GRUPPO FS ITALIANE

Direzione Tecnica

S.S. n°1 AURELIA
VARIANTE ALL'ABITATO DI IMPERIA
LOTTO 1
DA SVINCOLO TORRENTE PRINO A SVINCOLO IMPERO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. GE271

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA: PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.

MANDANTI: delta ingegneria; VIA INGEGNERIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:
Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Pro Iter Srl
Ordine Geologi Regione Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Ing. Matteo Di Girolamo – Società VIA Ingegneria Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. n° 15138

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:
Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO: DATA:

IL PROGETTISTA:
Ing. Massimo Capasso – Società VIA Ingegneria Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A 26031

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO – DOTT.ING. FORMICHI RICCARDO – Sez.A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione – n°A 18045

ING. MASSIMO CAPASSO – ORDINE INGEGNERI ROMA – A 26031 – settore a-b-c

05 PROGETTO STRADALE

05.01 – Ambito Generale

Relazione tecnica del progetto stradale

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: DPGE2710 – LIV. PROG.: D – 23	T00PS00TRARE01B		
	CODICE ELAB.: T00PS00TRARE01	B	–

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
D					
C					
B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS PER AVVIO PROCEDURA VIA	MAG 2024	F.DOSMI	M. CAPASSO	R. FORMICHI
A	EMISSIONE	GEN 2024	F.DOSMI	M. CAPASSO	R. FORMICHI

INDICE

1 PREMESSA 5
1.1 Generalità del Progetto 5
1.2 Dati del progetto 7
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 13
2.1 Nota sui riferimenti normativi 14
3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO 16
3.1 La suddivisione in tratte 16
3.2 Descrizione del tracciato 17
3.3 Caratteristiche geometriche e sezioni tipo 21
3.4 Svincoli e viabilità secondarie 22
4 VERIFICHE DELLA RISPONDENZA AL D.M. 05/11/2001 23
4.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO 23
4.1.1 Rettifili 23
4.1.2 Curve circolari 23
4.1.3 Curve a raggio variabile 24
4.1.4 Verifiche planimetriche 26
4.1.5 Allargamento della carreggiata in curva 27
4.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO 27
4.2.1 Livellette 27
4.2.2 Raccordi verticali 28
4.2.2.1 Convessi (Dossi) 28
4.2.2.2 Concavi (Sacche) 29
4.2.3 Verifiche altimetriche 29
4.3 PENDENZE TRASVERSALI DELLA PIATTAFORMA 31
4.4 DIAGRAMMI DI VELOCITÀ 31
4.5 VERIFICHE DI VISIBILITÀ 32
4.5.1 Distanza di visibilità per l'arresto 33
4.5.2 Allargamenti per visibilità 33
4.5.3 Distanza di visibilità per il sorpasso 33
4.6 COORDINAMENTO PLANO-ALTIMETRICO 34
5 INTERSEZIONI 35
5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE INTERSEZIONI 35
5.1.1 Rotatorie 35

5.1.2 Visibilità delle intersezioni a raso 36
5.2 ROTATORIA AURELIA 37
5.2.1 Descrizione 37
5.2.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 38
5.2.2.1 Verifiche geometriche 38
5.2.2.2 Verifiche funzionali 40
5.3 ROTATORIA PRINO 40
5.3.1 Descrizione 40
5.3.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 41
5.3.2.1 Verifiche geometriche 41
5.3.2.2 Verifiche funzionali 42
5.4 ROTATORIA IMPERIA OVEST 42
5.4.1 Descrizione 42
5.4.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 45
5.4.2.1 Verifiche geometriche 45
5.4.2.2 Verifiche funzionali 47
5.5 ROTATORIA CARAMAGNA 47
5.5.1 Descrizione 47
5.5.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 48
5.5.2.1 Verifiche geometriche 48
5.5.2.2 Verifiche funzionali 49
5.6 ROTATORIA ARTALLO 49
5.6.1 Descrizione 49
5.6.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 50
5.6.2.1 Verifiche geometriche 50
5.6.2.2 Verifiche funzionali 51
5.7 ROTATORIA BAITÈ 51
5.7.1 Descrizione 51
5.7.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 52
5.7.2.1 Verifiche geometriche 52
5.7.2.2 Verifiche funzionali 53
5.8 ROTATORIA IMPERO 54
5.8.1 Descrizione 54
5.8.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 54
5.8.2.1 Verifiche geometriche 54

