49
7.1.1	Riferimenti normativi di dettaglio	49
7.1.2	Materiali.....	49
7.1.3	Requisiti Prestazionali	49
7.1.4	Strisce longitudinali.....	49
7.1.5	Zebrature	50
7.2	SEGNALETICA VERTICALE.....	51
7.2.1	Riferimenti normativi di dettaglio	51
7.2.2	Materiali.....	51
7.2.3	Requisiti Prestazionali	52
8	DISPOSITIVI DI RITENUTA.....	53
8.1	DEFINIZIONE DELLE CLASSI E DEI TIPI DI DISPOSITIVI DI RITENUTA DA ADOTTARE IN PROGETTO ..	53
8.2	BARRIERE TIPO ANAS.....	56

8.2.1	Barriera bordo laterale classe H2	56
8.2.2	Barriera bordo laterale classe H3	57
8.2.3	Barriera bordo ponte classe H3.....	60
8.3	BARRIERE COMMERCIALI.....	61
8.3.1	Barriera bordo laterale classe H2	62
8.4	ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARI	62
8.4.1	Transizioni	62
8.5	TRANSIZIONI TRA BARRIERE ANAS	63
8.5.1	Transizioni tra barriere Anas e barriere commerciali (di progetto)	63
8.5.2	Transizioni tra barriere Anas e barriere esistenti	63
8.5.3	Transizioni tra barriere commerciali (di progetto)	64
9	PAVIMENTAZIONE STRADALE	65
9.1	DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE.....	65
9.2	VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE (CAT.C).....	65
9.2.1	Carichi di traffico	65
9.2.2	Verifica (metodo razionale).....	68
9.3	VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE (CAT.F).....	72
9.3.1	Carichi di traffico	72
9.3.2	Verifica (metodo razionale).....	74

1 INTRODUZIONE

La presente relazione esegue l'analisi puntuale degli elementi costituenti i vari tracciati stradali relativi al progetto in esame, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente.

In particolare si fa riferimento ai tratti di viabilità di seguito esplicitati:

- Tratto di strada-argine, Asse 1, tra le rotatorie "A" (intersezione tra Asse 1, via Semblera e 1° Stralcio Bretella Salaria Sud) e "B" (intersezione tra Asse 1, Asse 2 e Asse 3);
- Tratto in viadotto, Asse 2, tra le rotatorie "B" (intersezione tra Asse 1, Asse 2 e Asse 3) e "C" (intersezione tra Asse 2 e SS4 Salaria);
- Tratto di strada-argine, Asse 3, tra le rotatorie "B" (intersezione tra Asse 1, Asse 2 e Asse 3) e "D" (intersezione tra Asse 3 e SS4 Salaria).



Variante dell'abitato di Monterotondo Scalo – 2° Stralcio: individuazione assi e rotatorie di progetto

2 DESCRIZIONE GENERICA DEL TRACCIATO

Il progetto in esame rappresenta il naturale proseguimento della variante-argine dell'abitato di Monterotondo Scalo del quale oggi risulta in appalto il primo stralcio (progetto integrato del Collegamento Stradale tra l'autostrada "A1 DIR" e la S.S.4 Salaria a Monterotondo Scalo).

Esso costituisce uno degli interventi di attuazione della più ampia pianificazione dell'assetto della Media Valle del Tevere, finalizzato alla messa in sicurezza idraulica di questi territori, nel rispetto delle legittime esigenze di sviluppo urbanistico dei piccoli centri che sorgono al loro interno e della salvaguardia idraulica dell'area metropolitana di Roma.

Il secondo stralcio dell'intervento SS4 "variante di Monterotondo Scalo" è un progetto che si compone di due fasi principali, la prima fase oggetto della seguente progettazione consiste nella realizzazione di una strada di Bypass dell'abitato di Monterotondo su un rilevato predisposto e realizzato per poter poi diventare argine in una seconda fase quando tutte le opere idrauliche complementari di difesa attiva e passiva a cura della Regione Lazio, saranno state realizzate.

Per questo motivo il progetto è stato realizzato prevedendo tutti gli accorgimenti necessari affinché il rilevato stradale possa avere le caratteristiche meccaniche, e idrauliche, per poter in una seconda fase assolvere la funzione di argine, ma verificando che, fino a quando le opere complementari non saranno realizzate, esso risulti trasparente rispetto alla piena del Tevere valutata per i diversi tempi di ritorno previsti in normativa, per non aggravare le condizioni a valle, e quindi dell'area metropolitana di Roma.

La variante costituisce il proseguimento del Primo Stralcio e prende origine dall'intersezione con via Semblera (rotatoria "A"). La strada-sviluppa, nell'area compresa tra il Fiume Tevere e l'abitato di Monterotondo Scalo, fino al nodo, rotatoria "B", da cui si diramano due viabilità una in viadotto che si riconnette alla SS4 Salaria verso Roma (rotatoria "C") e un tratto di strada-argine che si riconnette alla SS4 Salaria lato Monterotondo (rotatoria "D").

L'intervento in oggetto prevede anche la ricucitura delle viabilità esistenti interferite con le intersezioni di progetto quali accessi privati e viabilità di servizio alle aree ivi presenti.

Il tracciato in oggetto si sviluppa nel territorio del Comune di Monterotondo e in parte nel Comune di Roma.

Gli assi di progetto hanno uno sviluppo di: Asse 1 circa 2Km, Asse 2 circa 735m e Asse 3 circa 490 m.

Con riferimento al D.M. 05/11/2001 e s.m.i. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", il tracciato principale, Asse1 e Asse 2, ha una carreggiata di tipo "C2" propria di una strada di tipo "extraurbana secondaria", mentre l'Asse 3 di riconnessione alla SS4 Salaria lato Monterotondo è progettata come strada a destinazione particolare che rispetta i requisiti minimi di una categoria F in ambito urbano.

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D. Lgs. 30 Aprile 1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada"
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada"
- D.M. 01.06.2001 "Modalità di istituzione e aggiornamento del catasto delle strade"
- D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"
- D.Lgs. 27.06.2003 n.151 "Modifiche ed integrazioni al codice della strada"
- D.M. 22.04.2004 "Modifica del decreto 5 Novembre 2001"
- D.M. II.TT. 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni"
- D.M. 04/01/2008 "Testo unico sulle Costruzioni"
- D.M. 21.06.04 n. 2367 Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali
- D.M. 18/02/1992 n. 223 "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- D.M. 01/04/2019 "Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM)"
- Circ. 15/10/1996 n. 4622 "Aggiornamento del decreto ministeriale 18/02/92 n° 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- D.M. 03/06/1998 "Ulteriori aggiornamento delle istruzioni per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione" (con esclusione delle istruzioni tecniche sostituite dalle istruzioni tecniche allegato al D.M. 21.6.2004 n. 2367)
- D.M. 11/06/1999 "Integrazioni e modifiche al D.M. 03/06/98 – aggiornamento delle istruzioni per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- Circ. Min. LL.PP 06/04/2000 "Art. 9 del D.M. 18/02/92, n° 223 e successive modificazioni: aggiornamento recante l'elenco degli Istituti autorizzati alle prove di impatto al vero ai fini dell'omologazione"
- Circ. Min. LL.PP Prot. 62032 del 21.07.2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"
- Circ. Min. LL.PP 25.08.2004 n. 3065 "Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali (per quanto ancora applicabile)"
- Circ. Min. LL.PP 20.09.2005 n. 3533 "Direttive inerenti le procedure ed i documenti necessari per le domande di omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali ai sensi del D.M. 21.06.04" (per quanto ancora applicabile)
- Circ. Min. LL.PP 15.11.2007 n. 104862 "Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004" (per quanto ancora applicabile)
- UNI EN 1317 – Barriere di sicurezza stradali: parti 1, 2, 3 e 4;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 – Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.
- Catalogo delle pavimentazioni stradali (B.U. n° 178 del C.N.R del 15.11.1995)

4 PROGETTO STRADALE

4.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

4.1.1 L'andamento plano-altimetrico

La viabilità di progetto si compone di un tracciato primario, a sua volta composto da due tratti distinti, uno che va dalla rotatoria "A" alla "B" (Asse 1, sviluppo di circa 2Km) ed un altro che va dalla rotatoria "B" alla "C" (Asse 2, sviluppo di circa 735m), i quali ripristineranno la continuità viaria dell'attuale S.S. 4 "Salaria", e di un tracciato secondario (Asse 3, sviluppo di circa 490 m) che va dalla rotatoria "B" alla "D". Dalla rotatoria "D" hanno origine i due rami di riconnessione con l'attuale strada "Salaria" che passa attualmente all'interno dell'abitato di Monterotondo, sia a Sud, tratto di circa 185 m, che a Nord, tratto di circa 167 m.



Individuazione Assi di progetto

Il progetto è stato sviluppato considerando come dato di base una quota per la piena duecentennale del Tevere variabile da 23.68 a 24.16 s.l.m e una quota di sommità dell'argine almeno a +1.5m.

Il sistema arginale potrà entrare in funzione solo a seguito del completamento della Messa in Sicurezza della Media Valle del Tevere, con conseguente realizzazione delle casse di espansione previste a monte e del completamento dell'arginatura a nord.

Per tale ragione è necessario prevedere un periodo transitorio ove la strada sul rilevato arginale sarà in esercizio ma tale argine dovrà risultare idraulicamente trasparente.

Si prevedono perciò delle aperture in asse a quelli che oggi rappresentano dei fossi di scolo e dove l'acqua naturalmente defluisce dall'abitato di Monterotondo verso il fiume Tevere. Tali aperture sono previste con tre scatolari idraulici di 4.0x5.5m.

Nel momento in cui il rilevato stradale funzionerà come argine gli scatolari idraulici, sopra illustrati, saranno attrezzati con paratoie e altre opere connesse per garantire la tenuta idraulica del sistema arginale; in tale condizione tutta l'acqua di pioggia confluyente dal bacino di Monterotondo dovrà essere riconvogliata verso il fiume. Infatti in questo caso le acque provenienti dai bacini secondari (fosso Ventaglio) non avranno più sfogo verso il Tevere e tenderanno ad accumularsi lato monte del rilevato stradale.

La soluzione per evitare l'allagamento dell'area a monte del rilevato prevede la realizzazione di un impianto idrovoro di rilancio delle portate attraverso il rilevato. Seppure l'impianto non sia parte della progettazione in corso, sono state tuttavia eseguite delle predisposizioni per tale futuro ipotetico impianto, inserendo nel rilevato dei tubi camicia, nei quali saranno posati i tubi di mandata del sollevamento meccanico.

La strada nell'intero tratto A-B (Asse 1) e nel tratto B-D (Asse 3), si attesta sempre ad una quota maggiore di 26 m.s.l.m, ed insieme ad un breve tratto di solo argine che si attesta sull'attuale rilevato ferroviario, garantisce la protezione dell'abitato di Monterotondo da una futura esondazione con tempo di ritorno duecentennale del fiume "Tevere".

La strada del tratto B-C (Asse 2) non ha funzione di arginatura ed a tal proposito sarà garantito il deflusso delle acque del fosso esistente "Pantanella" fino al suo termine naturale nel fiume "Tevere", tramite il suo scavalco con un Viadotto a più campate con luci maggiori di 40m, calcolate tenendo in considerazione la piena duecentennale del "Tevere".

I due rami della rotatoria "D", di riconnessione alla SS 4 Salaria, sono compatibili con l'eventuale futuro ricollegamento con "Via di Valle Ricca" (Asse blu nell'immagine successiva) su rilevato e viadotto, che potrà avere caratteristiche geometriche plano-altimetriche, che rientrano in una strada di categoria "C".

Il tracciato planimetrico dell'**Asse 1**, circa 150 m dalla rotatoria di collegamento con Via Semblera e con il Primo Stralcio (rotatoria "A"), segue l'andamento del Tevere prima, con una curva destrorsa di raggio 450m, per poi allontanarsi dal fiume con una curva sinistrorsa di raggio 950m; segue un rettilineo di lunghezza 370m e una curva sinistrorsa di raggio 400m fino alla rotatoria "B", dalla quale si dipartono i due diversi tratti terminali.

Nel primo tratto di circa 1 km la geometria scelta deriva principalmente dalle esigue dimensioni dei corridoi compreso tra l'abitato di Monterotondo Scalo e l'ansa del Fiume Tevere, da vincoli idraulici, morfologici e dalla necessità di ottimizzare la geometria e minimizzare le aree espropriate.

È prevista la modifica del tratto finale del Primo Stralcio per la connessione con la rotatoria di progetto "A". Nel primo tratto dell'Asse 1, fino alla progressiva 0+250 è prevista la risistemazione della sponda del lago esistente interferente con la viabilità di progetto.

Al km 0+680 e al km 1+500 sono previsti due tombini scatolari idraulici in C.A. di dimensioni 4.00x5.50 necessari per garantire la trasparenza idraulica del sistema arginale.

Al km 1+875 è prevista una batteria di tubi camicia (10 tubi in acciaio Φ 1350) e la vasca predisposti per il futuro impianto di rilancio non oggetto della presente progettazione.



Lago esistente interferente con la viabilità di progetto

Al km 1+920 è previsto il terzo tombino scatolare idraulico in C.A. di dimensioni 4.00x5.50 necessario per garantire la trasparenza idraulica del sistema arginale. Il tracciato dell'Asse 1 finisce in corrispondenza della rotatoria "B".

Per l'Asse 1, lato Tevere, è prevista una protezione del rilevato stradale con soletta impermeabile in C.A., materasso Reno e taglione di pali secanti in C.A., mentre lato Monterotondo è prevista una protezione del rilevato stradale con materasso Reno e Gabbioni.

Il tracciato planimetrico dell'**Asse 2**, in viadotto, si compone di un'unica ampia curva di raggio $R=350m$, che esce dalla rotatoria "B" e si conclude nella rotatoria "C". Per il Viadotto Pantanella è prevista una struttura mista con impalcati in C.A. e travi in acciaio. La rotatoria "C" prevede rami di riconnessione alla SS4 Salaria esistente sia in direzione Roma che in direzione Monterotondo.

Il tracciato planimetrico dell'**Asse 3**, distaccandosi dalla rotatoria "B" si compone di una curva sinistrorsa di raggio 125m, un rettilineo di lunghezza 90m e una curva destrorsa di raggio 48m circa.

Per l'Asse 3, lato Tevere, è prevista una protezione del rilevato stradale con soletta impermeabile in C.A., materasso Reno e taglione di pali secanti in C.A., mentre lato Monterotondo è prevista una protezione del rilevato stradale con materasso Reno e Gabbioni.

La chiusura dell'argine avviene mediante un muro su paratia di pali secanti in C.A. con chiusura sul rilevato ferroviario.

Sono previste viabilità di progetto per il ripristino degli accessi alle proprietà esistenti.

Tutte le curve della viabilità sono soggette ad allargamenti per iscrizione in funzione delle categorie ammesse e per garantire le distanze di visibilità lungo il tracciato.

Altimetricamente il profilo del tracciato dell'**Asse 1** si riallaccia alla quota finale della "strada-argine" dello stralcio precedente, tramite una rotatoria (rotatoria "A"), successivamente si compone di tre livellette di segno alternato, una livelletta di -2.5%, successivamente una di +0.2%, ed infine una di -0.2%, per poi concludersi con un'ultima livelletta di +2.5% in corrispondenza della rotatoria "B".

In questo tratto la quota minima di progetto è pari a 26.07m a circa 50 m dalla rotatoria di collegamento con Via Semblera.

Altimetricamente il profilo del tracciato dell'**Asse 2** tra le rotatorie "B" e "C" si collega all'inizio ed alla fine tramite una livelletta del -2.5% e 2.5% rispettivamente in corrispondenza delle rotatorie B e C di progetto e si compone di due livellette di +0.2% e -0.238% con vertice altimetrico tra le progressive 0+350 e 0+400 alla quota di 29.2 m slm.

In questo tratto la quota minima di progetto è pari a 28.605m a circa 50 m dalla rotatoria di collegamento con SS4 Salaria, alla pk 0+700.

Altimetricamente il profilo del tracciato dell'**Asse 3** si riallaccia alla quota finale della "strada-argine" dell'Asse 1, tramite una rotatoria (rotatoria "B"), successivamente si compone di tre livellette, una livelletta di -2.5%, successivamente una di -0.2%, ed infine una di +0.20%, per poi concludersi con un'ultima livelletta di +2.5% in corrispondenza della rotatoria "D".

In questo tratto la quota minima di progetto è pari a 26.032m a circa 1 km dalla rotatoria di collegamento con SS4 Salaria, alla pk 0+400.

I restanti rami della rotatoria "D" consentono la riconnessione con la SS 4 Salaria esistente.

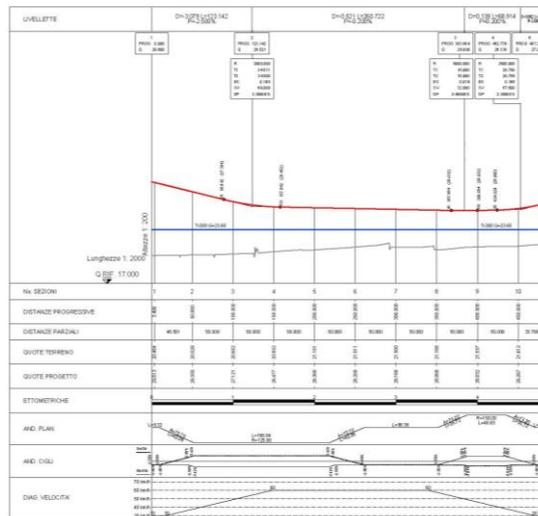
La sezione tipo dell'asse principale (Asse 1 e 2), inquadrata come "C2", che collega la S.S. 4 con la "strada-argine" del Primo Stralcio, ha una larghezza complessiva della carreggiata di 9.50m, con corsie da 3.5m e banchine da 1.25m per l'intera lunghezza dell'intervento.

L'Asse 3 è stato progettato come strada F1 extraurbana con corsie di 3.50 m.

Sono previsti i marciapiedi lato carreggiata lungo i rami di riconnessione alla SS4 Salaria esistente della rotatoria "D" al fine di creare un percorso pedonale continuo nell'abitato di Monterotondo Scalo.

Di seguito si allegano la planimetria e i profili degli assi di progetto.

Relazione tecnica sul progetto stradale



Profilo longitudinale Asse 3

4.1.2 Intersezioni a rotatoria di progetto

Le intersezioni tra diversi tratti di viabilità di progetto e con la viabilità esistente SS4 Salaria sono regolate a rotatoria ed hanno le seguenti caratteristiche:

- Rotatoria “A” a 4 rami tra Asse 1, via Semblera e 1° Stralcio Bretella Salaria Sud di diametro 50 m a quota 26.8 m s.l.m.;
- Rotatoria “B” a 3 rami tra Asse 1, Asse 2 e Asse 3 di diametro 50 m a quota 29.6 m s.l.m.;
- Rotatoria “C” a 3 rami tra Asse 2 e SS4 Salaria di diametro 51 m a quota 29.2 m s.l.m.;
- Rotatoria “D” a 3 rami tra Asse 3 e SS4 Salaria di diametro 50 m a quota 27.0 m s.l.m..

Le rotatorie “A”, “B” e “D” hanno tutte corsia nella corona rotatoria pari a 6.00m, ingressi a una corsia di larghezza 3.50m e bracci di uscita pari a 4.50 m. Per la rotatoria “C”, considerati gli elevati flussi provenienti da Roma, si prevede un braccio di ingresso a due corsie di larghezza 6.00m e conseguente corsia della corona rotatoria a 9.00m. I restanti bracci in ingresso sono previsti a 3.50 m e i bracci in uscita a 4.50m nel rispetto della normativa vigente.

Le suddette rotatorie sono dotate di corona sormontabile di larghezza pari a 2.00 e larghezza delle banchine interne ed esterne di 0.50 m.

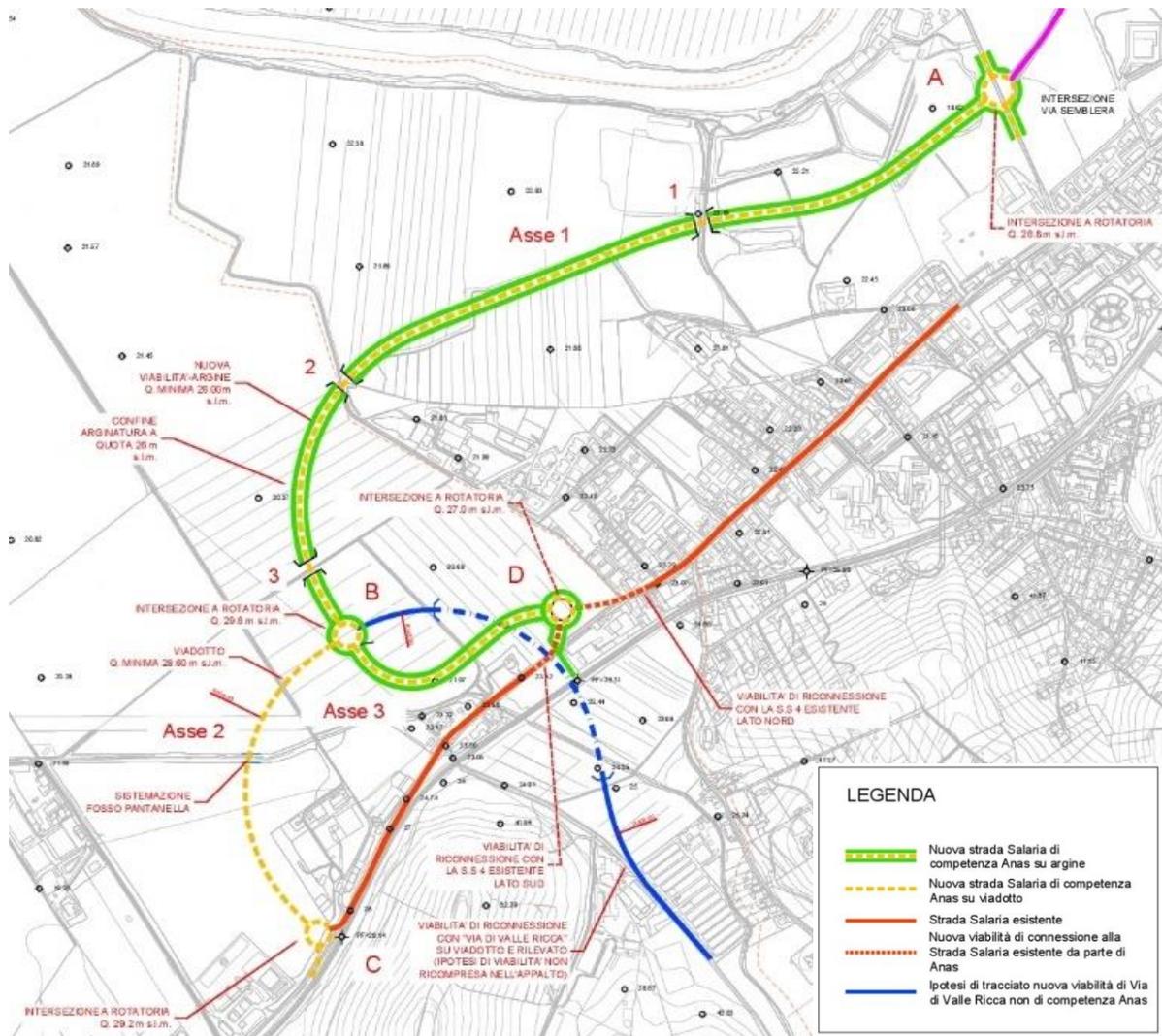
Relativamente i rami delle rotatorie A e C, gli stessi sono stati progettati come strade a destinazione particolare che rispettano i requisiti minimi di una categoria F in ambito urbano, di larghezza pari a 8.00 m con banchine di 0.50 m e corsie di 3.50 m per il passaggio degli autobus.

Per la rotatoria D, visto la sua posizione a ridosso dell’abitato di Monterotondo, per i 2 rami si è adottata una sezione tipica di strade F locali urbane con marciapiede.