5.8.2.2 Verifiche funzionali 55
5.9 ROTATORIA COL DI NAVA 56
5.9.1 Descrizione 56
5.9.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006 56
5.9.2.1 Verifiche geometriche 56
5.9.2.2 Verifiche funzionali 58
6 VIABILITA' SECONDARIE 59
6.1 Via Poggi 59
6.2 Via Aicardi 60
6.3 Via Poggi Nord 61
6.4 Via Giovanni Ballestra Sud 63
6.4.1 Andamento planimetrico e altimetrico 64
6.4.2 Diagramma di velocità 65
6.4.3 Verifiche di visibilità 65
6.5 Nuovo accesso Polizia 67
6.5.1 Andamento planimetrico e altimetrico 68
6.5.2 Diagramma di velocità 68
6.5.3 Verifiche di visibilità 68
6.6 Via Tommaso Littardi 70
6.6.1 Andamento planimetrico e altimetrico 71
6.6.2 Diagramma di velocità 71
6.6.3 Verifiche di visibilità 72
6.7 Via Marte 72
6.7.1 Andamento planimetrico e altimetrico 73
6.7.2 Diagramma di velocità 73
6.7.3 Verifiche di visibilità 74
6.8 Via Terzieri 75
6.8.1 Andamento planimetrico e altimetrico 76
6.8.2 Diagramma di velocità 76
6.8.3 Verifiche di visibilità 77
6.9 Via Lorenzo Acquarone 78
6.10 Via Artallo Ovest 79
6.11 Via Artallo Sud 80
6.12 Strada San Benedetto 81

6.13 Via Giovanni Strato 82
6.13.1 Andamento planimetrico e altimetrico 82
6.13.2 Diagramma di velocità 83
6.13.3 Verifiche di visibilità 83
6.14 Nuovo accesso al campo sportivo da rugby 86
6.15 Strada privata Villaggio Verde 87
6.16 Via Ponte Vecchio Nord 89
6.16.1 Andamento planimetrico e altimetrico 89
6.16.2 Diagramma di velocità 89
6.16.3 Verifiche di visibilità 90
6.17 Via Ponte Vecchio Sud 91
6.17.1 Andamento planimetrico e altimetrico 92
6.17.2 Diagramma di velocità 92
6.17.3 Verifiche di visibilità 93
6.18 Verifiche rispondenza al D.M. 05/11/2001 94
6.18.1 Andamento planimetrico 94
6.18.2 Andamento altimetrico 97
7 PAVIMENTAZIONE STRADALE 98
7.1 PREMESSA 98
7.2 METODO AASHTO 98
7.2.1 Valutazione del traffico veicolare 98
7.2.2 Numero dei passaggi di veicoli commerciali previsto alla fine della "Vita utile" 99
7.2.3 Indice Strutturale (o Structural Number) SN della pavimentazione 101
7.2.4 Affidabilità percentuale R1 e fattore di Affidabilità Zr 104
7.2.5 Portanza del sottofondo 105
7.2.6 Numero massimo di passaggi di assi equivalenti da 8,2 ton. 105
7.2.7 Verifica della pavimentazione – Fattore di sicurezza a fatica FS 106
7.3 ASSE PRINCIPALE E RAMPE DI SVINCOLO 106
7.4 STRADE SECONDARIE 110
8 ALLEGATI 113
8.1 ASSE PRINCIPALE 113
8.1.1 Tabulato di tracciamento 113
8.1.2 Profilo longitudinale – dati 121

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto definitivo del "*1° lotto funzionale della Variante della SS. n°1 Aurelia all'abitato di Imperia"*, dallo svincolo ad ovest sulla S.S. n° 1 denominato "svincoli Aurelia" allo Svincolo Impero, a valle dell'attraversamento dell'omonimo corso d'acqua, di collegamento tra la variante dell'Aurelia e la Strata Statale n°28 del "Col di Nava".

1.1 Generalità del Progetto

Detto lotto rappresenta la prima fase di attuazione dell'Adeguamento della SS 28 "Colle di Nava, di cui la variante di Imperia ne rappresenta un sub-intervento funzionale per il collegamento della SS.28:

- al sistema autostradale mediante i caselli Est e Ovest di Imperia,
- alla SP n. 1 Aurelia ed alla viabilità di distribuzione verso l'hinterland ligure, permettendo di fatto di evitare l'attraversamento del centro cittadino.