In corrispondenza delle rotatorie sono previste le **vasche di prima pioggia**:

- VPP1 in C.A. 11.30x5.60m in corrispondenza della rotatoria “A”;
- VPP3 in C.A. 8.80x4.60m in corrispondenza della rotatoria “C”;
- VPP4 in C.A. 8.80x4.60m in corrispondenza della rotatoria “D”.
- VPP5 in C.A. 8.80x4.60m in corrispondenza della rotatoria “B”.

La VPP2 in C.A. 11.30x5.60m è prevista lungo l’Asse 1 alla pk 1+800.



Intersezioni a rotatoria di progetto

4.2 SEZIONI TIPO

4.2.1 Premessa

Le sezioni tipo adottate si rifanno ai minimi di legge previste dal DM 05/11/2001 in termini di larghezza delle piattaforme, pendenze trasversali e dimensione degli elementi marginali.

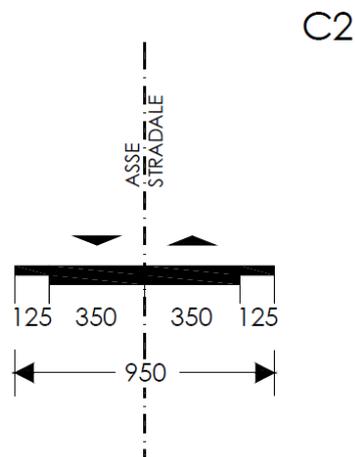
Trattasi di viabilità in rilevato, a meno dell'asse 2 previsto per intero su viadotto, rilevato per il quale si prevede l'utilizzo terre idonee appartenenti ai gruppi A1a, A2-4, A2-5 e A3. Le stesse si compongono di arginelli in terra di larghezza minima utile per la posa della canaletta di raccolta delle acque di piattaforma per il convogliamento alle vasche di prima pioggia. Di seguito si riportano le caratteristiche degli elementi marginali dei vari assi:

- Asse 1 (Strada tipo C2): larghezza arginello 2.10 m
- Asse 2 su viadotto (Strada tipo C2) larghezza cordolo per posa barriera bordo ponte 0.80 m
- Asse 3 (Strada F1 extraurbana): larghezza arginello 1.70 m

4.2.2 Strade categoria C2

La sezione tipo della carreggiata stradale adottata per l'asse 1 , asse 2 e ramo est rotatoria "A" corrisponde a quella della categoria "C2 strada extraurbana secondaria" per una larghezza complessiva di 9,50 m e costituita da due banchine laterali da 1,25 m e due corsie, una per senso di marcia, della larghezza di 3,50 m. La sagoma stradale è a doppia falda con una pendenza trasversale pari al 2.50% in rettilifo e 7.00% in curva.

Per il ramo sud della rotatoria "C" si è adottata una sezione tipo assimilabile alla "C2 strada extraurbana secondaria" con corsie da 3.50 m e banchina da 0.50m in quanto trattasi di ramo di riallaccio a una strada esistente (S.S.4).



Sezione tipo (cat. C2) in ambito extraurbano del D.M. 05/11/2001

4.2.3 Strade a destinazione particolare

La sezione tipo della carreggiata stradale adottata per i rami delle rotatorie A Nord e Sud corrisponde a quella di strade a destinazione particolare che rispettano i minimi di legge della categoria "F urbana locale" per una larghezza complessiva di 8,00 m e costituita da due banchine laterali da 0.50 m e due corsie, una per senso di marcia, della larghezza di 3,50 m per il passaggio degli autobus. La sagoma stradale è a doppia falda con una pendenza trasversale pari al 2.50% in rettilifo e 7.00% in curva.

4.2.4 Strade categoria F urbana locale

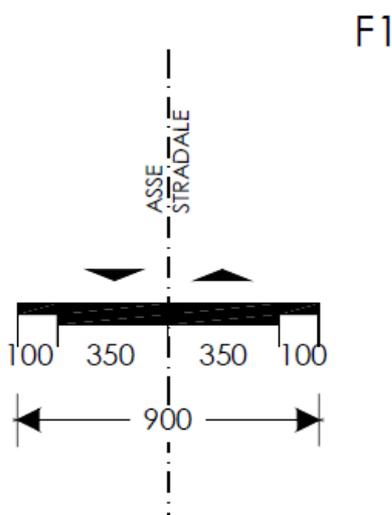
La sezione tipo della carreggiata stradale adottata per il ramo Nord della rotatoria D corrisponde a quella della categoria "F urbana locale" per una larghezza complessiva di 8,00 m e costituita da due banchine

lateralmente da 0.50 m e due corsie, una per senso di marcia, della larghezza di 3,50 m per il passaggio degli autobus e marciapiedi della larghezza 1.50 m. La sagoma stradale è a doppia falda con una pendenza trasversale pari al 2.50% in rettilineo e 7.00% in curva.

4.2.5 Strade categoria F1 extraurbana

La sezione tipo della carreggiata stradale adottata per l'asse 3 corrisponde a quella della categoria "F1 extraurbana" per una larghezza complessiva di 9,00 m e costituita da due banchine laterali da 1.00 m e due corsie, una per senso di marcia, della larghezza di 3,50 m. La sagoma stradale è a doppia falda con una pendenza trasversale pari al 2.50% in rettilineo e 7.00% in curva.

Per il ramo sud della rotatoria "D" e il ramo nord della rotatoria "C" si è adottata una sezione tipo assimilabile alla "F1 extraurbana" con corsie da 3.50 m e banchina da 0.50m in quanto trattasi di ramo di riallaccio a una strada esistente (S.S.4).



Sezione tipo (cat. F1) in ambito extraurbano del D.M. 05/11/2001

4.3 ANDAMENTO PLANIMETRICO DEGLI ASSI

4.3.1 Asse 1

Il tratto in questione è quello che si sviluppa tra la rotatoria "A" tra la viabilità di progetto, via Semblera e il Primo Stralcio e la Rotatoria "B" di riconnessione tra i vari Assi di progetto.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche dei singoli elementi del tracciato e le verifiche in relazione ai dettami del D.M. 05/11/2001 in relazione alle velocità desunte dal diagramma di velocità con riferimento ad una $V_{p,max}$ pari a 100 km/h.

Il tracciato planimetrico della viabilità è costituito da una successione di quattro rettili e tre curve circolari, tra loro raccordati da curve di transizione (clotoidi). La lunghezza complessiva del tracciato è pari a 2033.574 m.

Gli elementi planimetrici costituenti l'asse sono riepilogati nella tabella seguente:

<i>ELEMENTI PLANIMETRICI</i>				
<i>N.</i>	<i>Elementi geometrici</i>	<i>Lunghezza [m]</i>	<i>Raggio [m]</i>	<i>Fattore di scala [m]</i>
1	<i>Rettifilo</i>	<i>146.957</i>		
2	<i>Raccordo di transizione</i>	<i>50.000</i>		<i>150.000</i>
3	<i>Raccordo circolare</i>	<i>222.117</i>	<i>450.000</i>	
4	<i>Raccordo di transizione</i>	<i>88.889</i>		<i>200.000</i>
5	<i>Rettifilo</i>	<i>8.244</i>		
6	<i>Raccordo di transizione</i>	<i>107.789</i>		<i>320.000</i>
7	<i>Raccordo circolare</i>	<i>130.944</i>	<i>950.000</i>	
8	<i>Raccordo di transizione</i>	<i>107.789</i>		<i>320.000</i>
9	<i>Rettifilo</i>	<i>369.334</i>		
10	<i>Raccordo di transizione</i>	<i>110.250</i>		<i>210.000</i>
11	<i>Raccordo circolare</i>	<i>632.720</i>	<i>400.000</i>	
12	<i>Raccordo di transizione</i>	<i>49.000</i>		<i>140.000</i>
13	<i>Rettifilo</i>	<i>9.540</i>		

Relazione tecnica sul progetto stradale

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
RETTIFILO	0.000	146.957	146.957	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	51	●
CLOTOIDE	146.957	196.957	50.000	150.000	0.000	450.000	Dx	0.000	0.000	59	●
ARCO	196.957	419.074	222.117	0.000	450.000	450.000	Dx	-6.874	6.874	100	●
CLOTOIDE	419.074	507.963	88.889	200.000	450.000	0.000	Dx	0.000	0.000	100	●
RETTIFILO	507.963	516.207	8.244	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	100	●
CLOTOIDE	516.207	623.996	107.789	320.000	0.000	950.000	Sx	0.000	0.000	100	●
ARCO	623.996	754.940	130.944	0.000	950.000	950.000	Sx	4.262	-4.262	100	●
CLOTOIDE	754.940	862.730	107.789	320.000	950.000	0.000	Sx	0.000	0.000	100	●
RETTIFILO	862.730	1232.064	369.334	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	100	●
CLOTOIDE	1232.064	1342.314	110.250	210.000	0.000	400.000	Sx	0.000	0.000	100	●
ARCO	1342.314	1975.034	632.720	0.000	400.000	400.000	Sx	7.000	-7.000	97	●
CLOTOIDE	1975.034	2024.034	49.000	140.000	400.000	0.000	Sx	0.000	0.000	37	●
RETTIFILO	2024.034	2033.574	9.540	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	30	●

Le verifiche risultano soddisfatte con l'unica eccezione costituita dalla lunghezza del rettifilo finale: il valore risulta inferiore alla lunghezza minima richiesta di 30m; si tratta tuttavia di un elemento fittizio e non reale (raccorda l'asse al centro della rotonda).

Il tabulato completo dell'andamento planimetrico dell'asse stradale è riportato nel seguito:

Relazione tecnica sul progetto stradale

Asse_1	
Dati generali sul tracciato AX_1	
Progressiva Iniziale (m) : 0.0000	Lunghezza (m) : 2033.5744
Progressiva Finale (m) : 2033.5744	
Strada Tipo : C2 Strada extraurbana secondaria	
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 60 <= Vp <= 100	
Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 146.9571	
Coordinate P.to Iniziale X: 300329.5993	Coordinate P.to Finale X: 300224.7239
Y: 4659769.1162	Y: 4659665.1108
Lunghezza : 146.9571	Asimut : 225
Vp (Km/h) = 50.6	
L >= Lmin = 40.5700 OK	
L <= Lmax = 1112.5320 OK	Rsucc = 450.0000 Rsucc > Rmin = 146.9600 OK
Curva 2 Destra ProgI 146.9571 - ProgF 507.9626	
Coordinate vertice X: 300098.4756	Coordinate I punto Tg X: 300224.7239
Coordinate vertice Y: 4659541.0424	Coordinate I punto Tg Y: 4659665.1108
	Coordinate II punto Tg X: 299905.1386
	Coordinate II punto Tg Y: 4659516.0068
Tangente Prim. 1: 151.1039	TT1 Tangente 1: 177.0073
Tangente Prim. 2: 151.1039	TT2 Tangente 2: 194.9512
Alfa Ang. al Vert.: 143	Numero Archi : 1
Clotoide in entrata ProgI 146.9571 - ProgF 196.9571	
Coordinate vertice X: 300200.9455	Coordinate I punto Tg X: 300224.7239
Coordinate vertice Y: 4659641.7429	Coordinate I punto Tg Y: 4659665.1108
	Coordinate II punto Tg X: 300188.4241
	Coordinate II punto Tg Y: 4659630.7357
Raggio : 449.9999	Angolo : 3
Parametro N : 1.0000	Tangente lunga : 33.3387
Parametro A : 150.0000	Tangente corta : 16.6716
Scostamento : 0.2315	Sviluppo : 50.0000
Pti (%) : -2.5	Ptf (%) : 6.9
Vp (Km/h) = 58.5	
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 36.700 OK	
A >= radq(R/dimax*Bi*(Pti-Ptf)*100) = 117.100 OK	
A >= R/3 = 150.000 OK	A/Au = 0.750 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R = 450.000 OK	A/Au = 0.750 A/Au <= 3/2 = 1.500 OK
Arco ProgI 196.9571 - ProgF 419.0737	
Coordinate vertice X: 300102.2772	Coordinate I punto Tg X: 300188.4241
Coordinate vertice Y: 4659555.8851	Coordinate I punto Tg Y: 4659630.7357
Coordinate centro curva X: 299891.3177	Coordinate II punto Tg X: 299992.8300
Coordinate centro curva Y: 4659968.7116	Coordinate II punto Tg Y: 4659630.3109
Raggio : 449.9999	Angolo al vertice : 28
Tangente : 113.3694	Sviluppo : 222.1166
Saetta : 13.6350	Corda : 219.8686
Pt (%) : 6.9	
Vp (Km/h) = 94.0	
R >= Rmin = 118.110 OK	
Sv >= Smin = 65.260 OK	
Pt >= Ptmin = 6.874 OK	

Asse_1					
Clotoide in uscita ProgI 419.0737 - ProgF 507.9626					
Coordinate vertice	X:	299963.9372	Coordinate I punto Tg X: 299992.8300 Coordinate I punto Tg Y: 4659530.3109		
Coordinate vertice	Y:	4659523.6208	Coordinate II punto Tg X: 299905.1386 Coordinate II punto Tg Y: 4659516.0068		
Raggio	:	449.9999	Angolo	:	6
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	59.2896
Parametro A	:	200.0000	Tangente corta	:	29.6372
Scostamento	:	0.7313	Sviluppo	:	88.8889
Pti (%)	:	6.9	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 100.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 178.600 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 153.100 OK					
A >= R/3 = 150.000 OK					
A <= R = 450.000 OK					
			Ae/A = 0.750	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK	
			Ae/A = 0.750	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK	
Rettifilo 3 ProgI 507.9626 - ProgF 516.2066					
Coordinate P.to Iniziale	X:	299905.1386	Coordinate P.to Finale	X:	299896.9628
	Y:	4659516.0068		Y:	4659514.9481
Lunghezza	:	8.2440	Azimut	:	187
Vp (Km/h) = 100.0					
L <= Lmax = 2200.0000 OK					
Rprec = 450.0000 Rprec > Rmin = 8.2400 OK					
Rsucc = 950.0000 Rsucc > Rmin = 8.2400 OK					
Curva 4 Sinistra ProgI 516.2066 - ProgF 862.7299					
Coordinate vertice	X:	299724.4508	Coordinate I punto Tg X: 299896.9628 Coordinate I punto Tg Y: 4659514.9481		
Coordinate vertice	Y:	4659492.6091	Coordinate II punto Tg X: 299562.9122 Coordinate II punto Tg Y: 4659428.0746		
Tangente Prim. 1:	119.9991		TT1 Tangente 1:	173.9624	
Tangente Prim. 2:	119.9991		TT2 Tangente 2:	173.9624	
Alfa Ang. al Vert.:	166		Numero Archi	:	1
Clotoide in entrata ProgI 516.2066 - ProgF 623.9960					
Coordinate vertice	X:	299825.6862	Coordinate I punto Tg X: 299896.9628 Coordinate I punto Tg Y: 4659514.9481		
Coordinate vertice	Y:	4659505.7183	Coordinate II punto Tg X: 299790.3620 Coordinate II punto Tg Y: 4659499.0892		
Raggio	:	950.0000	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	71.8718
Parametro A	:	320.0000	Tangente corta	:	35.9408
Scostamento	:	0.5095	Sviluppo	:	107.7895
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	4.3
Vp (Km/h) = 100.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 183.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 188.900 OK					
A >= R/3 = 316.700 OK					
A <= R = 950.000 OK					
			A/Au = 1.000	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK	
			A/Au = 1.000	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK	
Arco ProgI 623.9960 - ProgF 754.9404					
Coordinate vertice	X:	299725.9111	Coordinate I punto Tg X: 299790.3620 Coordinate I punto Tg Y: 4659499.0892		
Coordinate vertice	Y:	4659486.9940	Coordinate II punto Tg X: 299663.7333 Coordinate II punto Tg Y: 4659466.1580		
Coordinate centro curva	X:	299965.5846			
Coordinate centro curva	Y:	4658565.3885			
Raggio	:	950.0000	Angolo al vertice	:	8
Tangente	:	65.5760	Sviluppo	:	130.9443
Saetta	:	2.2552	Corda	:	130.8407
Pt (%)	:	4.3			
Vp (Km/h) = 100.0					
R >= Rmin = 118.110 OK					
Sv >= Smin = 69.440 OK					
Pt >= Ptmin = 4.262 OK					

Asse_1					
Clotoide in uscita ProgI 754.9404 - ProgF 862.7299					
Coordinate vertice	X:	299629.6549	Coordinate I punto Tg X: 299663.7333 Coordinate I punto Tg Y: 4659466.1580		
Coordinate vertice	Y:	4659454.7383	Coordinate II punto Tg X: 299562.9122 Coordinate II punto Tg Y: 4659428.0746		
Raggio	:	950.0000	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	71.8718
Parametro A	:	320.0000	Tangente corta	:	35.9408
Scostamento	:	0.5095	Sviluppo	:	107.7895
Pti (%)	:	4.3	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 100.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 183.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 188.900 OK					
A >= R/3 = 316.700 OK					
A <= R = 950.000 OK					
		Ae/A = 1.000	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK		
		Ae/A = 1.000	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK		
Rettifilo 5 ProgI 862.7299 - ProgF 1232.0641					
Coordinate P.to Iniziale	X:	298562.9122	Coordinate P.to Finale	X:	299219.9347
	Y:	4659428.0746		Y:	4659291.0554
Lunghezza	:	369.3343	Azimut	:	202
Vp (Km/h) = 100.0					
L >= Lmin = 150.0000 OK					
L <= Lmax = 2200.0000 OK					
		Rprec = 950.0000	Rprec >= Rmin = 400.0000 OK		
		Rsucc = 400.0000	Rsucc >= Rmin = 400.0000 OK		
Curva 6 Sinistra ProgI 1232.0641 - ProgF 2024.0345					
Coordinate vertice	X:	298709.2851	Coordinate I punto Tg	X:	299219.9347
	Y:	4659087.0514		Y:	4659291.0554
			Coordinate II punto Tg	X:	298998.7207
				Y:	4658654.9036
Tangente Prim. 1:	494.2759	TT1 Tangente	1:	549.8915	
Tangente Prim. 2:	494.2759	TT2 Tangente	2:	520.1199	
Alfa Ang. al Vert.:	78	Numero Archi	:	1	
Clotoide in entrata ProgI 1232.0641 - ProgF 1342.3141					
Coordinate vertice	X:	299151.6119	Coordinate I punto Tg	X:	299219.9347
	Y:	4659263.7605		Y:	4659291.0554
			Coordinate II punto Tg	X:	299119.6231
				Y:	4659245.5346
Raggio	:	400.0000	Angolo	:	8
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	73.5733
Parametro A	:	210.0000	Tangente corta	:	36.8166
Scostamento	:	1.2653	Sviluppo	:	110.2500
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	7.0
Vp (Km/h) = 100.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 181.100 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 145.300 OK					
A >= R/3 = 133.300 OK					
A <= R = 400.000 OK					
		A/Au = 1.500	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK		
		A/Au = 1.500	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK		
Arco ProgI 1342.3141 - ProgF 1975.0345					
Coordinate vertice	X:	298768.2305	Coordinate I punto Tg	X:	299119.6231
Coordinate vertice	Y:	4659048.3253	Coordinate I punto Tg	Y:	4659245.5346
Coordinate centro curva	X:	298317.6412	Coordinate II punto Tg	X:	298972.2945
Coordinate centro curva	Y:	4658897.9877	Coordinate II punto Tg	Y:	4658696.1571
Raggio	:	400.0000	Angolo al vertice	:	91
Tangente	:	404.4262	Sviluppo	:	632.7203
Saetta	:	118.7178	Corda	:	568.7894
Pt (%)	:	7.0			
Vp (Km/h) = 96.5					
R >= Rmin = 118.110 OK					
Sv >= Smin = 67.030 OK					
Pt >= Ptmin = 7.000 OK					

Relazione tecnica sul progetto stradale

Asse_1					
Clotoide in uscita ProgI 1975.0345 - ProgF 2024.0345					
Coordinate vertice	X:	298980.5388	Coordinate I punto Tg X: 298972.2945		
Coordinate vertice	Y:	4658682.0504	Coordinate I punto Tg Y: 4658696.1871		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg X: 298998.7207		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg Y: 4658654.9036		
Raggio	:	400.0000	Angolo	:	4
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	32.6731
Parametro A	:	140.0000	Tangente corta	:	16.3392
Scostamento	:	0.2501	Sviluppo	:	49.0000
Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 36.6					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 0.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 88.000 OK					
A >= R/3 = 133.300 OK					
A <= R = 400.000 OK					
Ae/A = 1.500		Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK		Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK	

Rettifilo 7 ProgI 2024.0345 - ProgF 2033.5744					
Coordinate P.to Iniziale	X:	298998.7207	Coordinate P.to Finale X:	299004.0295	
Coordinate P.to Iniziale	Y:	4658654.9036	Coordinate P.to Finale Y:	4658646.9772	
Lunghezza	:	9.5399	Azimut	:	304
Vp (Km/h) = 30.0					
L >= Lmin = 30.0000 No					
L <= Lmax = 660.0000 OK					
Rprec = 400.0000		Rprec > Rmin = 9.5400 OK			

4.3.2 Asse 2

Il tratto si sviluppa in viadotto tra la rotatoria "B" di riconnessione con gli Assi 1 e 3 e la rotatoria "C" in corrispondenza della SS4 Salaria lato Roma.

Il tracciato planimetrico della viabilità è costituito da una successione di due rettifili e un'unica curva circolare, tra loro raccordati da curve di transizione (clotoidi). La lunghezza complessiva del tracciato è pari a 735.085 m.

Gli elementi planimetrici costituenti l'asse sono riepilogati nella tabella seguente:

ELEMENTI PLANIMETRICI				
N.	Elementi geometrici	Lunghezza [m]	Raggio [m]	Fattore di scala [m]
1	Rettifilo	4.210		
2	Raccordo di transizione	68.643		155.000
3	Raccordo circolare	556.848	350.000	
4	Raccordo di transizione	68.643		155.000
5	Rettifilo	36.742		

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
RETTIFILO	0.000	4.210	4.210	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	20	●
CLOTOIDE	4.210	72.853	68.643	155.000	0.000	350.000	Sx	0.000	0.000	31	●
ARCO	72.853	629.700	556.848	0.000	350.000	350.000	Sx	7.000	-7.000	92	●
CLOTOIDE	629.700	698.343	68.643	155.000	350.000	0.000	Sx	0.000	0.000	37	●
RETTIFILO	698.343	735.085	36.742	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	24	●

Relazione tecnica sul progetto stradale

Le verifiche risultano soddisfatte con l'unica eccezione costituita dalla lunghezza del rettifilo iniziale: il valore risulta inferiore alla lunghezza minima richiesta di 30m; si tratta tuttavia di un elemento fittizio e non reale (raccorda l'asse al centro della rotonda).

Il tabulato completo dell'andamento planimetrico dell'asse stradale è riportato nel seguito:

Relazione tecnica sul progetto stradale

Asse_2			
Dati generali sul tracciato AX_02			
Progressiva Iniziale (m): 0.0000 Lunghezza (m) : 735.0854			
Progressiva Finale (m): 735.0854			
Strada Tipo : C2 Strada extraurbana secondaria			
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 60 <= Vp <= 100			
Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 4.2101			
Coordinate P.to Iniziale X:	298997.8877	Coordinate P.to Finale X:	298994.3901
Y:	4658616.5825	Y:	4658614.2390
Lunghezza :	4.2101	Azimut :	214
Vp (Km/h) = 20.0			
L >= Lmin	= 30.0000 No	Rsucc =	350.0000
L <= Lmax	= 440.0000 OK	Rsucc > Rmin	= 4.2100 OK
Curva 2 Sinistra ProgI 4.2101 - ProgF 698.3433			
Coordinate vertice X:	298603.7082	Coordinate I punto Tg X:	298994.3901
Coordinate vertice Y:	4658352.4646	Coordinate I punto Tg Y:	4658614.2390
		Coordinate II punto Tg X:	298943.2360
		Coordinate II punto Tg Y:	4658027.0740
Tangente Prim. 1:	435.2668	TT1 Tangente 1:	470.2746
Tangente Prim. 2:	435.2668	TT2 Tangente 2:	470.2746
Alfa Ang. al Vert.:	78	Numero Archi :	1
Clotoide in entrata ProgI 4.2101 - ProgF 72.8529			
Coordinate vertice X:	298956.3541	Coordinate I punto Tg X:	298994.3901
Coordinate vertice Y:	4658588.7532	Coordinate I punto Tg Y:	4658614.2390
		Coordinate II punto Tg X:	298938.6678
		Coordinate II punto Tg Y:	4658574.2036
Raggio :	350.0000	Angolo :	6
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	45.7850
Parametro A :	155.0000	Tangente corta :	22.9019
Scostamento :	0.5607	Sviluppo :	68.6429
Pti (%) :	-2.5	Ptf (%) :	7.0
Vp (Km/h) = 30.5			
A >= radq((Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c)	= 0.000 OK	A/Au =	1.000
A >= radq(R/dimax*Bi*(Pti-Ptf)*100)	= 75.100 OK	A/Au >= 2/3	= 0.670 OK
A >= R/3	= 116.700 OK	A/Au =	1.000
A <= R	= 350.000 OK	A/Au <= 3/2	= 1.500 OK
Arco ProgI 72.8529 - ProgF 629.7005			
Coordinate vertice X:	298662.8605	Coordinate I punto Tg X:	298938.6678
Coordinate vertice Y:	4658347.3113	Coordinate I punto Tg Y:	4658574.2036
Coordinate centro curva X:	299161.0233	Coordinate II punto Tg X:	298895.2765
Coordinate centro curva Y:	4658303.9111	Coordinate II punto Tg Y:	4658076.1423
Raggio :	350.0000	Angolo al vertice :	91
Tangente :	357.1412	Sviluppo :	556.8475
Saetta :	105.0244	Corda :	499.9478
Pt (%) :	7.0		
Vp (Km/h) = 87.3			
R >= Rmin	= 118.110 OK		
Sv >= Smin	= 60.650 OK		
Pt >= Ptmin	= 7.000 OK		
Clotoide in uscita ProgI 629.7005 - ProgF 698.3433			
Coordinate vertice X:	298910.1803	Coordinate I punto Tg X:	298895.2765
Coordinate vertice Y:	4658058.7534	Coordinate I punto Tg Y:	4658076.1423
		Coordinate II punto Tg X:	298943.2360
		Coordinate II punto Tg Y:	4658027.0740
Raggio :	350.0000	Angolo :	6
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	45.7850
Parametro A :	155.0000	Tangente corta :	22.9019
Scostamento :	0.5607	Sviluppo :	68.6429
Pti (%) :	7.0	Ptf (%) :	-2.5
Vp (Km/h) = 36.9			
A >= radq((Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c)	= 0.000 OK	Ae/A =	1.000
A >= radq(R/dimax*Bi*(Pti-Ptf)*100)	= 82.500 OK	Ae/A >= 2/3	= 0.670 OK
A >= R/3	= 116.700 OK	Ae/A =	1.000
A <= R	= 350.000 OK	Ae/A <= 3/2	= 1.500 OK

Relazione tecnica sul progetto stradale

Asse_2			
Rettifilo 3 ProgI 698.3433 - ProgF 735.0854			
Coordinate P.to Iniziale X: 298943.2360 Y: 4658027.0740		Coordinate P.to Finale X: 298969.7630 Y: 4658001.6516	
Lunghezza :	36.7421	Azimut :	316
Vp (Km/h) = 23.6 L >= Lmin = 30.0000 OK Rprec = 350.0000 Rprec > Rmin = 36.7400 OK L <= Lmax = 519.6570 OK			

4.3.3 Asse 3

Il tratto si sviluppa tra la rotatoria "B" di riconnessione con gli Assi 1 e 2 e la rotatoria "D" in corrispondenza della SS4 Salaria lato Monterotondo Scalo.

Il tracciato planimetrico della viabilità è costituito da una successione di tre rettili e due curve circolari, tra loro raccordati da curve di transizione (clotoidi). La lunghezza complessiva del tracciato è pari a 487.266 m.

Gli elementi planimetrici costituenti l'asse sono riepilogati nella tabella seguente:

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Vp Max [km/h]	Verifica
RETTIFILO	0,000	5,433	5,433	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	30,000	30,000	NO
CLOTOIDE	5,433	50,433	45,000	75,000	0,000	125,000	Sx	0,000	0,000	37,360	37,360	OK
ARCO	50,433	188,652	138,219	0,000	125,000	125,000	Sx	7,000	-7,000	61,360	61,380	OK
CLOTOIDE	188,652	285,452	96,800	110,000	125,000	0,000	Sx	0,000	0,000	72,220	72,220	OK
RETTIFILO	285,452	348,442	62,990	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	66,751	66,751	OK
CLOTOIDE	348,442	384,164	35,722	73,200	0,000	150,000	Dx	0,000	0,000	53,973	53,973	OK
ARCO	384,164	432,998	48,834	0,000	150,000	150,000	Dx	-7,000	7,000	65,920	46,727	OK
CLOTOIDE	432,998	468,720	35,722	73,200	150,000	0,000	Dx	0,000	0,000	36,821	36,821	OK
RETTIFILO	468,720	484,621	15,901	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	30,000	30,000	NO

Le verifiche risultano soddisfatte con le uniche eccezioni costituite dalle lunghezze dei rettili iniziale e finale: i valori risultano inferiori alla lunghezza minima richiesta di 30m; si tratta tuttavia di elementi fittizi e non reali (raccordano l'asse al centro delle rotatorie).

Il tabulato completo dell'andamento planimetrico dell'asse stradale è riportato nel seguito:

Relazione tecnica sul progetto stradale

Dati generali sul tracciato ASSE-3	
Progressiva Iniziale (m) : 0.0000	Lunghezza (m) : 484.6210
Progressiva Finale (m) : 484.6210	
Strada Tipo : Fle Strada locale extraurbana	
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 40 <= Vp <= 100	

Rettilineo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 5.4332			
Coordinate P.to Iniziale X:	299028.5133	Coordinate P.to Finale X:	299031.5399
Y:	4658610.4178	Y:	4658605.9058
Lunghezza :	5.4332	Azimut :	304
Vp (Km/h) = 30.0			
L >= Lmin = 30.0000	No	Rsucc = 125.0000	Rsucc > Rmin = 5.4300 OK
L <= Lmax = 660.0000	OK		

Curva 2 Sinistra ProgI 5.4332 - ProgF 285.4525			
Coordinate vertice X:	299122.9763	Coordinate I punto Tg X:	299031.5399
Coordinate I punto Tg Y:		Coordinate I punto Tg Y:	4658605.9058
Coordinate vertice Y:	4658469.5956	Coordinate II punto Tg X:	299267.3206
		Coordinate II punto Tg Y:	4658589.4614
Tangente Prim. 1:	138.4695	IT1 Tangente 1:	164.1373
Tangente Prim. 2:	138.4695	IT2 Tangente 2:	187.6248
Alfa Ang. al Vert.:	84	Numero Archi :	1

Clotoide in entrata ProgI 5.4332 - ProgF 50.4332			
Coordinate vertice X:	299048.2806	Coordinate I punto Tg X:	299031.5399
Coordinate I punto Tg Y:		Coordinate I punto Tg Y:	4658605.9058
Coordinate vertice Y:	4658580.9494	Coordinate II punto Tg X:	299058.7642
		Coordinate II punto Tg Y:	4658570.1564
Raggio :	125.0000	Angolo :	10
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	30.0511
Parametro A :	75.0000	Tangente corta :	15.0464
Scostamento :	0.6742	Sviluppo :	45.0000
Pti (%) :	-2.5	Ptf (%) :	7.0
Vp (Km/h) = 37.4			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 20.100 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 49.600 OK	A/Au = 0.680	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A >= R/3	= 41.700 OK	A/Au = 0.680	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK
A <= R	= 125.000 OK		

Arco ProgI 50.4332 - ProgF 188.6525			
Coordinate vertice X:	299112.5071	Coordinate I punto Tg X:	299058.7642
Coordinate I punto Tg Y:	4658514.8272	Coordinate I punto Tg Y:	4658570.1564
Coordinate centro curva X:	299148.4285	Coordinate II punto Tg X:	299186.0621
Coordinate centro curva Y:	4658657.2501	Coordinate II punto Tg Y:	4658538.0498
Raggio :	125.0000	Angolo al vertice :	63
Tangente :	77.1339	Sviluppo :	138.2193
Saetta :	18.6229	Corda :	131.2845
Pt (%) :	7.0		
Vp (Km/h) = 61.4			
R >= Rmin = 44.994	OK		
Sv >= Smin = 42.630	OK		
Pt >= Ptmin = 7.000	OK		

Clotoide in uscita ProgI 188.6525 - ProgF 285.4525			
Coordinate vertice X:	299217.2779	Coordinate I punto Tg X:	299186.0621
Coordinate I punto Tg Y:		Coordinate I punto Tg Y:	4658538.0498
Coordinate vertice Y:	4658547.9052	Coordinate II punto Tg X:	299267.3206
		Coordinate II punto Tg Y:	4658589.4614
Raggio :	125.0000	Angolo :	22
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	65.0475
Parametro A :	110.0000	Tangente corta :	32.7346
Scostamento :	3.1067	Sviluppo :	96.8000
Pti (%) :	7.0	Ptf (%) :	-2.5
Vp (Km/h) = 72.2			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 99.900 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 69.000 OK	Ae/A = 0.680	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A >= R/3	= 41.700 OK	Ae/A = 0.680	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK
A <= R	= 125.000 OK		

Relazione tecnica sul progetto stradale

Rettilineo 3 ProgI 285.4525 - ProgF 348.4422			
Coordinate P.to Iniziale X:	299267.3206	Coordinate P.to Finale X:	299315.7801
Y:	4658589.4614	Y:	4658629.7029
Lunghezza :	62.9898	Azimuth :	40
Vp (Km/h) = 66.8			
L >= Lmin = 60.1270 OK	Rprec = 125.0000	Rprec > Rmin = 62.9900 OK	
L <= Lmax = 1468.5270 OK	Rsucc = 150.0000	Rsucc > Rmin = 62.9900 OK	

Curva 4 Destra ProgI 348.4422 - ProgF 468.7195			
Coordinate vertice X:	299363.0082	Coordinate I punto Tg X:	299315.7801
Coordinate vertice Y:	4658668.9219	Coordinate I punto Tg Y:	4658629.7029
		Coordinate II punto Tg X:	299423.8847
		Coordinate II punto Tg Y:	4658676.8380
Tangente Prim. 1:	43.4341	TI1 Tangente 1:	61.3891
Tangente Prim. 2:	43.4341	TI2 Tangente 2:	61.3891
Alfa Ang. al Vert.:	148	Numero Archi :	1

Clotoide in entrata ProgI 348.4422 - ProgF 384.1638			
Coordinate vertice X:	299334.1147	Coordinate I punto Tg X:	299315.7801
Coordinate vertice Y:	4658644.9283	Coordinate I punto Tg Y:	4658629.7029
		Coordinate II punto Tg X:	299344.1275
		Coordinate II punto Tg Y:	4658651.4020
Raggio :	150.0000	Angolo :	7
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	23.8321
Parametro A :	73.2000	Tangente corta :	11.9233
Scostamento :	0.3543	Sviluppo :	35.7216
Pti (%) :	-2.5	Ptf (%) :	7.0
Vp (Km/h) = 54.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 50.500 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 65.400 OK		
A >= R/3	= 50.000 OK	A/Au = 1.000	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	= 150.000 OK	A/Au = 1.000	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

Arco ProgI 384.1638 - ProgF 432.9979			
Coordinate vertice X:	299364.8152	Coordinate I punto Tg X:	299344.1275
Coordinate vertice Y:	4658664.7775	Coordinate I punto Tg Y:	4658651.4020
Coordinate centro curva X:	299425.5695	Coordinate II punto Tg X:	299388.6942
Coordinate centro curva Y:	4658525.4369	Coordinate II punto Tg Y:	4658670.8337
Raggio :	150.0000	Angolo al vertice :	19
Tangente :	24.6350	Sviluppo :	48.8341
Saetta :	1.9829	Corda :	48.6187
Pt (%) :	7.0		
Vp (Km/h) = 46.7			
R >= Rmin = 44.994 OK			
Sv >= Smin = 32.450 OK			
Pt >= Ptmin = 7.000 OK			

Clotoide in uscita ProgI 432.9979 - ProgF 468.7195			
Coordinate vertice X:	299400.2516	Coordinate I punto Tg X:	299388.6942
Coordinate vertice Y:	4658673.7648	Coordinate I punto Tg Y:	4658670.8337
		Coordinate II punto Tg X:	299423.8847
		Coordinate II punto Tg Y:	4658676.8380
Raggio :	150.0000	Angolo :	7
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	23.8321
Parametro A :	73.2000	Tangente corta :	11.9233
Scostamento :	0.3543	Sviluppo :	35.7216
Pti (%) :	7.0	Ptf (%) :	-2.5
Vp (Km/h) = 36.8			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 16.900 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 54.000 OK		
A >= R/3	= 50.000 OK	Ae/A = 1.000	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	= 150.000 OK	Ae/A = 1.000	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

Rettilineo 5 ProgI 468.7195 - ProgF 484.6210			
Coordinate P.to Iniziale X:	299423.8847	Coordinate P.to Finale X:	299439.6534
Y:	4658676.8380	Y:	4658678.8884
Lunghezza :	15.9015	Azimuth :	7
Vp (Km/h) = 30.0			
L >= Lmin = 30.0000 No	Rprec = 150.0000	Rprec > Rmin = 15.9000 OK	
L <= Lmax = 660.0000 OK			

4.4 ALLARGAMENTI DELLA CARREGGIATA PER L'ISCRIZIONE DEI VEICOLI IN CURVA

Nei tratti in curva, il valore dell'allargamento delle corsie prescritto per consentire l'iscrizione dei veicoli è pari a:

$$E = K / R$$

dove $K = 45$;

dove R [m] è il raggio esterno della corsia (per $R > 40$ m si può assumere, nel caso di strade ad unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata). Se l'allargamento E , così calcolato, è inferiore a 20 cm le corsie conservano le larghezze che hanno in rettilineo.

4.4.1 Asse 1

In corrispondenza delle tre curve circolari non sono necessari allargamenti (tutti inferiori a 0.20m).

4.4.2 Asse 2

In corrispondenza della curva circolare non è necessario alcun allargamento (in quanto inferiore a 0.20m).

4.4.3 Asse 3

In corrispondenza delle due curve circolari, sono stati previsti i seguenti valori degli allargamenti:

- Curva C1 $R = 125$ m: $E = 45/125 = 0,36$ m;
- Curva C2 $R = 150$ m: $E = 45/150 = 0,30$ m.

4.5 ANDAMENTO ALTIMETRICO DEGLI ASSI

La pendenza massima adottabile per le livellette, pari al 7 % per strade di categoria C, e del 10% per strade di tipo F è stato rispettato.

I raccordi verticali vengono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, aventi raggio osculatore R_V che verifica le seguenti condizioni:

- che nessuna parte della sagoma del veicolo abbia contatti con la superficie stradale:

$$R_V > R_{\min} = 20 \text{ m nei dossi}$$

$$R_V > R_{\min} = 40 \text{ m nelle sacche}$$

- che per il comfort dell'utenza, l'accelerazione verticale a_v risulti:

$$a_v = (v_p^2 / R_V) < a_{\text{lim}} = 0.6 \text{ m/s}^2$$

dove v_p è la velocità di progetto in m/s₂ desunta dal diagramma delle velocità.

Il valore del raggio minimo osculatore " R_V " del generico raccordo verticale convesso viene calcolato con le seguenti disuguaglianze:

$$R_V = D^2 / [2 \times (h_1 + h_2 + 2 \times (h_1 \times h_2)^{1/2})] \quad \text{se } D < S_v$$

$$R_V = (2 \times 100 / \Delta i) \times [D - 100 \times (h_1 + h_2 + 2 \times (h_1 \times h_2)^{1/2}) / \Delta i] \quad \text{se } D > S_v$$

dove:

D = distanza di visibilità da realizzare (m);

S_v = sviluppo (m);

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente, di norma pari a 1.10 m;

h_2 = altezza dell'ostacolo, di norma pari a 0.10 m.

Il valore del raggio minimo osculatore " R_V " del generico raccordo verticale concavo viene calcolato con le seguenti disuguaglianze:

$$R_V = D^2 / [2 \times (h + D \sin F)] \quad \text{se } D < S_v$$

$$R_V = (2 \times 100 / \Delta i) \times [D - 100 \times (h + D \sin F) / \Delta i] \quad \text{se } D > S_v$$

dove:

h è l'altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale, di norma pari a 0.5 m;

F è la massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo, di norma pari a 1.

Di seguito si riportano, per ogni singolo tracciato i dati degli elementi costituenti le livellette di progetto e le verifiche in corrispondenza dei raccordi verticali riferite alle velocità di progetto desunte dal diagramma di velocità.

4.5.1 Asse 1

L'andamento altimetrico della viabilità in progetto è costituito da una sequenza di livellette con pendenza altimetrica massima pari al 2% (2.5% in approccio alle due rotonde).

Per quanto riguarda la pendenza delle livellette non viene mai superato il valore massimo del 7,00% nel rispetto dal DM2001 proprio di strade tipo C.

La sequenza e le caratteristiche geometriche degli elementi sono riportate nelle tabelle seguenti:

Vertici									
N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
▶ 0	0.0005	26.8300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	●
1	32.7244	26.0119	32.7239	5.7239	-2.5000	-0.8181	32.7342	5.7257	●
2	1082.4288	28.1113	1049.7043	972.7043	0.2000	2.0994	1049.7064	972.7063	●
3	1907.9810	26.4602	825.5522	667.5523	-0.2000	-1.6511	825.5539	667.5536	●
4	2033.5739	29.6000	125.5929	17.5930	2.5000	3.1398	125.6322	17.5985	●

Raccordi Verticali												
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
▶ 1	Parabolico	2000.0000	2.7000	54.0052	5.7244	59.7244	54.0000	<input type="checkbox"/>	36.6554	<input checked="" type="checkbox"/>	172.7901	●
2	Parabolico	25000.0000	-0.4000	100.0001	1032.4288	1132.4288	100.0000	<input type="checkbox"/>	100.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	1286.0082	●
3	Parabolico	8000.0000	2.7000	216.0207	1799.9810	2015.9809	215.9999	<input type="checkbox"/>	65.3318	<input checked="" type="checkbox"/>	771.7408	●

La successione degli elementi altimetrici del tracciato è stata definita nel rispetto delle condizioni di circolazione correlate al soddisfacimento dei seguenti aspetti:

- Rispetto della pendenza massima delle livellette (7%);
- Rispetto del raggio minimo dei raccordi altimetrici concavi e convessi in relazione a:
 - comfort accelerazione verticale;
 - visuale libera richiesta per l'arresto per la velocità di progetto.

L'altimetria risulta verificata nella totalità dei suoi elementi (livellette e raccordi verticali).

4.5.2 Asse 2

L'andamento altimetrico della viabilità in progetto è costituito da una sequenza di livellette con pendenza altimetrica massima pari al 0.24% (2.5% in approccio alle due rotonde).

Per quanto riguarda la pendenza delle livellette non viene mai superato il valore massimo del 7,00% nel rispetto dal DM2001 proprio di strade tipo C.

La sequenza e le caratteristiche geometriche degli elementi sono riportate nelle tabelle seguenti:

Vertici									
N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
▶ 0	-0.0001	29.6003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	●
1	39.9493	28.6016	39.9493	6.1993	-2.5000	-0.9987	39.9618	6.2013	●
2	373.8780	29.2695	333.9287	267.3264	0.2000	0.6679	333.9294	267.3270	●
3	706.2209	28.4784	332.3429	272.1104	-0.2380	-0.7911	332.3439	272.1111	●
4	735.0800	29.1999	28.8591	1.4788	2.5000	0.7215	28.8681	1.4792	●

Relazione tecnica sul progetto stradale

Raccordi Verticali													
	N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
▶	1	Parabolico	2500.0000	2.7000	67.5065	6.1993	73.6993	67.5000	<input type="checkbox"/>	30.6983	<input checked="" type="checkbox"/>	121.1914	
	2	Parabolico	15000.0000	-0.4380	65.7046	341.0257	406.7302	65.7045	<input type="checkbox"/>	87.3328	<input checked="" type="checkbox"/>	980.8404	
	3	Parabolico	2000.0000	2.7380	54.7658	678.8406	733.6012	54.7606	<input type="checkbox"/>	27.3886	<input checked="" type="checkbox"/>	96.4678	

La successione degli elementi altimetrici del tracciato è stata definita nel rispetto delle condizioni di circolazione correlate al soddisfacimento dei seguenti aspetti:

- Rispetto della pendenza massima delle livellette (7%);
- Rispetto del raggio minimo dei raccordi altimetrici concavi e convessi in relazione a:
 - comfort accelerazione verticale;
 - visuale libera richiesta per l'arresto per la velocità di progetto.

L'altimetria risulta verificata nella totalità dei suoi elementi (livellette e raccordi verticali).

4.5.3 Asse 3

L'andamento altimetrico della viabilità in progetto è costituito da una sequenza di livellette con pendenza altimetrica massima pari al 2.5%.

Per quanto riguarda la pendenza delle livellette non viene mai superato il valore massimo del 10,00% nel rispetto dal DM2001 proprio di strade tipo F1 extraurbane.

La sequenza e le caratteristiche geometriche degli elementi sono riportate nelle tabelle seguenti:

Vertici										
	N.	Progress	Quota	Parziale	Parziale R	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza	Esit Verifi
▶	0	0.0000	29.6000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	1	123.142	26.5214	123.1422	88.6422	-2.5000	-3.0786	123.1807	88.6699	
	2	383.864	26.0000	260.7220	210.2220	-0.2000	-0.5214	260.7226	210.2225	
	3	452.778	26.1378	68.9144	24.1644	0.2000	0.1378	68.9146	24.1645	
	4	487.265	27.0000	34.4868	5.7368	2.5000	0.8622	34.4976	5.7386	

Raccordi Verticali													
	N.	Tipo	Raggio V	Delta i (Sviluppo	Prog. Iniz	Prog. Fin	Parziale	Sorp/	Vp (km/h)	Diag.	Raggio	Esit Verifi
▶	1	Parabolico	3000.00	2.3000	69.0078	88.6422	157.642	69.0000	<input type="checkbox"/>	61.3800	<input checked="" type="checkbox"/>	484.504	
	2	Parabolico	8000.00	0.4000	32.0000	367.864	399.864	32.0000	<input type="checkbox"/>	50.0334	<input checked="" type="checkbox"/>	321.932	
	3	Parabolico	2500.00	2.3000	57.5065	424.028	481.528	57.5000	<input type="checkbox"/>	38.6401	<input checked="" type="checkbox"/>	192.008	

Relazione tecnica sul progetto stradale

La successione degli elementi altimetrici del tracciato è stata definita nel rispetto delle condizioni di circolazione correlate al soddisfacimento dei seguenti aspetti:

- Rispetto della pendenza massima delle livellette (10%);
- Rispetto del raggio minimo dei raccordi altimetrici concavi e convessi in relazione a:
 - comfort accelerazione verticale;
 - visuale libera richiesta per l'arresto per la velocità di progetto.

L'altimetria risulta verificata nella totalità dei suoi elementi (livellette e raccordi verticali).

4.6 DIAGRAMMA DI VELOCITÀ

Nella tabella 3.4.a del D.M.05/11/2001 sono associati, ad ogni tipo di strada, un limite inferiore ed uno superiore per le velocità di progetto degli elementi plano-altimetrici che compongono il suo asse. Per le strade di categoria C (extraurbane secondarie) i limiti sono:

- limite inferiore: 60 km/h
- limite superiore: 100 km/h

Il diagramma delle velocità, che si costruisce per verificare la correttezza della progettazione, è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto, in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce sulla base del tracciato planimetrico, calcolando per ciascun elemento di esso la rispettiva velocità di progetto, che deve essere contenuta nei limiti di cui sopra.