L'opera, nel suo complesso, prevedeva uno sviluppo di 11,380 Km, con 7 svincoli, 3 ponti, 8 viadotti, un ponte/viadotto e 9 gallerie.

Per l'intervento in esame in data 5 Maggio 2003, con nota Prot. n. DPP/ Seg. 01152, è stato presentato al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ed a tutte le Amministrazioni ed Enti interferiti, da parte del Soggetto Aggiudicatone ANAS S.p.A. il progetto Preliminare, corredato dello Studio di Impatto Ambientale, per la sua approvazione ai sensi degli Artt. 2, 3 ,5 , secondo le procedure previste del D.Lgs. 190/02 in attuazione della Legge 443/01 (Legge Obiettivo).

Con Delibera n° 869 del 25/07/2003, trasmessa al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con nota Prot. n. 115712 / 845 del 11/08/03, la **Regione Liguria** ha espresso parere favorevole sull'opera in parola, pur tenendo conto delle prescrizioni di carattere ambientale ed urbanistico – territoriale alle quali il Soggetto Aggiudicatore dovrà attenersi nella fase di progetto definitivo.

Il **Ministero per i Beni e le Attività Culturali**, Direzione Generale per i Beni Architettonici ed il Paesaggio, con nota Prot. ST/407/18694/ del 27 Maggio 2004, in ordine alla richiesta di pronuncia di compatibilità ambientale presentata da ANAS S.p.A. sull'opera, ha espresso parere favorevole con prescrizioni.

Il **Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** con la "Relazione istruttoria con proposta di approvazione" nell'ottobre 2004 ha proposto l'approvazione con prescrizioni del Progetto Preliminare dell'intervento di cui trattasi.

Ai sensi e per gli effetti degli arti. 3 e 18 del D. Lgs. 20 agosto 2002 n. 190, e dell'art. 10 del D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327, la predetta approvazione comporta l'attestazione di compatibilità ambientale, la localizzazione dell'opera e l'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio per le aree interessate dalla stessa.

Il **CIPE** con delibera del 20 dicembre 2004 ha approvato il progetto preliminare con prescrizioni per quanto riguarda il tratto compreso tra lo svincolo di innesto ad ovest sull'attuale Aurelia e lo svincolo di San Pietro.

Per quanto riguarda invece il tratto compreso tra lo svincolo di San Pietro e l'innesto sull'Aurelia ad est la Delibera CIPE ha previsto "lo stralcio e la riproposizione dello stesso unitamente al progetto definitivo dell'intera infrastruttura, al fine di consentire gli opportuni approfondimenti progettuali riguardanti la salvaguardia dei siti archeologici ed il superamento dell'interferenza con l'esistente ferrovia".



Figura 1-1 - corografia del progetto preliminare 2004 approvato dal CIPE

Nel febbraio 2010 è stata avviata la progettazione definitiva finalizzata alla gara d'appalto per lavori di realizzazione dell'intervento secondo la formula dell'Appalto integrato, conclusasi nel 2012 con l'approvazione in linea tecnica il progetto definitivo mediante determinazione n°117 del 31 gennaio 2012 dell'Amministratore Unico dell'Anas.

In data 12/06/2012 il progetto definitivo e lo studio di impatto ambientale sono stati trasmessi al Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti - Struttura Tecnica di Missione per l'avvio delle procedure approvative di Legge Obiettivo, procedura approvativa che tuttavia non si è mai conclusa.

Nell'ambito dell'iter approvativo sul PD 2012, la Regione Liguria aveva espresso il proprio parere positivo sull'intervento, condizionando la compatibilità ambientale dell'opera al recepimento di alcune Prescrizioni al progetto presentato da ANAS.

Si specifica che, essendo un parere endoprocedimentale al procedimento Ministeriale mai conclusi, detto documento non ha carattere di cogenza per la presente progettazione, ma viene comunque assunto di indirizzo per l'approfondimento dei temi progettuali ed allegato alla presente relazione per completezza di informazione.

Similmente, sebbene la progettazione redatta nel 2012, non avendo concluso le fasi approvative, non costituisce un documento di riferimento ufficiale, i suoi contenuti sono stati considerati nello sviluppo del presente progetto, e si farà talvolta riferimento al PD 2012 a scopo di confronto o di illustrazione di alcuni interventi migliorativi proposti.