Il diagramma è stato costruito sul modello di variazione della velocità lungo il tracciato esposto nel D.M. citato, che si basa sulle seguenti ipotesi:

- in rettilineo, sugli archi di cerchio non inferiore a $R_{2.5}$ e lungo le clotoidi, la velocità di progetto tende al limite superiore dell'intervallo; gli spazi di accelerazione conseguenti all'uscita da una curva circolare e quelli di decelerazione per l'ingresso a detta curva ricadono solo all'interno di tali elementi;
- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2.5}$, e si determina dall'abaco 5.2.4.a del D.M. citato;
- i valori dell'accelerazione e della decelerazione restano determinati in $\pm 0.8 \text{ m/s}^2$;
- si assume che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

La lunghezza di transizione D_T (vedi paragrafo 5.4.1. del D.M. citato), che è la lunghezza in cui la velocità passa dal valore V_{p1} a quello V_{p2} , competenti a due elementi che si succedono, è data dalla seguente espressione:

$$D_T = (\Delta v \times V_m) / (12.96 \cdot a)$$

dove:

Δv = differenza di velocità ($v_{p1} - v_{p2}$);

v_m = velocità media tra due elementi;

a = accelerazione o decelerazione $\pm 0.8 \text{ m/s}^2$.

Nel caso di decelerazioni, la distanza di transizione D_T deve avere una lunghezza non superiore alla distanza di riconoscimento D_R (vedi paragrafo 5.4.2 del D.M. citato), definita come la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti, ed alla distanza di visuale libera D_V , nel tratto che precede la curva circolare.

La distanza di riconoscimento D_R è data dalla seguente espressione:

$$D_R = t \times v_p$$

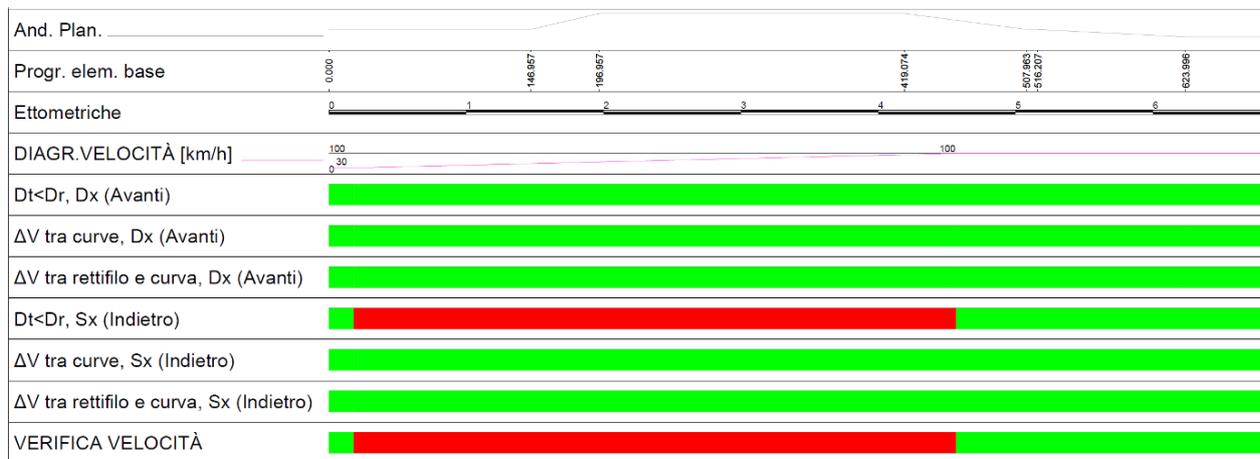
dove

$t = 12 \text{ s}$

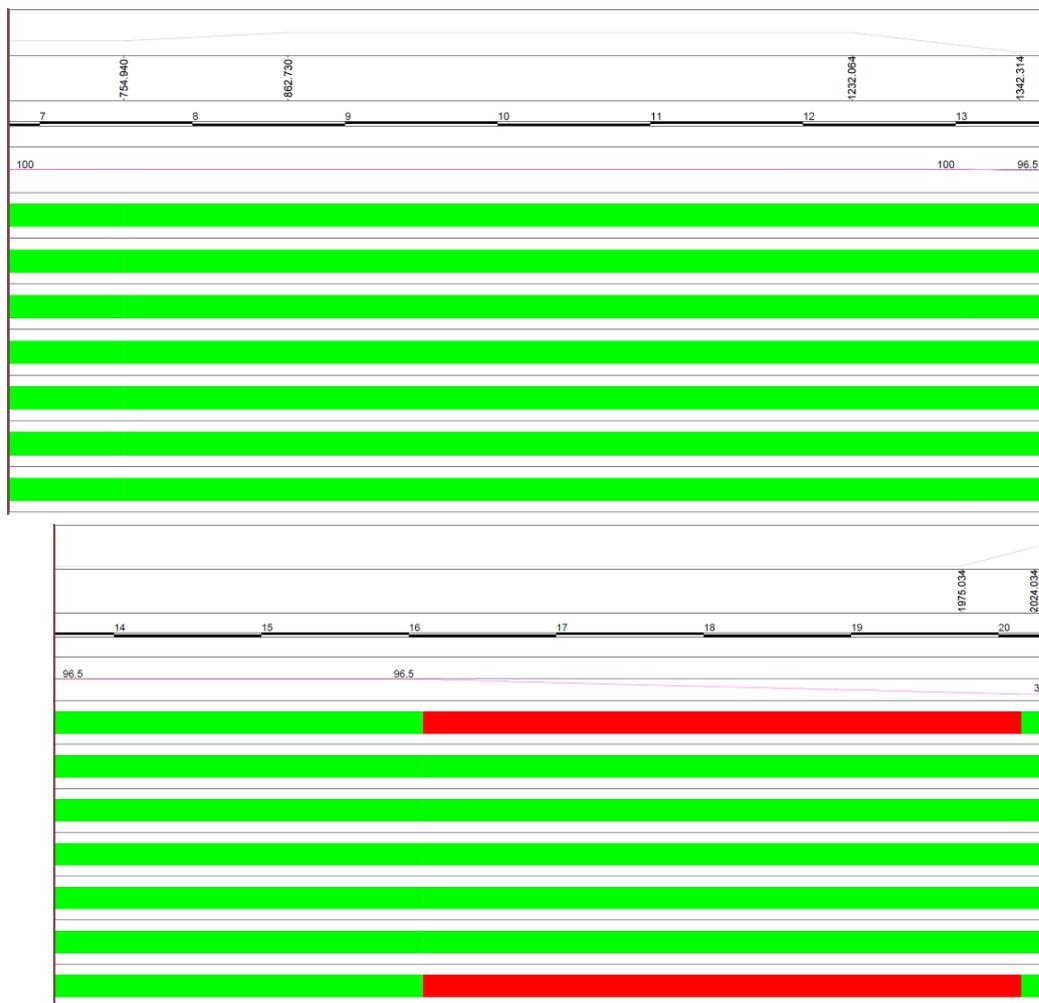
v_p , espressa in m/s , è da intendersi riferita all'elemento di raggio maggiore.

4.6.1 Asse 1

In progetto, la v_p è stata limitata a 30km/h in corrispondenza delle due rotatorie di estremità del tracciato; i 30km/h permangono fino a 20 m dal ciglio della rotatoria per poi aumentare con accelerazione di $0,8\text{m/s}^2$.



Relazione tecnica sul progetto stradale

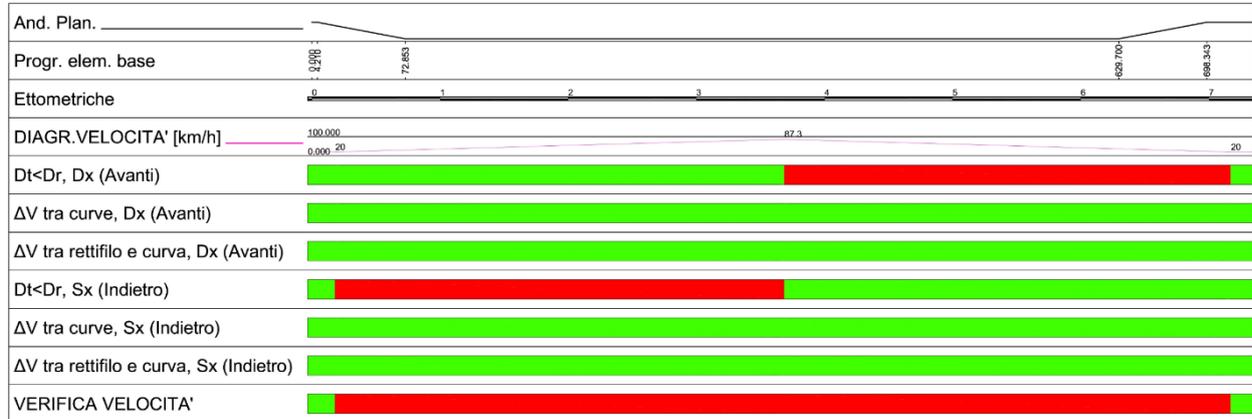


Il non soddisfacimento della verifica di velocità dei tratti iniziale e finale è dovuto ad una distanza di transizione superiore alla distanza di riconoscimento ($438.85\text{m} \leq 333.33\text{m}$ per il tratto iniziale e $405.96\text{m} \leq 321.77\text{m}$ per quello finale); tuttavia, il Δ di velocità non è dettato da un cambio di curvatura (in corrispondenza del quale la normativa richiede il soddisfacimento della condizione $D_T \leq D_R$), ma dalla presenza delle rotatorie, che impongono una riduzione della velocità di progetto. Dunque, i tratti della viabilità in approccio ad esse non sono assoggettabili alle prescrizioni normative, rappresentando elementi di raccordo tra tronco stradale ed intersezione.

Scorporando dalla verifica queste porzioni, l'esame del diagramma delle velocità mette in evidenza l'omogeneità del tracciato per entrambi i sensi di circolazione, alla luce del soddisfacimento delle prescrizioni normative circa la variazione di velocità tra elementi successivi. Infatti l'unica variazione di V_p risulta in corrispondenza della curva di raggio 400m, la cui velocità di equilibrio è di 96.5km/h; tale variazione di V_p rientra nei limiti normativi.

4.6.2 Asse 2

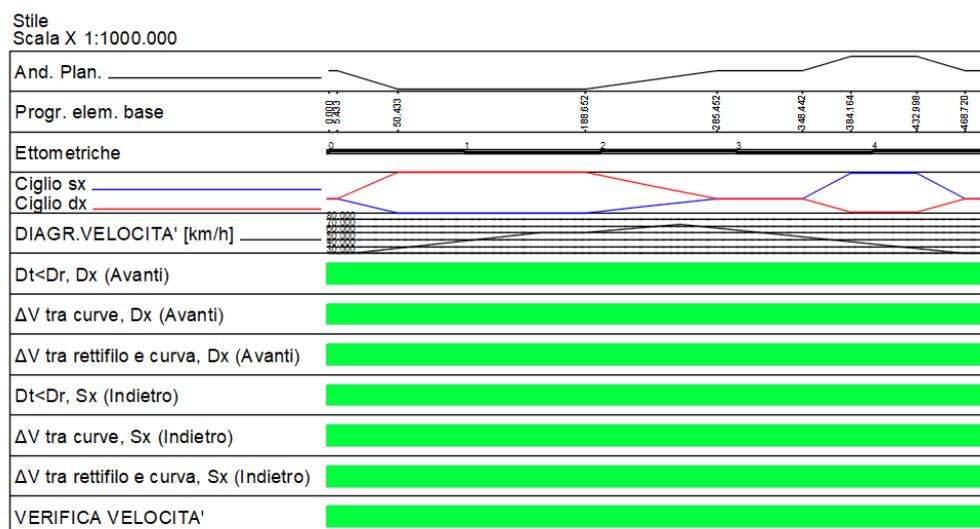
In progetto, la V_p è stata limitata a 20km/h in corrispondenza delle due rotonde di estremità del tracciato; i 20km/h permangono fino a 20 m dal ciglio della rotonda per poi aumentare con accelerazione di $0,8m/s^2$.



Il non soddisfacimento della verifica di velocità dei tratti iniziale e finale è dovuto ad una distanza di transizione superiore alla distanza di riconoscimento ($350.56m \leq 291.11m$ per il tratto iniziale e $348.53m \leq 291.11m$ per quello finale); tuttavia, il Δ di velocità non è dettato da un cambio di curvatura (in corrispondenza del quale la normativa richiede il soddisfacimento della condizione $D_T \leq D_R$), ma dalla presenza delle rotonde, che impongono una riduzione della velocità di progetto. Dunque, i tratti della viabilità in approccio ad esse non sono assoggettabili alle prescrizioni normative, rappresentando elementi di raccordo tra tronco stradale ed intersezione.

4.6.3 Asse 3

In progetto, la V_p è stata limitata a 30km/h in corrispondenza delle due rotonde di estremità del tracciato; i 30km/h permangono fino a 15m dal ciglio della rotonda per poi aumentare con accelerazione di $0,8m/s^2$.



Relazione tecnica sul progetto stradale

Il salto di velocità di 30km/h è dettato dalla presenza delle rotonde terminali, e non dalla geometria del tracciato, la quale risulta soddisfare l'omogeneità in termini di velocità.

4.7 ANALISI DELLA VISIBILITÀ

Lungo il tracciato stradale, la distanza di visuale libera, cioè la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada, deve essere confrontata, con le seguenti distanze:

- distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario affinché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni 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;
- 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.).

Con riferimento al tracciato in esame si osserva come la distanza di visuale per il sorpasso non risulta compatibile con la geometria degli interventi.

Il tracciato sarà pertanto gravato per tutto il suo sviluppo dal divieto di sorpasso secondo le modalità del codice della strada.

Per quanto riguarda la distanza di visuale libera per l'arresto si è analizzato il tracciato in relazione alle velocità desunte dal diagramma e si è determinato in relazione alla presenza di ostruzioni come barriere di sicurezza.

Le criticità dovute alla mancanza di visuale in curva sono state eliminate realizzando opportuni allargamenti della banchina.

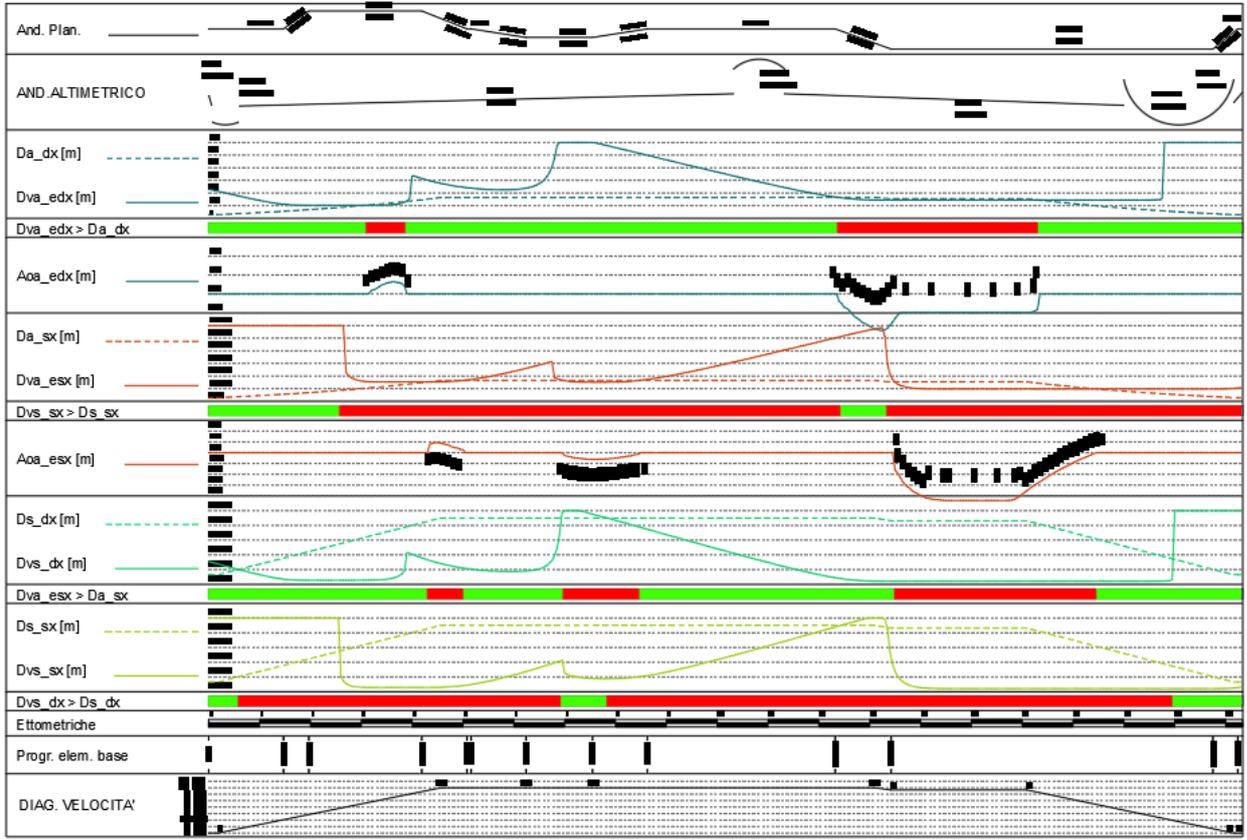
Di seguito si riportano i valori degli allargamenti adottati in relazione alle distanze di visuale libera necessarie.

4.7.1 Asse 1

La verifica di visibilità è stata condotta tenendo conto della presenza di dispositivi di ritenuta a filo banchina.

In conseguenza di tale analisi l'allargamento massimo di 4.413m della banchina sinistra in corrispondenza dell'ultima curva è necessario al fine di garantire una distanza di visibilità almeno pari a quella richiesta per la manovra di arresto. In corrispondenza della prima curva invece è necessario un allargamento massimo della banchina destra di 0.939m mentre nella seconda curva è richiesto un allargamento massimo della banchina sinistra di 0.610m.

Relazione tecnica sul progetto stradale

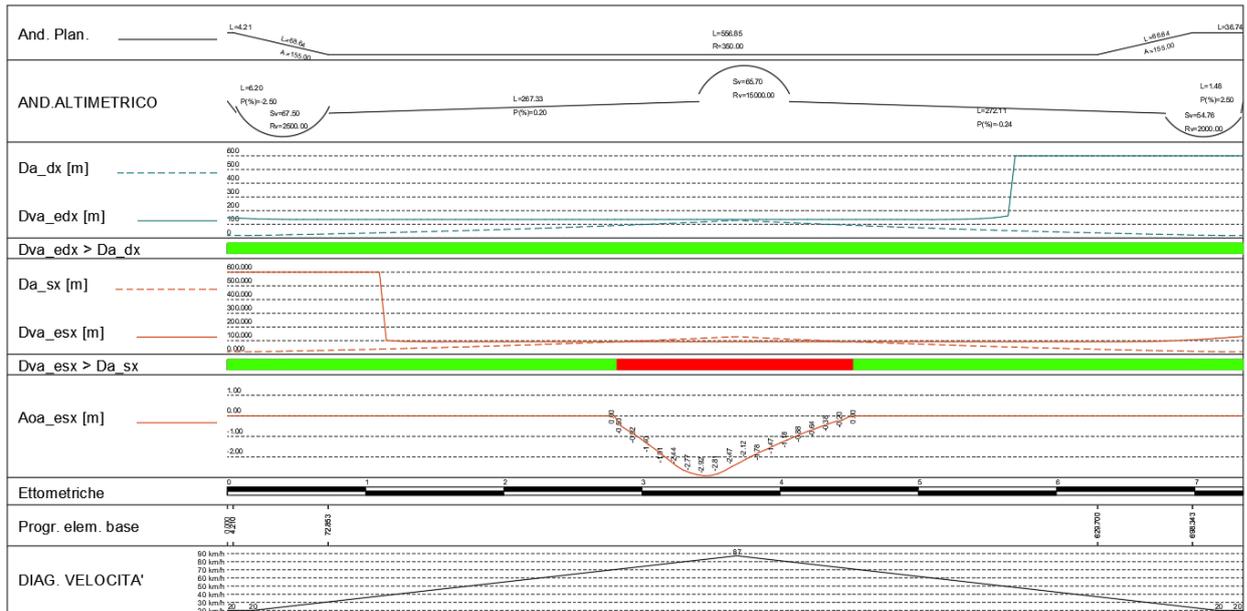


Asse 1		
Prog.	All.bsx max [m]	All.bdx max [m]
343,23	-	0.939
453,98		
611,35	0.610	-
767,63		
1+264,93	4.413	-
1+715,18		

4.7.2 Asse 2

La verifica di visibilità è stata condotta tenendo conto della presenza di dispositivi di ritenuta a filo banchina.

In conseguenza di tale analisi l'allargamento massimo di 2.918m della banchina sinistra in corrispondenza della curva circolare è necessario al fine di garantire una distanza di visibilità almeno pari a quella richiesta per la manovra di arresto.

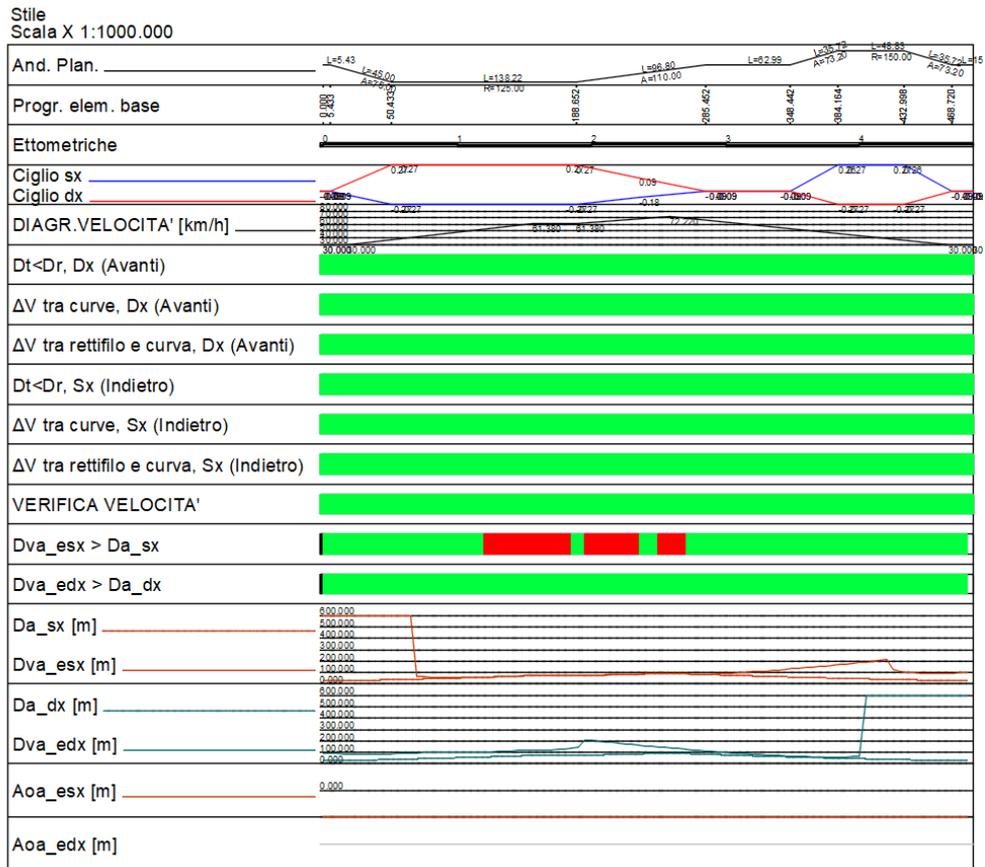


Asse 2		
Prog.	All.bsx max [m]	All.bdx max [m]
230,29	2.918	-
410,83		

4.7.3 Asse 3

La verifica di visibilità è stata condotta tenendo conto della presenza di dispositivi di ritenuta a filo banchina.

In conseguenza di tale analisi l'allargamento massimo di 2.62m della banchina sinistra in corrispondenza della prima curva è necessario al fine di garantire una distanza di visibilità almeno pari a quella richiesta per la manovra di arresto.

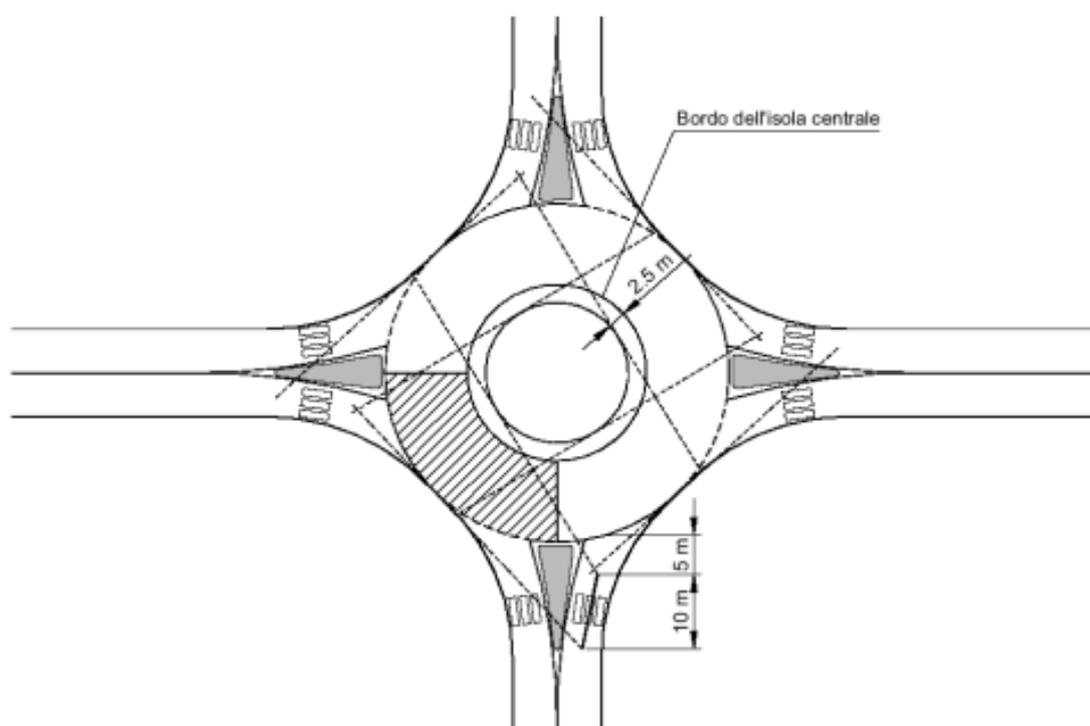


Asse 3a		
Prog.	All.bsx max [m]	All.bdx max [m]
92.86	2.62	-
285,00		

5 VERIFICHE VISIBILITA' INTERSEZIONI

Per le rotatorie in progetto sono state determinate le distanze di visibilità prendendo a riferimento le prescrizioni di cui al par. 4.6 del D.M. 19/04/2006 che di seguito si richiamano.

Negli incroci a rotatoria, i conducenti che si approssimano alla rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata nella figura successiva, posizionando l'osservatore a 15 m dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio secondo lo schema con indicazione dei campi di visibilità in rotatoria riportato nella figura seguente (fig. 12 del D.M. 19/04/2006).

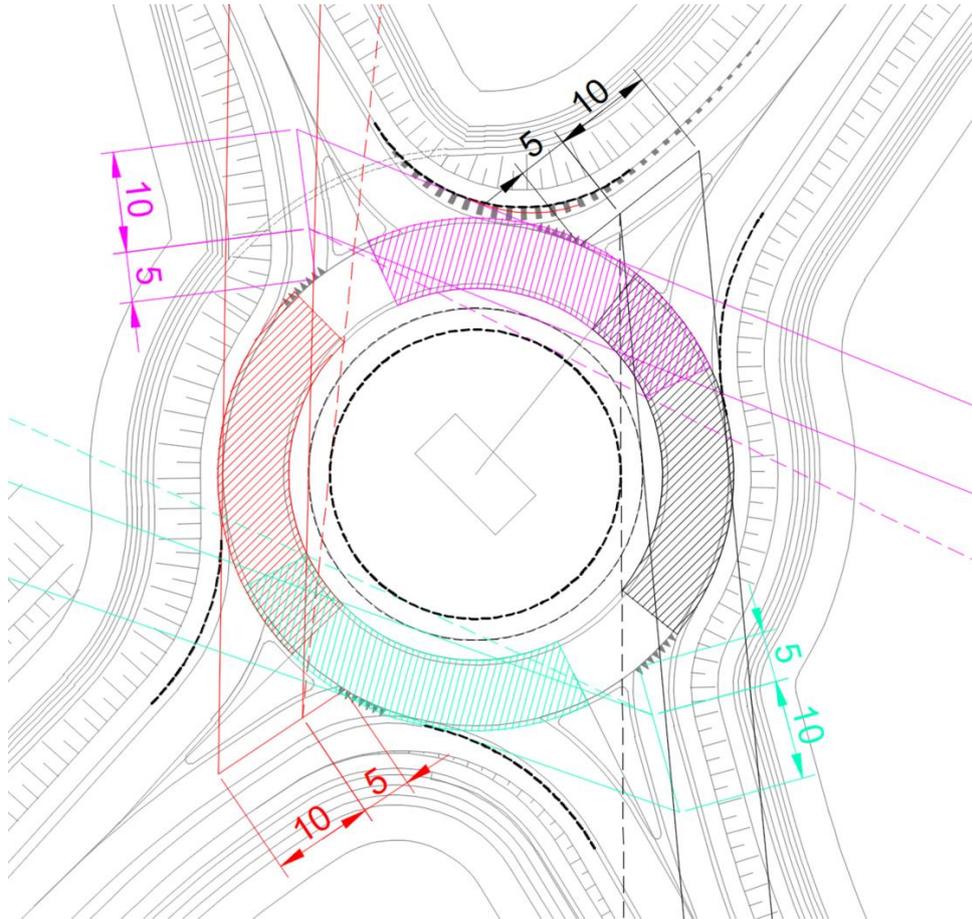


Come si evince dalla figura precedente, il campo di visibilità si determina convenzionalmente conducendo le tangenti al limite della corona rotatoria e ad un contorno circolare posto 2,5 m all'interno del limite dell'isola centrale a partire dagli estremi di un segmento lungo 10 m posto in asse alla corsia di entrata e distante dal limite della corona giratoria 5 m.

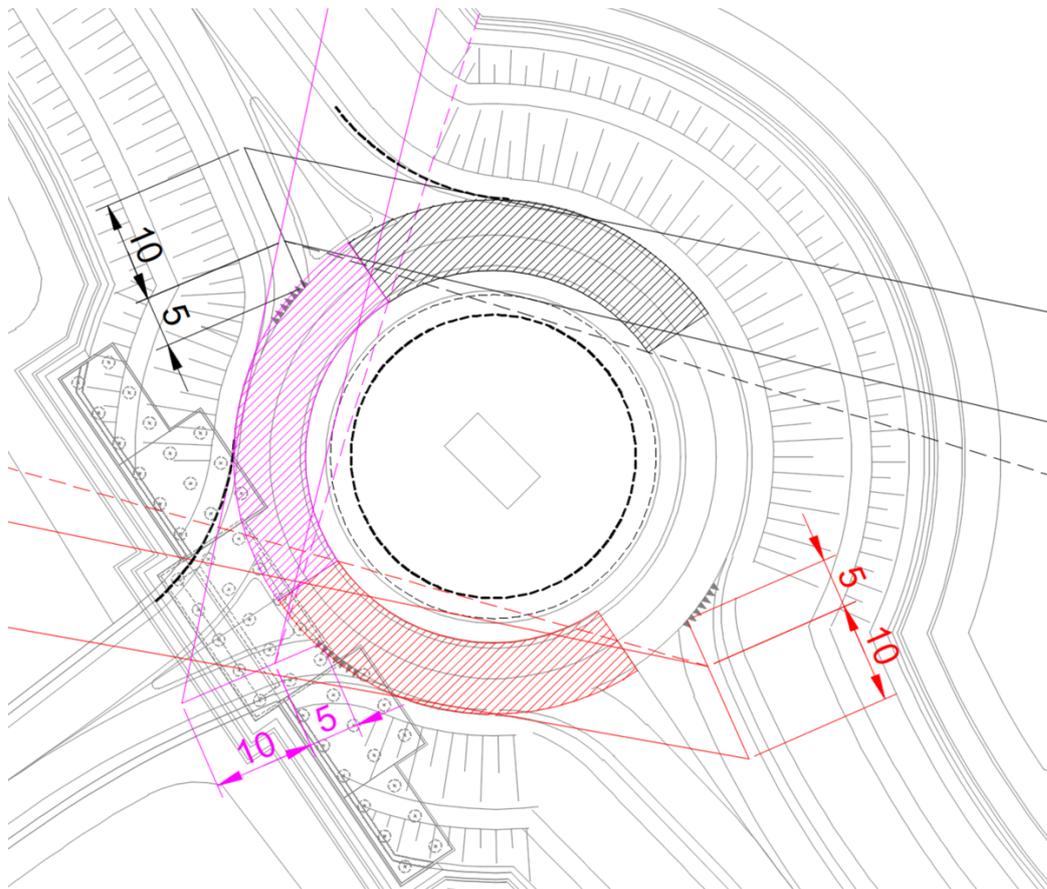
La verifica delle condizioni di visibilità è stata condotta graficamente determinando, per ciascuno dei rami di ingresso, il campo di visibilità sulla base delle prescrizioni di cui al par. 4.6 del D.M. 19/04/2006.

Di seguito i risultati delle verifiche per le varie rotatorie:

Relazione tecnica sul progetto stradale

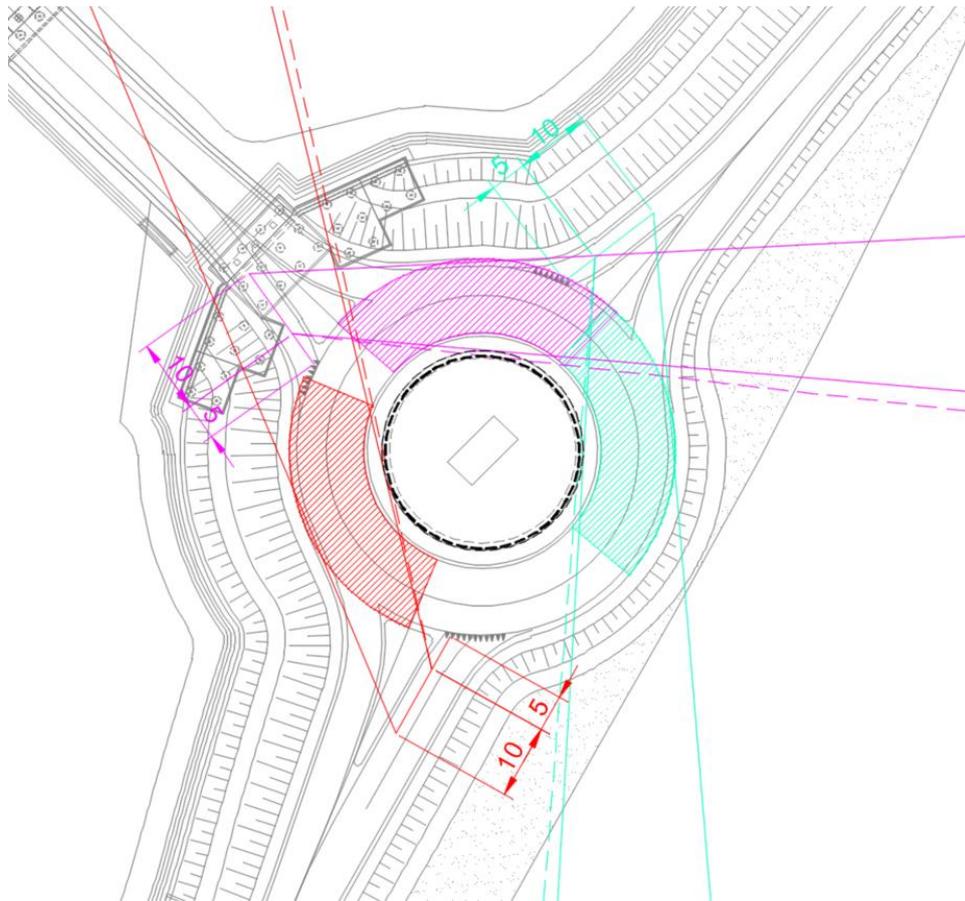


Verifica visibilità "Rotatoria A"



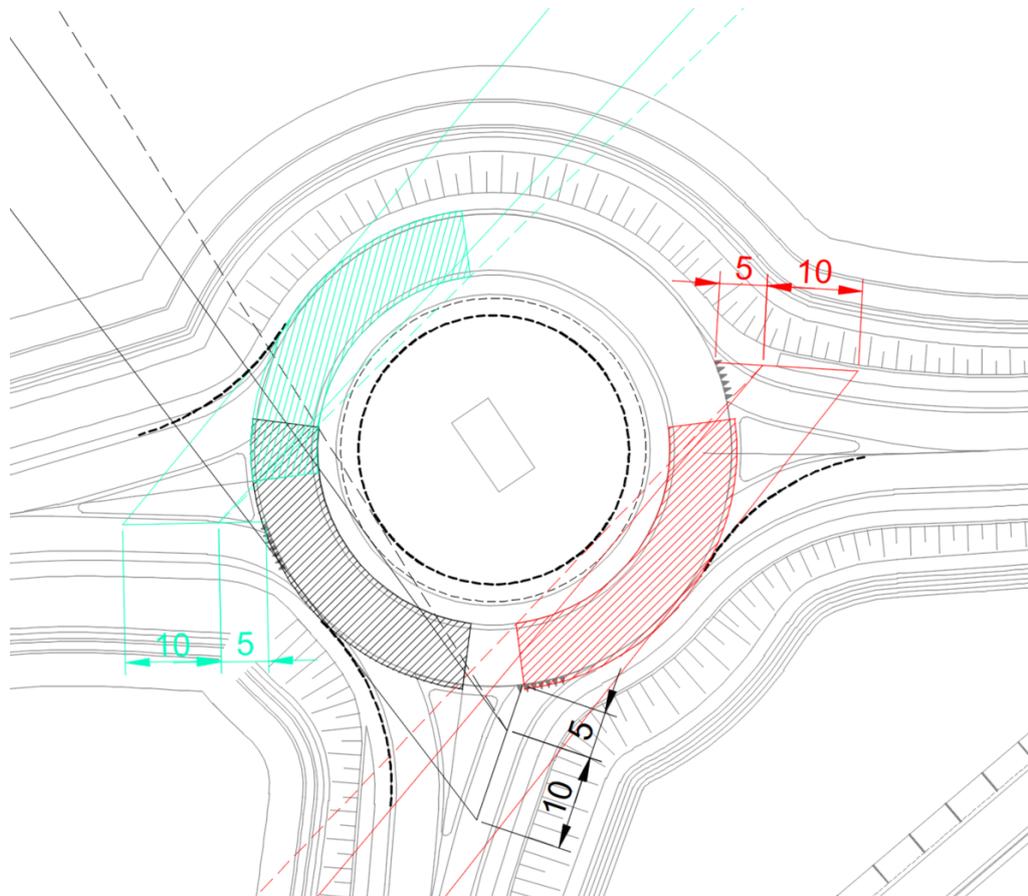
Verifica visibilità "Rotatoria B"

Relazione tecnica sul progetto stradale



Verifica visibilità "Rotatoria C"

Relazione tecnica sul progetto stradale



Verifica visibilità "Rotatoria D"

Dalle verifiche si evince come siano soddisfatte.

6 VERIFICA TRIANGOLI DI VISIBILITÀ ALLE INTERSEZIONI

Tali verifiche vengono effettuate nei punti ove sono state previste le ricuciture delle viabilità interferite con le viabilità di progetto e nel particolare:

- Viabilità a senso unico in prossimità della rotatoria D
- Ripristino accesso provato interferito dalla rotatoria C
- Intersezione pista di manutenzine con ramo nord della rotatoria D

Per quanto riguarda la gerarchizzazione delle manovre, i flussi veicolari provenienti dalle viabilità suddette, in immissione nella viabilità in progetto o esistenti, sono regolamentati attraverso segnaletica di "STOP". Le viabilità suddette costituiscono, quindi, "strada secondaria" rispetto alla viabilità esistente o di progetto che assumono, pertanto, i caratteri di "strada principale".

Per il corretto e sicuro funzionamento delle intersezioni, è necessario che i veicoli che giungono all'incrocio e che si apprestano a compiere la manovra di immissione possano reciprocamente vedersi onde adeguare la loro condotta di guida nei modi di regolazione dell'incrocio stesso.

A tal fine, come prescritto dal D.M. 19/04/2006, per le intersezioni previste in progetto sono state individuate le zone, denominate triangoli di visibilità (di cui nel seguito si riporta uno schema), che debbono essere libere da qualsiasi ostacolo che impedirebbe ai veicoli di vedersi.



Nel caso di regolazione con STOP, indicando con L e D, rispettivamente, il lato minore ed il lato maggiore del triangolo di visibilità, si ha:

- $L = 3 \text{ m}$;
- $D = v \cdot t$; dove:

Relazione tecnica sul progetto stradale

- v = velocità di riferimento [m/s], pari alla velocità di progetto della strada principale, oppure, in presenza di limiti di velocità, la massima velocità consentita;
- t = tempo di manovra = 6 s (tale tempo deve essere aumentato di 1 s per ogni punto percentuale in più della pendenza del ramo secondario, quando la stessa supera il 2%).

Le intersezioni oggetto della presente verifiche risultano essere tali da immettersi lungo la S.S.4 Salaria ove è presente un limite amministrativo di velocità pari a 50 Km/h, valore assunto per le verifiche di seguito.

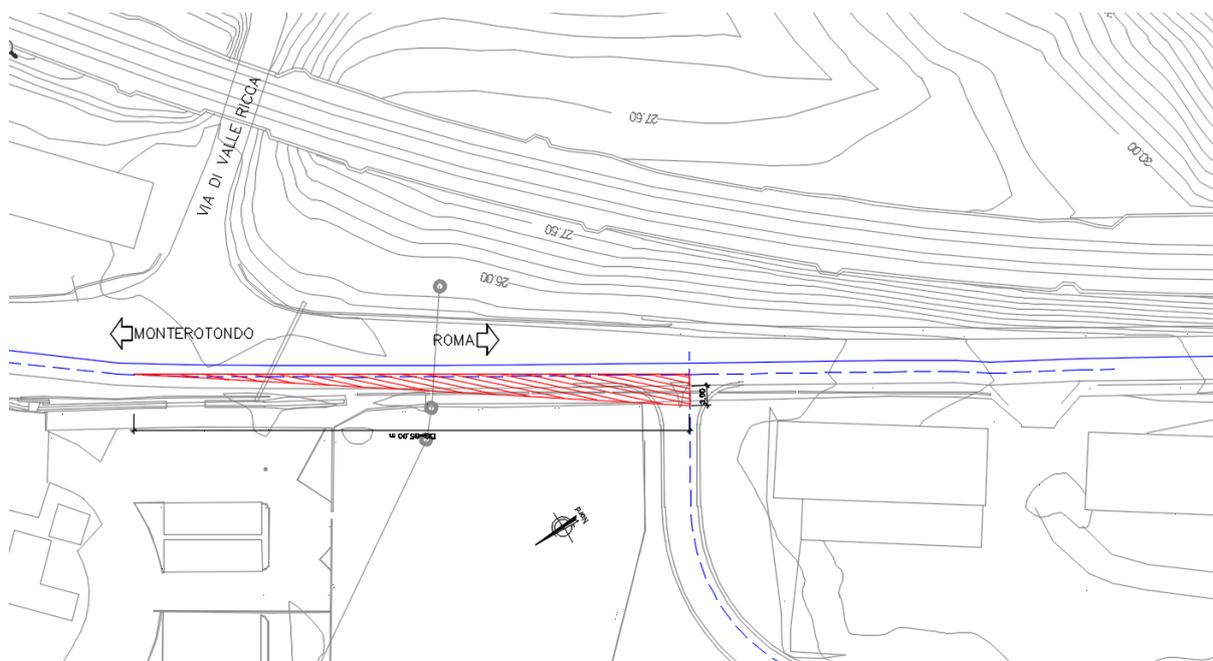
All'interno del triangolo di visibilità non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato.

All'interno del triangolo di visibilità non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato. Sono considerati ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi la massima dimensione planimetrica superiore a 0.8m.

Di seguito si riportano i risultati per le suddette viabilità:

1. Intersezione a "T" tra S.S.4 ricucitura viabilità poderale: dalla verifica non risultano esservi ostacoli alla visibilità, tuttavia si prevede per tale intersezione l'obbligo di svolta a destra così da attuare l'eventuale inversione di marcia presso la rotatoria "C" in progetto, obbligo evidenziato nella planimetria della segnaletica.

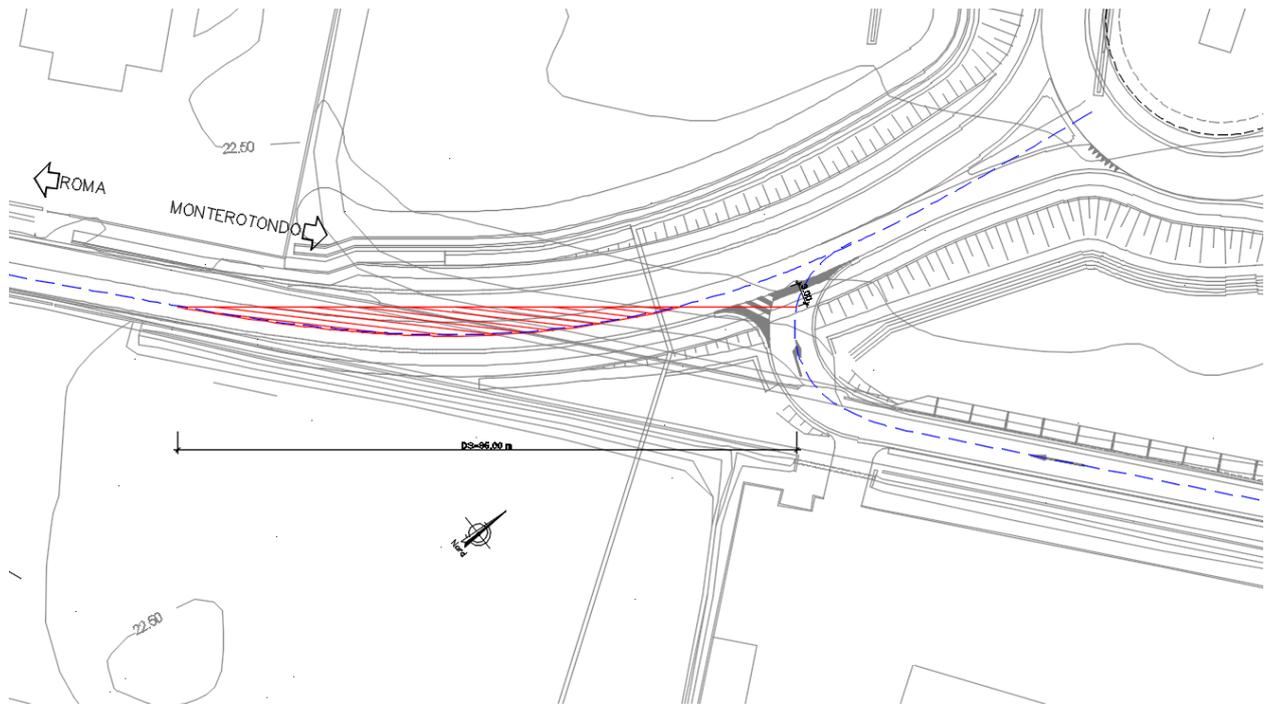
Inoltre è fatto vieto, con l'ausilio della S.V. ivi esistente, di svolta a sinistra per l'immissione sulla viabilità poderale in progetto. L'immissione dalla S.S.4 alla viabilità poderale in oggetto è garantita dall'inversione del senso di marcia alla rotatoria "D".