Nonostante l'interruzione dell'iter approvativo, l'opera è rimasta nella programmazione Ministeriale tra quelle prioritarie e strategiche: nel luglio 2021 l'intervento "Variante alla SS1 Aurelia bis - Variante all'abitato di Imperia" viene inserito nell'elenco nuove opere commissariate, e con DPCM del 5 agosto 2021 l'Ing. Matteo Castiglioni, dirigente di ANAS SpA, viene nominato Commissario straordinario dell'intervento.

1.2 Dati del progetto

L'intervento ha inizio nella zona ovest della città di Imperia, in corrispondenza della nuova rotatoria collocata in destra idraulica del torrente Prino, e prosegue parallelamente all'autostrada A10 (Autostrada dei Fiori) in direzione est, costeggiando l'abitato cittadino. Raggiunto in fiume Baitè l'asse si sviluppa verso nord per terminare sulla sponda sinistra idraulica del fiume Impero.

Il tracciato della variante si compone di cinque assi delimitati dalle rotatorie di progetto i cui sviluppi sono:

1. AP01: 232,1 m;
2. AP02: 631,0 m;
3. AP03: 1170,7 m;
4. AP04: 771,0 m;
5. AP05: 2283,3 m.

La lunghezza totale del tratto è di circa 5,1 km.

La piattaforma stradale è di tipo C1 (strade extraurbane secondarie), ai sensi del D.M. 5/11/2001.

Lungo il tracciato è prevista la realizzazione di num. 3 viadotti (Prino, Caramagna e Impero), per una lunghezza complessiva di circa 460 metri, oltre a num. 4 gallerie naturali (GN Monte Calvario, Costa Murata, Meriello e Bardellini) per uno sviluppo complessivo di circa 3,62 km.

È prevista la realizzazione di otto nuove rotatorie per la riconnessione della variante alla rete stradale esistente:

1. Rotatoria Aurelia;
2. Rotatoria Prino;
3. Rotatoria Imperia Ovest;
4. Rotatoria Caramagna;

5. Rotatoria Artallo;
6. Rotatoria Baitè;
7. Rotatoria Impero;
8. Rotatoria Col di Nava.

Nel seguito è riportato l'elenco delle viabilità presenti in progetto, con la loro definizione e classificazione ai sensi dell'Art. 2 Comma 2 del Codice della Strada (D.Lgs. 285/92).

Viabilità principali	Classificazione - D.Lgs. 285/92	Livello di rete - DM 05/11/2001	L [m]
AP01	C-Strada extraurbana secondaria	Rete secondaria	232,1
AP02	C-Strada extraurbana secondaria	Rete secondaria	631,0
AP03	C-Strada extraurbana secondaria	Rete secondaria	1170,7
AP04	C-Strada extraurbana secondaria	Rete secondaria	771,0
AP05	C-Strada extraurbana secondaria	Rete secondaria	2283,3

Viabilità secondarie	Classificazione - D.Lgs. 285/92	Livello di rete - DM 05/11/2001	L [m]
Aurelia			
Via G Ballestra Sud	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	480,0
Via Poggi/SP96	F – Strada locale	Rete locale	120,0
Via Aicardi	F – Strada locale	Rete locale	67,2
Prino			
Via G Ballestra Nord	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	113,8
Via Poggi_Nord	F – Strada locale	Rete locale	109,2
Imperia Ovest			
Via T Littardi	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	162,8
Accesso Polizia	F – Strada locale	Rete locale	293,3
Via Caprile	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	83,0
Accesso Casello			74,9
Caramagna			
Via Marte Sud	F – Strada locale	Rete locale	55,0
Via Terzieri	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	202,8
Via Marte	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	193,9
Artallo			
Via L Acquarone	F – Strada locale	Rete locale	254,7
Via Artallo Ovest	F – Strada locale	Rete locale	150,0
Via Artallo Sud	F – Strada locale	Rete locale	95,0
Via S. Benedetto	F – Strada locale	Rete locale	68,0
Baitè			
Via G Strato	F – Strada locale	Rete locale	300,0
Accesso campo sportivo	F – Strada locale	Rete locale	218,3
Impero			
Via Ponte Vecchio Sud	E - Strade urbane di quartiere	Rete secondaria	369,1
Via Ponte Vecchio Nord	F – Strada locale	Rete locale	423,9
Strada privata Villaggio Verde	F – Strada locale	Rete locale	163,7

Col di Nava			
SS28_Nord	F – Strada locale	Rete locale	105,9
SS28_Sud	F – Strada locale	Rete locale	

Nella medesima tabella è stata inoltre riportata la rete stradale di appartenenza, in conformità a quanto stabilito nel DM 05/11/2001.

A tal proposito si precisa che le viabilità secondarie individuate sono brevi tratti di ricucitura della rete locale, di ripristino di accessi soppressi o di strade vicinali. Pertanto, le categorie stradali di tali viabilità, secondo D.M. 05/11/2001, sono:

- Tipo E: Via Ballestra Sud, Via Ballestra Nord, Via Littardi, Via Caprile, Via Marte, Via Terzieri, Via Ponte Vecchio Sud;
- Tipo F1: Via Giovanni Strato, Via Ponte Vecchio Nord, Via Nazionale (SS28);
- Tipo F-urbana: Nuovo Accesso Polizia (Via Littardi Nord)

Le restanti viabilità minori possono considerarsi a destinazione particolare, e quindi per esse non sono applicabili i criteri progettuali legati alla "velocità di progetto", come precisato al punto 3.5 del DM 05/11/2001.

1.3 Studio Trasportistico

Rimandando per dettagli allo specifico elaborato (T00EG00GENRE02 - Relazione Trasportistica) si riportano le risultanze dello studio di traffico e le verifiche di funzionalità.

Per la ricostruzione degli scenari di massimo carico veicolare è stata condotta una campagna di rilievo a partire dai dati FCD (Floating Car Data) che definiscono in maniera precisa il punto iniziale e finale di ogni spostamento, nonché il percorso seguito da ciascun veicolo, anche con informazioni sulla tipologia di mezzo (leggero o pesante) e sulla velocità media di percorrenza. Tali dati campionari (da una flotta di oltre 4 milioni di veicoli a totale Italia) sono stati espansi all'universo ricorrendo ai dati dei transiti ai caselli della A10 presenti nell'area di studio.

La ricostruzione modellistica dello stato di fatto è stata effettuata sia per l'ora di punta della mattina di un giorno feriale medio invernale (rappresentativo degli spostamenti sistematici effettuati per lavoro) sia per l'ora di punta della sera di un giorno feriale estivo (che tiene conto anche della componente turistica e ricreativa).

Lo studio si basa su un modello di simulazione a scala macroscopica, VISUM, esteso al comune di Imperia e al territorio costiero tra Diano Marina e Arma di Taggia, il quale permette di definire i flussi di traffico attesi sulla viabilità presa in esame.

Si sono determinati i flussi circolanti su ogni arco della rete sia nello scenario SDF che nel corrispondente scenario SDP permettendo tramite i flussogrammi differenza di visualizzare in modo grafico e immediato gli effetti dell'intervento sulla redistribuzione dei flussi di traffico: la variante assolve sia al compito di deviare

dalla rete cittadina i flussi di attraversamento dalla SS28 del Colle di Nava all'estremo ponente (SS1 e A10) sia la compito di fornire nuove modalità di ingresso e uscita dall'abitato di Imperia permettendo l'aggiramento di porzioni dell'abitato per raggiungerne direttamente altre dalle viabilità esterne e dall'autostrada.

La macro-simulazione ha inoltre permesso di stimare il TGM, propedeutico agli studi fonometrici, al dimensionamento della pavimentazione e dei dispositivi di ritenuta, distinto per veicoli leggeri e pesanti, di tutti gli archi stradali componenti l'intervento in progetto.

1.3.1 STIMA DEL TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO

A partire dagli andamenti orari giornalieri in possesso degli estensori dello studio di Traffico, per l'area di studio, sono stati calcolati i valori di Traffico Giornaliero Medio (TGM), i TGM diurni e notturni, relativi ai singoli archi stradali.
In particolare, si è fatto riferimento ai dati di transiti ai caselli A10 dell'area di studio, utilizzati anche per l'espansione del dato FCD per la ricostruzione dello scenario SDF.



Figura 2 – numerazione tratte per TGM

TRATTA	TGM BIDIREZIONALE			%
	LEGGERI	PESANTI	TOTALE	PESANTI
1	10945	1732	12677	13.7%
2	4808	759	5567	13.6%
3	6121	939	7059	13.3%
4	9553	845	10398	8.1%
5	15208	941	16149	5.8%
6	11129	603	11732	5.1%
7	16285	956	17241	5.5%

Tabella 1 – valori TGM per tratta

Analogamente a quanto si riscontra per l'ora di punta, anche a totale giorno le tratte con flussi più elevati sono quelle d'estremità sia a ponente che a nord, la presenza di una maggiore quota di pesanti sulle tratte 1 – 3 si spiega con il fatto che queste sono direttamente connesse al casello A10 e quindi verranno utilizzate da tali veicoli per raggiungere l'autostrada.