Verifica triangolo di visibilità intersezione a "T" tra S.S.4 ricucitura viabilità poderale

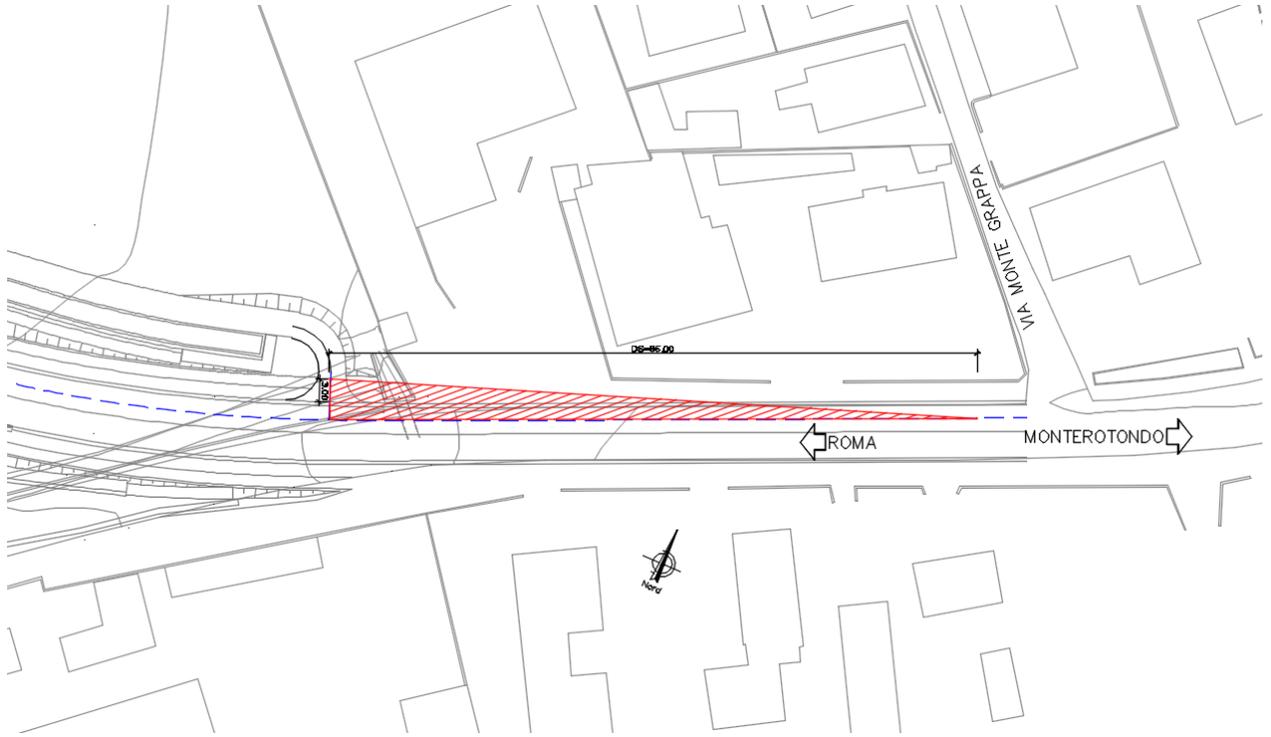
Relazione tecnica sul progetto stradale

2. Intersezione a "T" tra strada a senso unico di progetto e ramo sud rotatoria "D" (S.S.4): anche per tale intersezione si prevede l'obbligo di svolta a destra così da sfruttare la rotatoria "D" per l'inversione di marcia, obbligo evidenziato nella planimetria della segnaletica.



Verifica triangolo di visibilità intersezione a "T" tra strada a senso unico e ramo sud rotatoria "D"

3. Intersezione a "T" tra pista di manutenzione e ramo nord rotatoria "D" (S.S.4): anche per tale intersezione si prevede l'obbligo di svolta a destra così da sfruttare la rotatoria "D" per l'inversione di marcia, obbligo evidenziato nella planimetria della segnaletica.



Verifica triangolo di visibilità intersezione a "T" tra pista di manutenzione e ramo nord rotatoria "D"

7 SEGNALETICA

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l'attività di guida è stata prevista una segnaletica stradale orizzontale e verticale conforme alle prescrizioni contenute nel Nuovo Codice della Strada (D.L. n° 285 del 30/04/1992 e s.m.i.).

7.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE

7.1.1 Riferimenti normativi di dettaglio

Il riferimento normativo di base è il Decreto Legislativo n° 285 del 30/04/1992 e s.m.i. (Nuovo Codice della Strada), nel quale all'art. 40 "Segnali orizzontali" sono riportate le tipologie e le relative funzioni.

Per quanto riguarda le modalità di realizzazione e posa della segnaletica il riferimento è il Regolamento di Esecuzione ed Attuazione, ovvero il D.P.R. n° 495 del 16/12/1992, modificato ed integrato dal D.P.R. n° 610 del 16/09/1996. All'art. 137 del D.P.R. n° 495 del 1992 è riportato in particolare che tutti i segnali devono essere realizzati con materiali che permettano la loro visibilità sia di giorno che di notte anche in presenza di pioggia o con fondo stradale bagnato e che garantiscano adeguate condizioni di antiscivolosità.

Per quanto concerne le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di durata, nonché metodi di misura si rimanda alla norma tecnica europea EN 1436 contenente i requisiti tecnici qualitativi e quantitativi richiesti ai materiali utilizzati per la segnaletica orizzontale.

7.1.2 Materiali

I prodotti da utilizzare per la realizzazione della segnaletica stradale possono essere di più tipologie:

- Prodotti applicabili a freddo:
 - Monocomponente (pitture);
 - Bicomponente.
- Prodotti applicabili a caldo (termoplastici):
 - Termospruzzati;
 - Termocolati.
- Prodotti preformati

Per le caratteristiche dei materiali, le prove di laboratorio, ecc si rimanda al Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS - Parte II "Norme Tecniche".

7.1.3 Requisiti Prestazionali

Le prestazioni che la segnaletica orizzontale di colore bianco e giallo deve possedere per garantire all'utente della strada una buona funzionalità sono contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS, nella Parte II - Norme Tecniche, che richiama la norma EN 1436.

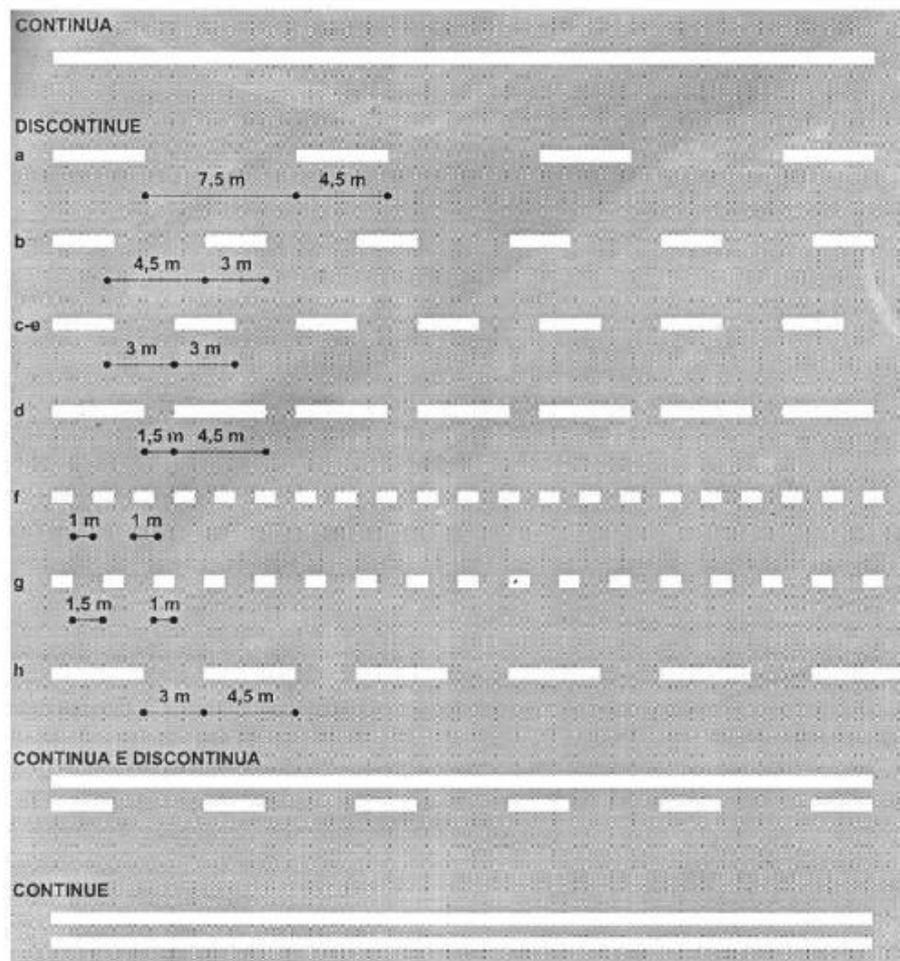
7.1.4 Strisce longitudinali

Le strisce longitudinali servono per separare i sensi di marcia o le corsie di marcia, per delimitare la carreggiata ovvero per incanalare i veicoli verso determinate direzioni; in particolare le strisce longitudinali si suddividono in:

- strisce di separazione dei sensi di marcia;
- strisce di corsia;

- strisce di margine della carreggiata;
- strisce di raccordo;
- strisce di guida sulle intersezioni.

Le strisce longitudinali possono essere continue o discontinue; le lunghezze dei tratti e degli intervalli delle strisce discontinue, sono rappresentate nella figura seguente:



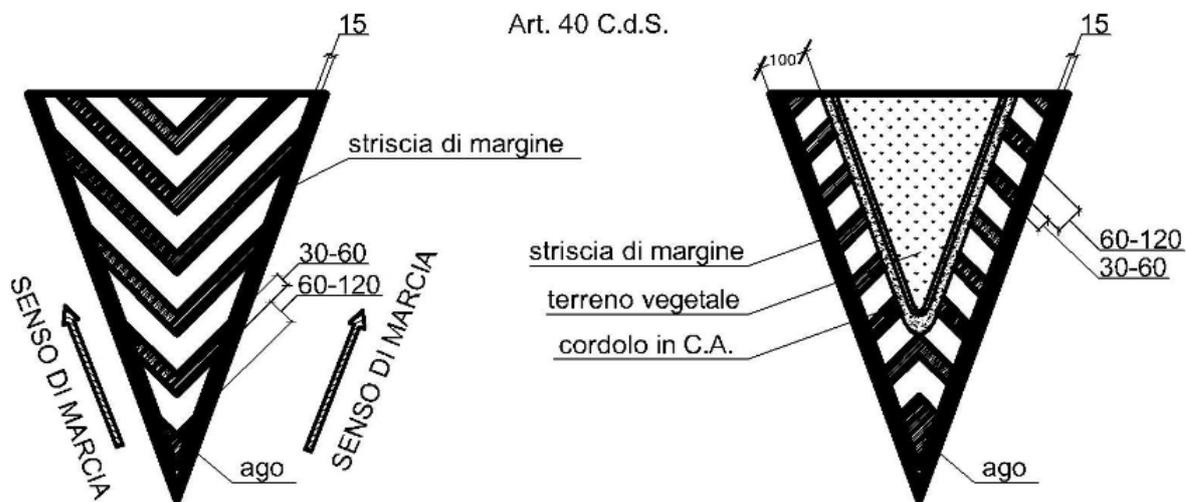
In curva, gli intervalli delle strisce di tipo "a" e "b", possono essere ridotti in funzione dei raggi di curvatura, fino alla lunghezza del tratto. La larghezza minima delle strisce longitudinali, escluse quelle di margine, è di 12 cm per le strade extraurbane secondarie, urbane di scorrimento ed urbane di quartiere e 10 cm per le strade locali. Le strisce di margine della carreggiata sono continue in corrispondenza delle corsie di emergenza e delle banchine, mentre sono discontinue in corrispondenza di corsie di accelerazione e decelerazione e delle piazzole di sosta.

La larghezza minima delle strisce di margine è di 15 per le strade extraurbane secondarie, urbane di scorrimento ed urbane di quartiere, e di 12 cm per le strade locali.

7.1.5 Zebrature

Le strisce delle zebrature devono essere di colore bianco, inclinate di almeno 45° rispetto alla corsia di marcia e di larghezza non inferiore a 30 cm; gli intervalli tra le strisce sono di larghezza doppia rispetto alle

strisce. La distanza tra la striscia di margine e la banchina è di 1 m, tale distanza si riduce a 50 cm negli innesti in rotonda.



7.2 SEGNALETICA VERTICALE

7.2.1 Riferimenti normativi di dettaglio

Come per la segnaletica orizzontale, la regolamentazione generale è contenuta nel Decreto Legislativo n° 285 del 30/04/1992 e s.m.i., Nuovo Codice della Strada, il quale all'art. 39 prescrive le diverse tipologie di segnale e che il successivo Regolamento avrebbe definito in dettaglio le forme, le dimensioni, i colori e i simboli e le loro modalità di impiego ed installazione.

Il relativo Regolamento di Esecuzione ed Attuazione, ovvero il D.P.R. n° 495 del 16/12/1992, modificato ed integrato dal D.P.R. n° 610 del 16/09/1996, dall'articolo 77 all'83 contiene le prescrizioni generali e più in dettaglio indicazioni sui colori, sulla visibilità dei segnali, sulla dimensione e i formati, sull'installazione, sui sostegni e supporti e infine in merito ai pannelli integrativi.

Il Disciplinare Tecnico (D.M. ex LL. PP. del 31/03/1995) definisce i requisiti tecnici qualitativi e quantitativi che obbligatoriamente le pellicole retroriflettenti sono chiamate a rispettare.

La Circolare dell'ex Ministero dei Lavori Pubblici (n° 3652/1344) ha definito obbligatoria la conformità dei prodotti finiti utilizzati per la realizzazione della segnaletica verticale stradale (in particolare le pellicole).

In campo europeo, la normativa si è sviluppata a partire dalla Direttiva CEE 89/106 del 21 dicembre 1988 sui prodotti da costruzione, recepita in Italia con il D.P.R. n° 246 del 21 aprile 1993.

Vi sono poi numerose norme tecniche europee (non cogenti) redatte dal CEN tra le quali la EN 12899 - parte 1, che trova il suo campo di applicazione alle pellicole a microsferi, suddividendole in due classi di prestazione.

7.2.2 Materiali

Si distinguono principalmente tre diverse tipologie di pellicole:

- Pellicole a microsferi di Classe 1;
- Pellicole a microsferi di Classe 2;

- Pellicole microprismatiche.

Per le caratteristiche tecniche dei materiali si rimanda al Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS - Parte II "Norme Tecniche".

7.2.3 Requisiti Prestazionali

I requisiti prestazionali della segnaletica verticale sono contenuti nel Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS - Parte II "Norme Tecniche".

8 DISPOSITIVI DI RITENUTA

8.1 DEFINIZIONE DELLE CLASSI E DEI TIPI DI DISPOSITIVI DI RITENUTA DA ADOTTARE IN PROGETTO

Scopo del presente paragrafo è fornire i criteri guida per la determinazione progettuale dei dispositivi di sicurezza più idonei da prevedere sulla tratta stradale in progetto.

L'art. 2 del D.M. 18 febbraio 1992, n.223, individua le zone dell'infrastruttura stradale che devono essere obbligatoriamente protette:

- i margini di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera, sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione;
- il margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m; la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili);
- gli ostacoli fissi (frontali o laterali) che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberi, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, ecc., ed i manufatti, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali che, in caso di fuoriuscita o urto dei veicoli, potrebbero subire danni comportando quindi pericolo anche per i non utenti della strada.

In conformità al D.M. LL. PP. 03/06/98, integrato e modificato dal successivo D.M. LL. PP. 11/06/99 e dal successivo D.M. n°2367 del 21/06/04, la scelta delle barriere di sicurezza da adottare è avvenuta tenendo conto della loro destinazione e ubicazione, del tipo e delle caratteristiche della strada, nonché di quelle del traffico che interesserà l'arteria, classificato in ragione dei suoi volumi, della presenza dei mezzi che lo compongono e distinto nei tre tipi seguenti:

- Traffico tipo I: quando $TGM \leq 1000$ con qualsiasi percentuale di veicoli merci o quando $TGM \geq 1000$ con la presenza di veicoli di peso superiore a 35 kN non sia superiore al 5% del totale;
- Traffico tipo II: quando, con $TGM \geq 1000$, la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia compresa tra il 5% ed il 15% del totale;
- Traffico tipo III: quando, con $TGM \geq 1000$, la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia maggiore del 15% del totale.

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

La tabella successiva riporta, in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico, e della destinazione della barriera, le classi minime di barriere da impiegare. Si fa riferimento alla classificazione prevista dal Decreto

Legislativo 30.4.1992, n° 285 (Nuovo Codice della Strada), e successive modificazioni, per definire la tipologia della strada di progetto.

TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	BARRIERE SPARTITRAFFICO	BARRIERE BORDO LATERALE	BARRIERE BORDO PONTE
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Lo studio di traffico condotto prevede la seguente situazione sull'asse di progetto nell'anno 2025 (anno stimato per la messa in esercizio della strada):

Viabilità di progetto			Flussi di traffico scenari di progetto (veicoli/giorno)			
Tratto		Direzione	Scenario 2025		Scenario 2035	
			Leggeri	Pesanti	Leggeri	Pesanti
Asse 1	tratto rotatoria A - rotatoria B	Bidirezionale	9 186	200	9 886	243
Asse 2	tratto rotatoria B - rotatoria C	Bidirezionale	11 857	214	14 457	257
Asse 3	tratto rotatoria B - rotatoria D	Bidirezionale	2 686	0	4 586	14

10 anni dopo (2035) l'incremento dei traffici attesi sulla tratta di progetto è di 0.8% per i veicoli leggeri e di massimo 1.8 % per quelli pesanti (per i dettagli si rimanda alla relazione sullo studio del traffico).

Ne consegue per il tratto stradale in progetto un traffico caratterizzato da un TGM superiore a 1000 unità con presenza di veicoli aventi massa superiore ai 3000 kg inferiore al 5% del traffico totale, le barriere di sicurezza sono state progettate considerando una condizione di traffico di tipo I per il quale la normativa DM2004 prevede le seguenti tipologia di barriere:

- H1 spartitraffico
- N2 bordo laterale
- H2 bordo ponte

Vista la necessità di riallaccio alle barriere installate lungo il lotto 1 e vista la necessità di impiegare barriere tipo ANAS con profilo DSM lungo Asse 1, Asse 2, Rotatoria A, B e C (e relativi rami) si è deciso di prevedere installazione delle seguenti barriere:

- H2 bordo laterale: Asse 1, Rotatoria A, B e C con relativi rami.

- H3 bordo laterale: Rotatoria C e relativi rami lungo il ciglio destro in stretto affiancamento con la ferrovia come da "Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 corpo stradale (RFIDTCSICSMAIFS001D) 2020".
Inoltre se ne prevede l'installazione, sia in approccio al viadotto e all'opera tubi di rilancio come da Circolare Prot. 62032 del 21/07/2010, sia sul lato interno curva dei tombini di progetto "TM01" e "TM02" (Vista l'impossibilità di infissione delle barriere bordo laterali in quanto aventi un ricoprimento < 1.00m), in merito al tratto di barriera da porre a monte dell'ostacolo la cui lunghezza del tratto di progetto risulti superiore a quella di omologazione o ove risulti necessario l'adozione del sistema "misto".
- H3 bordo ponte: Asse 2 e lungo Asse 1 per l'opera tubi di rilancio in quanto di sviluppo superiore a 10 m ed infine per i tombini di progetto "TM01" e "TM02", sul lato interno curva, in quanto non aventi sufficiente ricoprimento di infissione al fine di garantire il corretto funzionamento della barriera di tipologia bordo laterale.

medesima scelta si è effettuata per l'Asse 3 e la rotatoria D (e relativi rami) per il quale si prevede l'installazione di barriere "non-Anas" H2 bordo laterale con profilo DSM.

Il D.M. 3 giugno 1998 introduce il concetto di salvaguardia dell'utenza stradale imponendo ai progettisti e costruttori il rispetto degli indici di severità nei confronti dei passeggeri valutando la capacità di assorbimento dell'energia di cui è dotato il veicolo in movimento.

Il progetto del posizionamento degli elementi di ritenuta tiene anche conto delle caratteristiche geometriche della sede stradale e della compatibilità dei dispositivi con gli spazi disponibili, le opere di mitigazione ambientale e gli altri vincoli esistenti.

La strada in oggetto sono di cat.C2 per l'asse 1 e 2, strada di Cat. F1 Extraurbana per l'asse 3 e F1 urbana locale per i rami delle rotatorie; per il livello di traffico si è considerato il tipo III.

Conseguentemente per i tracciati sono state previste nelle varie situazioni le seguenti barriere:

Barriere bordo ponte:	classe H3 Livello di funzionamento: W5 ASI<1.4
Barriere bordo laterale:	classe H2/H3 Livello di funzionamento: W5 ASI<1.0
Barriere bordo laterale: (Tratti di raccordo tra H3 BP e H2 BL)	classe H3 Livello di funzionamento: W5 ASI<1

Oltre alle tipologie delle barriere, si devono prevedere i terminali di inizio e fine barriera, cuspidi e raccordi, gli elementi di transizione tra le differenti tipologie di barriera e le reti di protezione ove previste.

Nei sottoparagrafi seguenti vengono descritte le singole barriere nelle varie situazioni nelle quali sono state previste.

8.2 BARRIERE TIPO ANAS

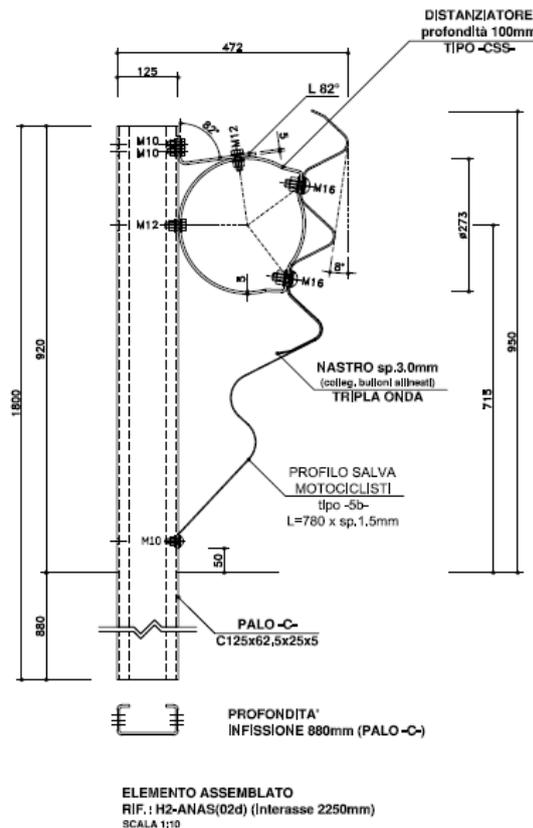
8.2.1 Barriera bordo laterale classe H2

La barriera di classe H2 Bordo Laterale, ha una struttura composta da una tripla onda superiore da 3 mm. di spessore, posta ad un'altezza media di circa 950 mm., e da un profilato a basso spessore (1,5mm) destinato alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo termina a 50 mm dalla superficie del terreno per permettere lo smaltimento delle acque di pioggia, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

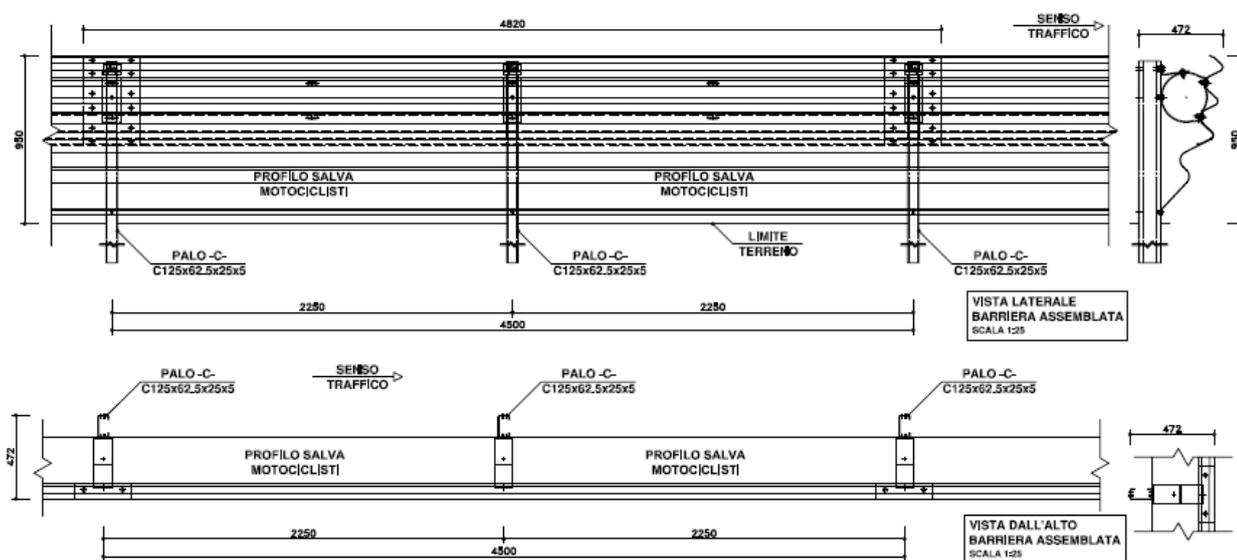
La lama e la parte inferiore del profilo SM sono collegati ai paletti infissi nel terreno; il profilo in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore universale a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 125x62,5x25 di 5 mm di spessore, posti ad interasse di 2250 mm., lunghi 1800 mm. ed infissi nel terreno per 880 mm.

L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 472 mm.



Sezione barriera ANAS H2 BLSM



Vista laterale e dall'alto barriera ANAS H2 BLSM

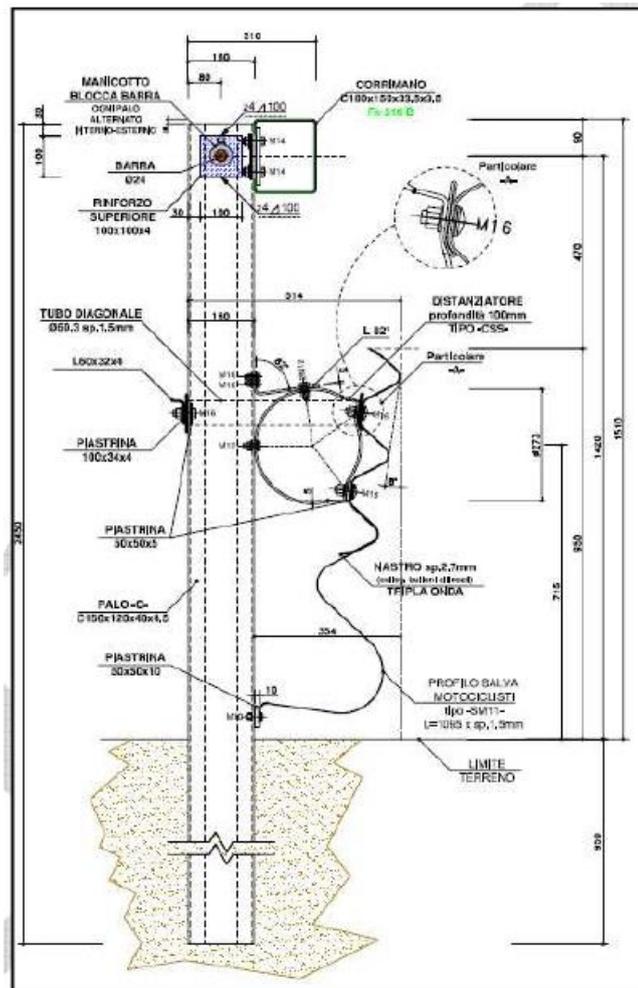
Per quanto concerne le **caratteristiche prestazionali**, con riferimento all'esito delle prove al vero, si riportano di seguito le risultanze salienti.

- **Prova AISICO n. 463 – TB 11 (veicolo leggero):**
 - Indice di severità dell'accelerazione - ASI : 1.0 (A)
 - Velocità teorica d'urto della testa - THIV: 25 Km/h
 - Larghezza di lavoro dispositivo: 0.8 m (W2)
 - Deformazione dinamica: 0.4 m
 - Massima deformazione permanente: 0.2 m
- **Prova AISICO n. 464 - TB 51 (veicolo pesante):**
 - Larghezza di lavoro dispositivo: 1.7 m (W5)
 - Deformazione dinamica 1.6 m
 - Intrusione del veicolo: 2.3 m (VI7)
 - Massima deformazione permanente 1.6 m

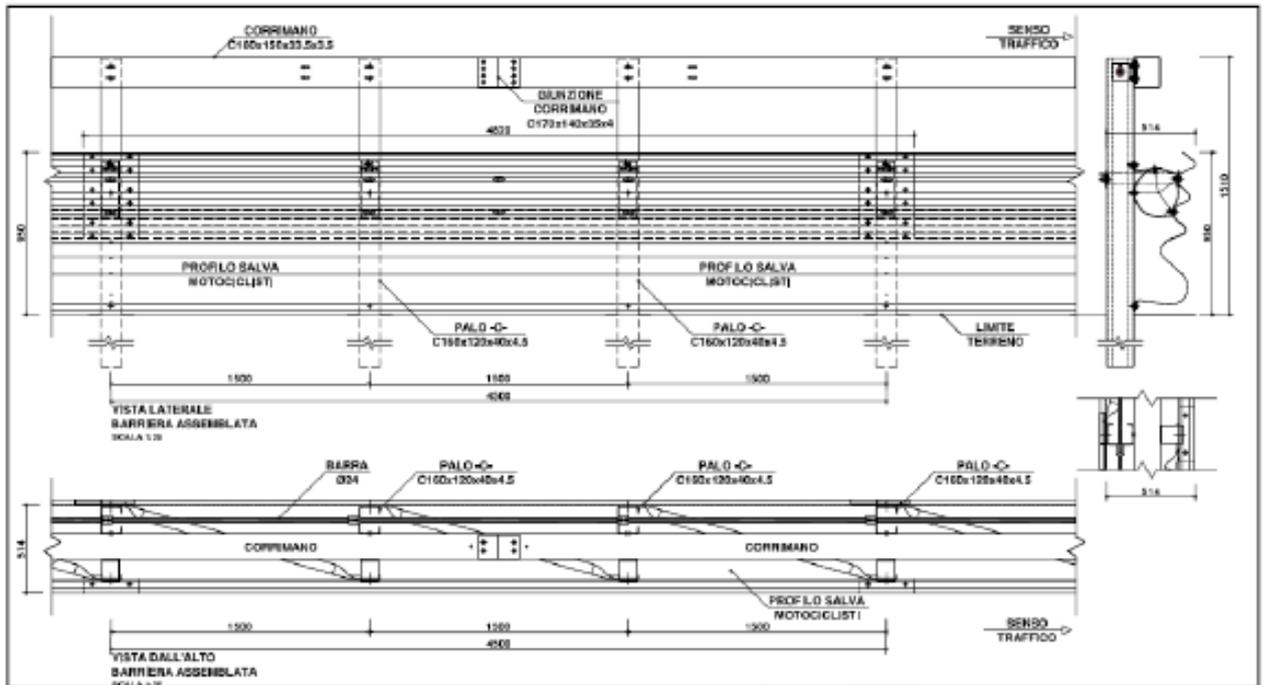
8.2.2 Barriera bordo laterale classe H3

La barriera di classe H3 Bordo Laterale, ha una struttura e composta da una tripla onda superiore da 2.7 mm. di spessore, posta ad un'altezza media di circa 950 mm., e da un profilato a basso spessore (1,5mm) destinato alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo termina a 50 mm dalla superficie del terreno per permettere lo smaltimento delle acque di pioggia, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

La lama e la parte inferiore del profilo SM sono collegati ai paletti infissi nel terreno; il profilo in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore *universale* a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito. I paletti sono a sezione a "C" 160x120x40 di 4.5 mm di spessore, posti ad interasse di 1500 mm., lunghi 1510 mm. ed infissi nel terreno per 950 mm. L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 514 mm.



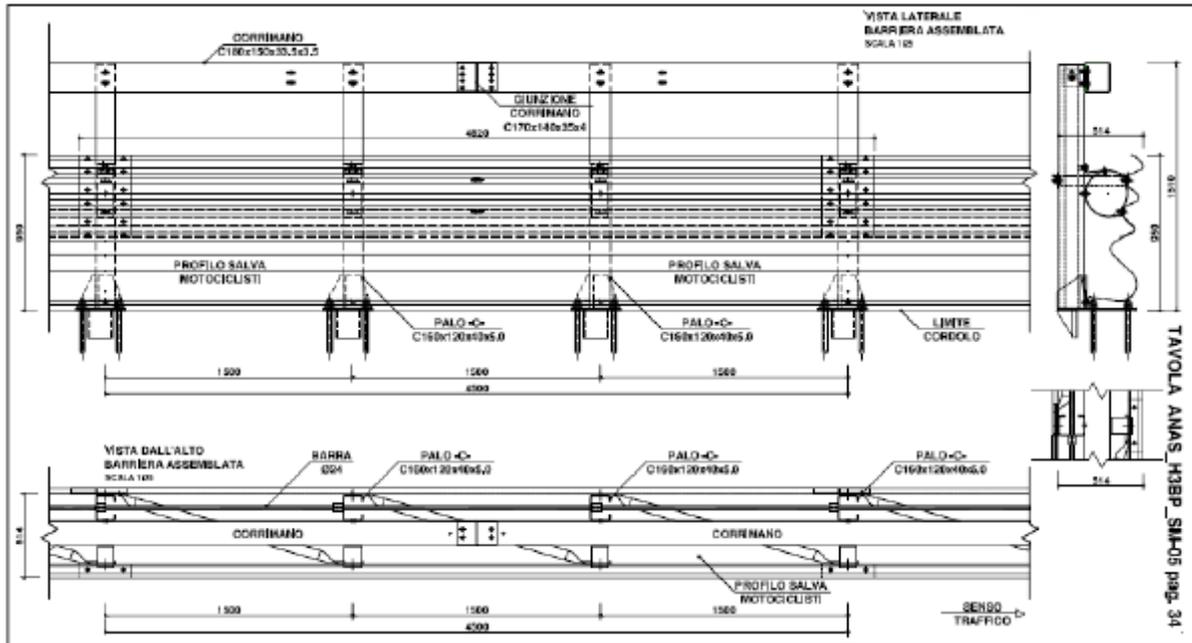
Sezione barriera ANAS H3 Bordo Laterale



Vista laterale e dall'alto barriera ANAS H3 bordo laterale

Per quanto concerne le caratteristiche prestazionali, con riferimento all'esito delle prove al vero, si riportano di seguito le risultanze salienti:

- Prova AISICO n. 852 – TB 11 (veicolo leggero):
 - Indice di severità dell'accelerazione - ASI : 1.1 (B)
 - Velocità teorica d'urto della testa - THIV: 31 Km/h
 - Larghezza di lavoro dispositivo: 0,8 m (W2)
 - Deformazione dinamica: 0.4 m
 - Massima deformazione permanente: 0.2 m
- Prova AISICO n. 853 - TB 61 (veicolo pesante):
 - Larghezza di lavoro dispositivo: 1.7 m (W5)
 - Deformazione dinamica 1.3 m
 - Intrusione del veicolo: 2.1 m (VI6)
- Massima deformazione permanente 1.0 m



Vista laterale e dall'alto barriera ANAS H3 bordo Ponte

Per quanto concerne le caratteristiche prestazionali, con riferimento all'esito delle prove al vero, si riportano di seguito le risultanze salienti:

- Prova AISICO n. 847 – TB 11 (veicolo leggero):
 - o Indice di severità dell'accelerazione - ASI : 1. (B)
 - o Velocità teorica d'urto della testa - THIV: 30 Km/h
 - o Larghezza di lavoro dispositivo: 0,7 m (W2)
 - o Deformazione dinamica: 0.3 m
 - o Massima deformazione permanente: 0.3 m
- Prova AISICO n. 848 - TB 61 (veicolo pesante):
 - o Larghezza di lavoro dispositivo: 1.6 m (W5)
 - o Deformazione dinamica 1.2 m
 - o Intrusione del veicolo: 1.9 m (VI6)
 - o Massima deformazione permanente 0.8 m

8.3 BARRIERE COMMERCIALI

Per le tipologie non previste nel parco barriere Anas o per quella da installare su rete di altri gestori si dovrà fare riferimento a dispositivi da reperire sul mercato, da individuare mediante indicazione delle caratteristiche prestazionali di equivalenza, in modo che si possa installare qualsiasi dispositivo soddisfi i requisiti richiesti. Per tal motivo si sono indicate delle caratteristiche prestazionali consone per l'installazione ma riscontrabili nel parco barriere esistente.

Resta confermato, inoltre, tutti gli obblighi di legge in particolare la marcatura CE.

8.3.1 Barriera bordo laterale classe H2

Ne è prevista l'installazione sull'asse 3 e sulla rotatoria D con relativi rami.

Sarà anch'essa a nastri e paletti in acciaio con le caratteristiche prestazionali di seguito riportate:

Con riferimento alla prova con veicolo leggero:

- Indice di severità dell'accelerazione – ASI max A

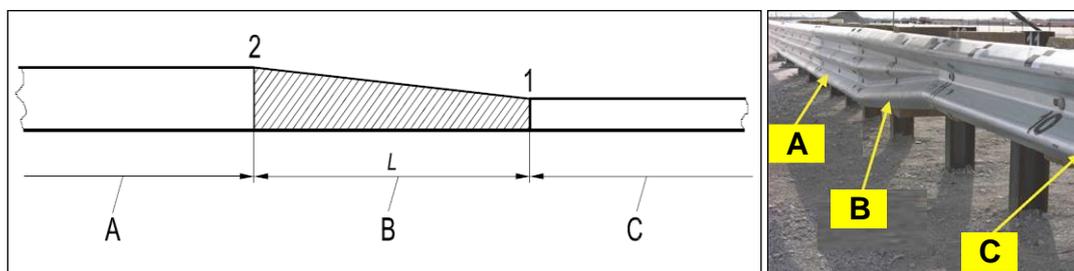
Con riferimento alla prova con veicolo pesante:

- Larghezza di lavoro massima del dispositivo: <1.6 m (W5)
- Deformazione dinamica massima: 1.30 m

8.4 ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARI

8.4.1 Transizioni

Secondo la Normativa UNI ENV 1317-4 si definisce transizione “un elemento da interporre tra due barriere di sicurezza aventi diversa sezione trasversale o differente rigidità laterale, affinché sia garantito un contenimento continuo”. L'obiettivo è quello di fornire un cambiamento graduale dalla prima (A) alla seconda barriera (C), prevenendo i pericoli connessi ad una variazione improvvisa e garantendo un'efficace sicurezza passiva in ogni punto del margine stradale.



Identificazione degli elementi di una transizione

Le transizioni sono generalmente adottate tra barriere:

- caratterizzate dallo stesso materiale ma con sezione trasversale diversa;
- realizzate in materiali differenti;
- con rigidità laterale diversa.



Relazione tecnica sul progetto stradale

Transizioni tra barriere con diversa sezione trasversale

Secondo la Normativa UNI ENV 1317-4 la connessione tra due barriere aventi la medesima sezione trasversale, costituite dallo stesso materiale e diverse nella larghezza operativa in misura non maggiore di una classe, non deve essere considerata una transizione. Per i restanti casi, invece, la classe di contenimento della transizione non deve essere né inferiore alla minore, né superiore alla maggiore delle classi delle barriere connesse, mentre la larghezza operativa non deve essere superiore a quella maggiore delle barriere collegate.

Per le transizioni la definizione degli indici di prestazione e delle classi di contenimento segue i criteri riportati nella Normativa UNI EN 1317-2 previsti per le barriere di sicurezza.

Per il tracciato in esame, in particolare, sono state analizzate le seguenti transizioni:

- da una sezione in rilevato (H2) ad una su opera d'arte (H3);
- da una sezione in rilevato di classe H2 ANAS ad una in rilevato di classe H2 commerciale.

La soluzione proposta prevede l'adozione di appositi elementi in acciaio che raccordano i nastri delle barriere di estremità, collegati in modo da garantire un'efficace continuità strutturale e di contenimento. In particolare, sono da curare con estrema attenzione i sistemi di collegamento, in modo da verificare che siano in grado di fornire la resistenza necessaria con gli spostamenti complessivi ammissibili.

8.5 TRANSIZIONI TRA BARRIERE ANAS

Si tratta di transizioni tra barriere della stessa famiglia e quindi la continuità strutturale ed i requisiti di cui al paragrafo precedente sono sicuramente soddisfatti. Nel progetto esecutivo saranno riportati i dettagli costruttivi di tali transizioni.

Le transizioni di questo tipo previste in progetto sono 1 tra la barriera H2BL e H3BP.

8.5.1 Transizioni tra barriere Anas e barriere commerciali (di progetto)

In questo caso, non essendo nota a priori la geometria ed i dettagli della barriera commerciale, non è possibile studiare la transizione, il cui onere occorre che sia demandato al fornitore della barriera commerciale in sede di redazione del progetto costruttivo.

Nel progetto è prevista solamente una tra H2BL dell'asse 3 con la rotatoria B.

8.5.2 Transizioni tra barriere Anas e barriere esistenti

In questi casi, le barriere esistenti ricadono lungo la SS4 Salaria e trattasi della transizione tra le barriere dei rami della rotatoria C.

In questo caso, non essendo note a priori le geometrie ed i dettagli della barriere esistenti, non è possibile studiare la transizione, il cui onere occorre che sia demandato in sede di redazione del progetto costruttivo.

8.5.3 Transizioni tra barriere commerciali (di progetto)

Ne è prevista soltanto una in progetto tra la barriera H2BL dei rami della rotatoria D con la barriera lungo la SS4 Salaria.

In questo caso, non essendo note a priori le geometrie ed i dettagli della barriere commerciali, non è possibile studiare la transizione, il cui onere occorre che sia demandato al fornitore della barriera commerciale.

9 PAVIMENTAZIONE STRADALE

9.1 DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE

Per la sovrastruttura delle viabilità di categoria C (asse 1 e asse 2) si è adottata una pavimentazione semirigida con i seguenti strati:

- Fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale – 20 cm.
- Misto cementato – 20 cm.
- Strato di base in conglomerato bituminoso – 10 cm.
- Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso – 4 cm.
- Strato di usura in conglomerato bituminoso di tipo drenante – 5 cm.

Relativamente alle viabilità inquadrare come F (asse 3a, 3b e 4) è stata adottata una pavimentazione flessibile costituita dai seguenti strati:

- Fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale – 30 cm.
- Strato di base in conglomerato bituminoso – 10 cm.
- Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso – 4 cm.
- Strato di usura in conglomerato bituminoso – 3 cm.

Tali scelte si basano sulla logica di continuità strutturale con il tratto già in appalto "Stralcio 1 – variante di Monterotondo scalo S.S. n°4 "Salaria".

9.2 VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE (CAT.C)

9.2.1 Carichi di traffico

Lo studio di traffico condotto prevede la seguente situazione sull'asse di progetto nell'anno 2025 (anno stimato per la messa in esercizio della strada):

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2025				
Asse 1				
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali	Veicoli Equivalenti
Direzione Nord-Sud	1686	86	1771	1914
Direzione Sud-Nord	7500	114	7614	7800
Bidirezionale	9186	200	9386	9714

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2025				
Asse 2				
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali	Veicoli Equivalenti
Direzione Nord-Sud	3429	86	3514	3657
Direzione Sud-Nord	8429	129	8557	8729
Bidirezionale	11857	214	12071	12386

L'immagine seguente mostra i flussi dell'ora di punta dei vari assi:



10 anni dopo (2035) l'incremento dei traffici attesi sulla tratta di progetto è di 0.8% per i veicoli leggeri e di 1.0% per quelli pesanti, come si evince dalla seguente tabella:

TASSI ANNUI		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Leggeri	100.0%	0.0%	-17.5%	10.3%	10.3%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%	2.0%	2.0%	2.0%	2.2%	1.8%	1.5%	1.3%	1.2%	1.0%	0.8%	0.5%	0.3%	0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	1.2%	1.2%	1.2%
Pesanti	100.0%	0.0%	-12.9%	7.6%	7.6%	1.8%	2.0%	2.0%	2.0%	2.2%	2.2%	2.2%	2.5%	2.1%	1.8%	1.5%	1.4%	1.2%	1.0%	0.7%	0.5%	0.5%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	1.4%	1.4%	1.4%

VALORE PERCENTUALE ASSOLUTO		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Leggeri	100	100.0	82.5	91.0	100.4	102.17	104.00	106.88	107.99	110.15	112.36	114.53	116.90	118.65	120.19	121.63	122.85	123.83	124.45	124.83	125.00	125.33	125.45	125.58	125.70	127.25	128.82	130.41	
Pesanti	100	100.0	87.1	93.7	100.8	102.64	104.69	106.78	109.13	111.53	113.99	116.83	119.29	121.44	123.26	124.98	126.48	127.75	128.64	129.28	129.63	130.32	130.71	131.10	131.50	133.38	135.29	137.23	

A partire da questi dati si deduce che la crescita media prevista del traffico pesante, all'anno 2042, è del 1,23% su base annua a partire dall'anno 2025.

Al fine di verificare la pavimentazione è necessario ricondurre i passaggi dei veicoli pesanti in passaggi di assi standard da 8,2t.

Dal catalogo delle pavimentazioni è possibile ottenere le categorie di veicoli e le percentuali riferite alla strada di progetto:

Relazione tecnica sul progetto stradale

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	----	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	----	----	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1.6	18.2	27.3	----
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	----	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	----	----	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	----	----	58.8	29.4	----	5.9	----	2.8	----	----	----	----	0.2	----	----	2.9
5) " extr. second.-turistiche	24.5	----	40.8	16.3	----	4.15	----	2	----	----	----	----	0.05	----	----	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1.6	18.2	27.3	----
7) " " di quartiere e locali	80	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	20	----	----
8) corsie preferenziali	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	47	53	----

Per la viabilità in oggetto, si è fatto ricorso allo spettro di traffico delle strade extraurbane secondarie ordinarie.

A partire dal calcolo del coefficiente di equivalenza per ogni singolo asse si ottiene il coefficiente di equivalenza per la strada facendo una media pesata:

Tipo di veicolo	N° assi	Configurazione	F.E.	C_ordinarie
1) autocarri leggeri	2	10s 20s	0.0036	0.00
2) " "	2	15s 30s	0.0180	0.00
3) autocarri medi e pesanti	2	40s 80s	1.0560	0.62
4) " "	2	50s 110s	3.5352	1.04
5) autocarri pesanti	3	40s 160t	1.4269	0.00
6) " "	2	60s 200t	3.5668	0.21
7) autotreni e autoarticolati	4	40s 90s 80s 80s	3.6380	0.00
8) " "	4	60s 100s 100s 100s	7.4149	0.21
9) " "	5	200T 160t	2.1614	0.00
10) " "	5	240T 200t	4.9104	0.00
11) " "	5	140t 240T	2.4529	0.00
12) " "	5	170t 270T	4.3637	0.00
13) mezzi d'opera	5	170t 390T	12.2200	0.02
14) autobus	2	40s 80s	1.0560	0.00
15) " "	2	60s 100s	2.6772	0.00
16) " "	2	50s 80s	1.143611987	0.03
				2.14

$$C_{SN} = \sum(n_i \cdot C_{Sni}) = 2,14$$

Partendo dunque dall'informazione sul traffico giornaliero medio su base annua (TGM), è possibile risalire al numero di applicazioni dell'asse di riferimento nel corso della vita utile dell'opera tramite la seguente relazione:

$$N_{8,2t} = TGM \cdot 365 \cdot F^* \cdot \%VC \cdot C_{SN} \cdot D \cdot L$$

dove:

- TGM = Traffico Giornaliero Medio su base annua (12.071: si considera il flusso più consistente); moltiplicato per 365 consente di ottenere l'informazione sul flusso di traffico annuale;
- F* = fattore di crescita, determinabile come:

$$F^* = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

con:

- r = tasso di crescita annuale (1.23%);
- n = vita utile dell'infrastruttura.

- %VC = percentuale veicoli commerciali (1,8%);
- C_{SN} = fattore di equivalenza dell'intera flotta di veicoli commerciali (2,14);
- D = percentuale di traffico nella singola direzione (70%);
- L = percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo. Nel caso in esame, trattandosi di una strada ad una corsia per senso di marcia, è stato considerato il 100%.

Per una vita utile di 20 anni si ottiene un numero di passaggi dell'asse equivalente pari a 2.670.206.

9.2.2 Verifica (metodo razionale)

I metodi fondati su una valutazione "razionale", cioè "per via di calcolo", si basano sullo studio del comportamento tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione attraverso cui si perviene alla verifica di "resistenza" della sovrastruttura, intesa come la capacità della stessa di garantire adeguati livelli di servizio entro un predefinito periodo temporale (vita utile); superato questo periodo di tempo, la degradazione subita dalla pavimentazione ne rende necessario il rifacimento.

Il processo progettuale "razionale" per il dimensionamento strutturale di una pavimentazione stradale si basa principalmente sui seguenti passaggi:

- la conoscenza dei dati di traffico;
- la conoscenza delle condizioni climatiche di esercizio;
- la definizione preliminare degli spessori di ogni singolo strato;
- la scelta dei materiali da impiegare;
- il calcolo dello stato tenso-deformativo indotto dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

In particolare, la durata di una pavimentazione viene correlata al numero massimo di passaggi dell'asse standard che è in grado di sopportare prima di raggiungere il collasso strutturale. Nota pertanto la classe di traffico assunta come riferimento, si determinerà il relativo stato tenso-deformativo indotto risolvendo la sovrastruttura tramite opportuni modelli di calcolo. Si evidenzia che la vita utile della pavimentazione non esclude la necessità di interventi manutentivi non strutturali relativi al ripristino delle condizioni superficiali di regolarità ed aderenza. È opportuno sottolineare che non si tratta di metodi puramente razionali, in quanto l'empirismo non è del tutto eliminato: vi si rifà infatti per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali e per lo studio delle leggi di degrado.

TRAFFICO DI PROGETTO

§ par.7.2.1. Dal calcolo si perviene ad un numero di passaggi dell'asse di riferimento pari a 2.670.206.

CONDIZIONI CLIMATICHE

Le proprietà meccaniche di alcuni materiali impiegati nella realizzazione delle pavimentazioni stradali (conglomerati bituminosi) risentono fortemente delle variazioni di temperatura, poiché essa influenza i valori del modulo complesso. Risulta necessario dunque suddividere l'anno in periodi caratterizzati da una temperatura media dell'aria pressoché uniforme (tipicamente 4 periodi della durata di 3 mesi ciascuno, corrispondenti alle 4 stagioni).

Nel caso in esame ci si è riferiti alle situazioni climatiche medie dell'Italia Centrale suggerite dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali; nella tabella sottostante è riportata una sintesi della tabella presente nel Catalogo.

Periodo	[°C]	[°F]
Inverno	4,5	40,1
Primavera	11,5	52,7
Estate	22	71,6
Autunno	14	57,2

PAVIMENTAZIONE PROPOSTA

Si rimanda al paragrafo 7.1.

PARAMETRI DI CALCOLO ASSUNTI

I metodi razionali per il calcolo delle pavimentazioni, come detto, si basano sulla determinazione dello stato tenso-deformativo all'interno della sovrastruttura stessa.

lo schema di riferimento è quello del multistrato elastico, caratterizzato da una serie di strati di spessore predefinito al di sopra di un semispazio elastico. Le ipotesi alla base di tale modello sono le seguenti:

- materiali elastici, omogenei ed isotropi;
- spessore costante dei singoli strati;
- sottofondo considerato come semispazio;
- perfetta aderenza tra gli strati;
- i carichi applicati sono considerati circolari (impronta di carico circolare con pressione uniforme).

Al fine di poter procedere al calcolo tenso-deformativo, risulta dunque necessario assegnare, ai diversi strati, dei parametri meccanici che meglio rappresentino il loro comportamento sotto carico.

- Per il sottofondo si è fatto ricorso al valore intermedio presente nel Catalogo delle Pavimentazioni Italiane, corrispondente a 90 MPa.
- Il modulo dello strato di fondazione in misto granulare è stato stimato in riferimento alla relazione proposta da Shell Institute, secondo cui il modulo dello strato in misto granulare è influenzato dallo spessore dello strato stesso e dal modulo del sottofondo:

$$E_{mg} = 0,2 \cdot h_{mg}^{0.45} \cdot E_{sf}$$

dove:

- E_{mg} = modulo elastico dello strato in misto granulare;
- h_{mg} = spessore dello strato in misto granulare (20 cm);
- E_{sf} = modulo elastico del sottofondo (90 MPa).

Si ottiene dunque un valore di E_{mg} pari a 195 MPa.

- Relativamente allo strato in misto cementato, si presume che esso si fessuri, con fessure che si innescano nella parte inferiore e che si propagano verso la parte superiore. La condizione terminale è quando il materiale è fessurato in misura tale da avere una rigidità effettiva simile a uno strato granulare. Questa condizione è nota come lo “stato granulare equivalente” (*South African Pavement Engineering Manual*, 2013). Si considerano dunque due distinte fasi di vita dello strato: una prima caratterizzata da un modulo di 2000 MPa e una seconda, nella quale il modulo si riduce al valore di 300 MPa.
- Per gli strati in conglomerato bituminoso è necessario ricorrere a formulazioni empiriche che consentono di stimare il modulo complesso del materiale partendo da informazioni circa le proprietà meccaniche del bitume (penetrazione e temperatura di rammollimento), la volumetria della miscela e la temperatura della pavimentazione (ricavabile dalle informazioni sulla temperatura dell'aria).

I parametri meccanici adottati per i diversi strati della pavimentazione sono riportati nella tabella seguente:

Modulo Elastico [Mpa]				
	inverno	primavera	estate	autunno
Usura drenante	2063	1388	625	1177
Binder	8899	5443	1673	4364
Base	8962	5610	1869	4555
Sottobase	2000 (FASE I) / 300 (FASE II)			
Fondazione	195			
Sottofondo	90			
Coeff. Poisson				
Usura drenante	0.35			
Binder	0.35			
Base	0.35			
Sottobase	0.30			
Fondazione	0.40			
Sottofondo	0.45			

VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE

Una volta fissati i parametri di calcolo, è possibile determinare lo stato tenso-deformativo all'interno della pavimentazione mediante il software BISAR. Ottenuta la risposta della pavimentazione sotto carico, è necessario correlarla alla performance della pavimentazione stessa; ciò è possibile mediante le Leggi di Degrado.

In riferimento a specifici ammaloramenti della pavimentazione, si determina il numero di passaggi dell'asse standard che porta a condizioni ultime la pavimentazione relativamente al fenomeno di degrado considerato. Tale numero di passaggi "consentiti" (N_c) è poi paragonato al numero di passaggi "previsto" (N_p) al fine di verificare la pavimentazione di progetto; la pavimentazione risulterà verificata se il rapporto tra N_p e N_c è minore di 1.

Le verifiche devono essere condotte in riferimento ai periodi in cui è stato suddiviso l'anno; nel caso in esame è stata prevista una ripartizione omogenea del traffico nei 4 periodi considerati. La verifica sarà dunque del tipo:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k}\right)}{N_i} \leq 1$$

La pavimentazione manifesterà un certo numero di applicazioni dell'asse standard che la porta in condizioni ultime in termini dei diversi fenomeni di degrado associati ai diversi strati; la verifica dovrà essere condotta sulla base della condizione più gravosa, ossia del fenomeno di degrado che si sviluppa in corrispondenza del minor numero di applicazioni dell'asse standard.

I risultati delle diverse verifiche sono riportati nella seguente tabella:

VERIFICHE				
	Conglomerato Bituminoso	Misto Cementato	Misto Granulare	Sottofondo
N_p/N_c inverno	0.0296	0.0254	0.0000	0.0118
N_p/N_c primavera	0.0378	0.0271	0.0001	0.0184
N_p/N_c estate	0.0488	0.0326	0.0130	0.0350
N_p/N_c autunno	0.0563	0.0316	0.0072	0.0311
N_p/N_c TOT	0.1725	0.1167	0.0204	0.0963
	VERIFICATA	VERIFICATA	VERIFICATA	VERIFICATA

Dai risultati delle diverse verifiche si può notare come la pavimentazione proposta risulti ben dimensionata; infatti, il rapporto tra i cicli di carico previsti e i cicli di carico a rottura, per ciascuno strato, si mantiene al di sotto dell'unità.

La legge di degrado che mette in luce la maggiore criticità è quella relativa alla rottura per fatica degli strati in conglomerato bituminoso.

Si può concludere dicendo che la pavimentazione proposta risulta verificata essendo in grado di sopportare un numero di cicli di carico di assi standard da 8,2 t superiore a quello previsto per i primi 20 anni di esercizio.

9.3 VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE (CAT.F)

9.3.1 Carichi di traffico

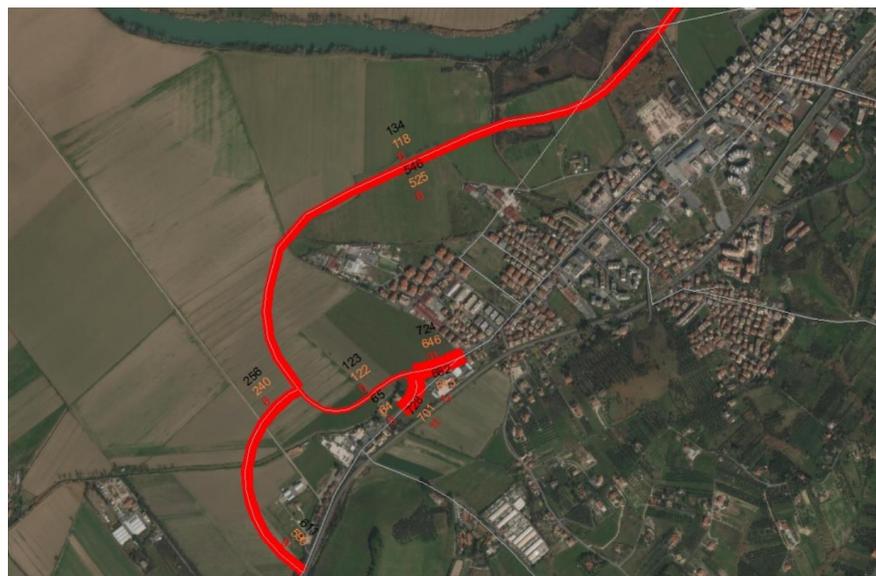
Lo studio di traffico condotto prevede la seguente situazione sull'asse di progetto nell'anno 2025 (anno stimato per la messa in esercizio della strada):

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2025				
Asse 3a				
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali	Veicoli Equivalenti
Direzione B-D	914	0	914	929
Direzione D-B	1743	0	1743	1757
Bidirezionale	2657	0	2657	2686

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2025				
Asse 3b				
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali	Veicoli Equivalenti
Direzione D-Nord	9329	157	9486	9743
Direzione Nord-D	9229	443	9671	10343
Bidirezionale	18557	600	19157	20086

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2025				
Asse 4				
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali	Veicoli Equivalenti
Direzione D-Sud	9086	443	9529	10200
Direzione Sud-D	10014	157	10171	10400
Bidirezionale	19100	600	19700	20600

L'immagine seguente mostra i flussi dell'ora di punta dei vari assi:



10 anni dopo (2035) l'incremento dei traffici attesi sulla tratta di progetto è di 0.8% per i veicoli leggeri e di 1.0% per quelli pesanti, come si evince dalla seguente tabella:

TASSI ANNUI		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Leggeri	100.0%	0.0%	-17.5%	10.3%	10.3%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%	2.0%	2.0%	2.2%	2.2%	2.5%	2.1%	1.8%	1.5%	1.4%	1.2%	0.8%	0.5%	0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	1.2%	1.2%	1.2%
Pesanti	100.0%	0.0%	-12.9%	7.6%	7.6%	1.8%	2.0%	2.0%	2.2%	2.2%	2.2%	2.5%	2.2%	2.1%	1.8%	1.5%	1.4%	1.2%	1.0%	0.7%	0.5%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	1.4%	1.4%	1.4%	

VALORE PERCENTUALE ASSOLUTO		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Leggeri	100	100.0	82.5	91.0	100.4	102.17	104.00	106.88	107.99	110.15	112.36	114.83	116.90	118.66	120.19	121.63	122.85	123.83	124.45	124.83	125.20	125.33	125.45	125.58	125.70	127.25	128.82	130.41	
Pesanti	100	100.0	87.1	93.7	100.8	102.64	104.69	106.78	109.13	111.53	113.99	116.83	119.29	121.44	123.26	124.98	126.48	127.75	128.64	129.28	129.63	130.32	130.71	131.10	131.50	133.38	135.29	137.23	

A partire da questi dati si deduce che la crescita media prevista del traffico pesante, all'anno 2042, è del 1,23% su base annua a partire dall'anno 2025.

Al fine di verificare la pavimentazione è necessario ricondurre i passaggi dei veicoli pesanti in passaggi di assi standard da 8,2t.

Dal catalogo delle pavimentazioni è possibile ottenere le categorie di veicoli e le percentuali riferite alla strada di progetto:

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	----	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	----	----	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	----	----	----	----	----	----	----	----	1.6	18.2	27.3	----	----
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	----	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	----	----	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	----	----	58.8	29.4	----	5.9	----	2.8	----	----	----	----	0.2	----	----	2.9
5) " extr. second.-turistiche	24.5	----	40.8	16.3	----	4.15	----	2	----	----	----	----	0.05	----	----	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1.6	18.2	27.3	----
7) " " di quartiere e locali	80	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	20	----	----
8) corsie preferenziali	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	47	53	----

Per la viabilità in oggetto, si è fatto ricorso allo spettro di traffico delle strade urbane di quartiere e strade locali.

A partire dal calcolo del coefficiente di equivalenza per ogni singolo asse si ottiene il coefficiente di equivalenza per la strada facendo una media pesata:

Tipo di veicolo	N° assi	Configurazione	F.E.	E & F
1) autocarri leggeri	2	10s 20s	0.0036	0.00
2) " "	2	15s 30s	0.0180	0.00
3) autocarri medi e pesanti	2	40s 80s	1.0560	0.00
4) " " "	2	50s 110s	3.5352	0.00
5) autocarri pesanti	3	40s 160t	1.4269	0.00
6) " "	2	60s 200t	3.5668	0.00
7) autotreni e autoarticolati	4	40s 90s 80s 80s	3.6380	0.00
8) " "	4	60s 100s 100s 100s	7.4149	0.00
9) " "	5	200T 160t	2.1614	0.00
10) " "	5	240T 200t	4.9104	0.00
11) " "	5	140t 240T	2.4529	0.00
12) " "	5	170t 270T	4.3637	0.00
13) mezzi d'opera	5	170t 390T	12.2200	0.00
14) autobus	2	40s 80s	1.0560	0.21
15) " "	2	60s 100s	2.6772	0.00
16) " "	2	50s 80s	1.143612	0.00
				0.21

$$C_{SN} = \sum(n_i \cdot C_{SNi}) = 0,21$$

Relazione tecnica sul progetto stradale

Partendo dunque dall'informazione sul traffico giornaliero medio su base annua (TGM), è possibile risalire al numero di applicazioni dell'asse di riferimento nel corso della vita utile dell'opera tramite la seguente relazione:

$$N_{8,2t} = TGM \cdot 365 \cdot F^* \cdot \%VC \cdot C_{SN} \cdot D \cdot L$$

dove:

- TGM = Traffico Giornaliero Medio su base annua (19.700: si considera il flusso più consistente); moltiplicato per 365 consente di ottenere l'informazione sul flusso di traffico annuale;
- F^* = fattore di crescita, determinabile come:

$$F^* = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

con:

- r = tasso di crescita annuale (1.23%);
- n = vita utile dell'infrastruttura.
- %VC = percentuale veicoli commerciali (3,1%);
- C_{SN} = fattore di equivalenza dell'intera flotta di veicoli commerciali (0,21);
- D = percentuale di traffico nella singola direzione (50%);
- L = percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo. Nel caso in esame, trattandosi di una strada ad una corsia per senso di marcia, è stato considerato il 100%.

Per una vita utile di 20 anni si ottiene un numero di passaggi dell'asse equivalente pari a 537.232.

9.3.2 Verifica (metodo razionale)

I metodi fondati su una valutazione "razionale", cioè "per via di calcolo", si basano sullo studio del comportamento tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione attraverso cui si perviene alla verifica di "resistenza" della sovrastruttura, intesa come la capacità della stessa di garantire adeguati livelli di servizio entro un predefinito periodo temporale (vita utile); superato questo periodo di tempo, la degradazione subita dalla pavimentazione ne rende necessario il rifacimento.

Il processo progettuale "razionale" per il dimensionamento strutturale di una pavimentazione stradale si basa principalmente sui seguenti passaggi:

- la conoscenza dei dati di traffico;
- la conoscenza delle condizioni climatiche di esercizio;
- la definizione preliminare degli spessori di ogni singolo strato;
- la scelta dei materiali da impiegare;
- il calcolo dello stato tenso-deformativo indotto dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

In particolare, la durata di una pavimentazione viene correlata al numero massimo di passaggi dell'asse standard che è in grado di sopportare prima di raggiungere il collasso strutturale. Nota pertanto la classe di traffico assunta come riferimento, si determinerà il relativo stato tenso-deformativo indotto risolvendo la sovrastruttura tramite opportuni modelli di calcolo. Si evidenzia che la vita utile della pavimentazione non esclude la necessità di interventi manutentivi non strutturali relativi al ripristino delle condizioni superficiali di regolarità ed aderenza. È opportuno sottolineare che non si tratta di metodi puramente razionali, in quanto l'empirismo non è del tutto eliminato: vi si rifà infatti per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali e per lo studio delle leggi di degrado.

TRAFFICO DI PROGETTO

§ par.7.3.1. Dal calcolo si perviene ad un numero di passaggi dell'asse di riferimento pari a 537.232.

CONDIZIONI CLIMATICHE

Le proprietà meccaniche di alcuni materiali impiegati nella realizzazione delle pavimentazioni stradali (conglomerati bituminosi) risentono fortemente delle variazioni di temperatura, poiché essa influenza i valori del modulo complesso. Risulta necessario dunque suddividere l'anno in periodi caratterizzati da una temperatura media dell'aria pressoché uniforme (tipicamente 4 periodi della durata di 3 mesi ciascuno, corrispondenti alle 4 stagioni).

Nel caso in esame ci si è riferiti alle situazioni climatiche medie dell'Italia Centrale suggerite dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali; nella tabella sottostante è riportata una sintesi della tabella presente nel Catalogo.

Periodo	[°C]	[°F]
Inverno	4,5	40,1
Primavera	11,5	52,7
Estate	22	71,6
Autunno	14	57,2

PAVIMENTAZIONE PROPOSTA

Si rimanda al paragrafo 7.1.

PARAMETRI DI CALCOLO ASSUNTI

I metodi razionali per il calcolo delle pavimentazioni, come detto, si basano sulla determinazione dello stato tenso-deformativo all'interno della sovrastruttura stessa.

Lo schema di riferimento è quello del multistrato elastico, caratterizzato da una serie di strati di spessore predefinito al di sopra di un semispazio elastico. Le ipotesi alla base di tale modello sono le seguenti:

- materiali elastici, omogenei ed isotropi;
- spessore costante dei singoli strati;
- sottofondo considerato come semispazio;
- perfetta aderenza tra gli strati;
- i carichi applicati sono considerati circolari (impronta di carico circolare con pressione uniforme).

Al fine di poter procedere al calcolo tenso-deformativo, risulta dunque necessario assegnare, ai diversi strati, dei parametri meccanici che meglio rappresentino il loro comportamento sotto carico.

- Per il sottofondo si è fatto ricorso al valore intermedio presente nel Catalogo delle Pavimentazioni Italiane, corrispondente a 90 MPa.
- Il modulo dello strato di fondazione in misto granulare è stato stimato in riferimento alla relazione proposta da Shell Institute, secondo cui il modulo dello strato in misto granulare è influenzato dallo spessore dello strato stesso e dal modulo del sottofondo:

$$E_{mg} = 0,2 \cdot h_{mg}^{0.45} \cdot E_{sf}$$

dove:

- E_{mg} = modulo elastico dello strato in misto granulare;
- h_{mg} = spessore dello strato in misto granulare (20 cm);
- E_{sf} = modulo elastico del sottofondo (90 MPa).

Si ottiene dunque un valore di E_{mg} pari a 234 MPa.

- Per gli strati in conglomerato bituminoso è necessario ricorrere a formulazioni empiriche che consentano di stimare il modulo complesso del materiale partendo da informazioni circa le proprietà meccaniche del bitume (penetrazione e temperatura di rammollimento), la volumetria della miscela e la temperatura della pavimentazione (ricavabile dalle informazioni sulla temperatura dell'aria).

I parametri meccanici adottati per i diversi strati della pavimentazione sono riportati nella tabella seguente:

Relazione tecnica sul progetto stradale

Modulo elastico [Mpa]				
	inverno	primavera	estate	autunno
Usura	8784	5147	1353	4031
Binder	8866	5357	1577	4267
Base	8945	5565	1815	4503
Fondazione	234			
Sottofondo	90			
Coeff. Poisson				
Usura	0.35			
Binder	0.35			
Base	0.35			
Fondazione	0.40			
Sottofondo	0.45			

VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE

Una volta fissati i parametri di calcolo, è possibile determinare lo stato tenso-deformativo all'interno della pavimentazione mediante il software BISAR. Ottenuta la risposta della pavimentazione sotto carico, è necessario correlarla alla performance della pavimentazione stessa; ciò è possibile mediante le Leggi di Degrado.

In riferimento a specifici ammaloramenti della pavimentazione, si determina il numero di passaggi dell'asse standard che porta a condizioni ultime la pavimentazione relativamente al fenomeno di degrado considerato. Tale numero di passaggi "consentiti" (N_c) è poi paragonato al numero di passaggi "previsto" (N_p) al fine di verificare la pavimentazione di progetto; la pavimentazione risulterà verificata se il rapporto tra N_p e N_c è minore di 1.

Le verifiche devono essere condotte in riferimento ai periodi in cui è stato suddiviso l'anno; nel caso in esame è stata prevista una ripartizione omogenea del traffico nei 4 periodi considerati. La verifica sarà dunque del tipo:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k}\right)}{N_i} \leq 1$$

La pavimentazione manifesterà un certo numero di applicazioni dell'asse standard che la porta in condizioni ultime in termini dei diversi fenomeni di degrado associati ai diversi strati; la verifica dovrà essere condotta sulla base della condizione più gravosa, ossia del fenomeno di degrado che si sviluppa in corrispondenza del minor numero di applicazioni dell'asse standard.

I risultati delle diverse verifiche sono riportati nella seguente tabella:

Relazione tecnica sul progetto stradale

VERIFICHE			
	Conglomerato Bituminoso	Misto Granulare	Sottofondo
N_p/N_c inverno	0.0129	0.0000	0.0040
N_p/N_c primavera	0.0245	0.0003	0.0089
N_p/N_c estate	0.0793	0.0833	0.0386
N_p/N_c autunno	0.0319	0.0014	0.0122
N_p/N_c TOT	0.1487	0.0850	0.0637
	VERIFICATA	VERIFICATA	VERIFICATA

Dai risultati delle diverse verifiche si può notare come la pavimentazione proposta risulti ben dimensionata; infatti, il rapporto tra i cicli di carico previsti e i cicli di carico a rottura, per ciascuno strato, si mantiene al di sotto dell'unità.

La legge di degrado che mette in luce la maggiore criticità è quella relativa alla rottura per fatica degli strati in conglomerato bituminoso.

Si può concludere dicendo che la pavimentazione proposta risulta verificata essendo in grado di sopportare un numero di cicli di carico di assi standard da 8,2 t superiore a quello previsto per i primi 20 anni di esercizio.