1.3.2 Verifiche funzionali

Sono state eseguite verifiche funzionali sulle 8 intersezioni a rotatoria presenti lungo il tracciato progettuale: **data la limitata lunghezza delle tratte di nuova viabilità comprese tra le rotatorie e l'andamento "spezzato" del percorso che non garantisce condizioni di libero deflusso, si ritiene che il livello di servizio globale della nuova infrastruttura dipenda strettamente da quello delle intersezioni**; si tralascia quindi la verifica delle tratte stradali, per le quali non sussistono i presupposti per applicare il metodo HCM, limitando l'analisi funzionale alle sole intersezioni.

Le verifiche delle intersezioni sono state eseguite tramite 2 differenti metodologie, una più aderente a quanto proposto dal manuale HCM per tali intersezioni, l'altra basata sul software Girabase che tratta la rotatoria come un unicum invece che come una successione di intersezioni semplici slegate tra loro. Entrambi i metodi di verifica restituiscono livelli di servizio simili e assolutamente in linea (massimo LdS C) con quanto previsto dalla normativa per una viabilità extraurbana secondaria quale la variante oggetto dello studio.
Da tutte le analisi condotte si può pertanto concludere che le infrastrutture viarie esistenti e di progetto sono in grado di supportare il carico veicolare previsto all'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto, con un generale beneficio per la circolazione e in generale per il centro abitato rispetto alla situazione attuale.

Nella successiva tabella si riporta la sintesi della riserva di capacità dei rami delle rotatorie analizzate con il metodo Girabase e quindi il livello di servizio, relativamente a tutti gli scenari progettuali simulati.

ROTATORIA	SCENARIO	MATRICE [veic]	RISERVA DI CAPACITA' DI RAMO [%]					VALORE MINIMO	Saturazione	LDS
			1	2	3	4	5			
ROT 1	SDP INVERNO	2254	54%	83%	96%	50%	-	50%	50%	B
	SDP ESTATE	2048	75%	69%	90%	60%	-	60%	40%	B
ROT 2	SDP INVERNO	678	81%	95%	98%	-	-	81%	19%	A
	SDP ESTATE	624	93%	86%	97%	-	-	86%	14%	A
ROT 3	SDP INVERNO	1440	90%	75%	86%	83%	71%	71%	29%	A
	SDP ESTATE	1378	86%	70%	73%	88%	90%	70%	30%	A
ROT 4	SDP INVERNO	1096	90%	81%	81%	86%	-	81%	19%	A
	SDP ESTATE	1125	99%	72%	81%	90%	-	72%	28%	A
ROT 5	SDP INVERNO	1841	52%	86%	77%	64%	-	52%	48%	B
	SDP ESTATE	2327	41%	47%	68%	67%	-	41%	59%	C
ROT 6	SDP INVERNO	1421	65%	71%	89%	-	-	65%	35%	B
	SDP ESTATE	1641	54%	68%	74%	-	-	54%	46%	B
ROT 7	SDP INVERNO	1618	56%	77%	84%	-	-	56%	44%	B
	SDP ESTATE	1580	54%	82%	86%	-	-	54%	46%	B
ROT 8	SDP INVERNO	2125	58%	64%	88%	-	-	58%	42%	B
	SDP ESTATE	2431	49%	59%	81%	-	-	49%	51%	B

Tabella 2 – Risultati di sintesi delle riserve capacitive delle rotatorie e LdS

Di seguito sono presentati i risultati in termini di livello di servizio delle intersezioni indagate nei 2 periodi di punta considerati. Si prende come livello di servizio della rotatoria quello più alto dei rami che la compongono.

LOS INVERNO						
	RAMO 1	RAMO 2	RAMO 3	RAMO 4	RAMO 5	SINTESI
ROT1	C	A	A	B	-	C
ROT2	A	A	A	-	-	A
ROT3	A	A	A	A	A	A
ROT4	A	A	A	A	-	A
ROT5	B	A	A	A	-	B
ROT6	A	A	A	-	-	A
ROT7	C	A	A	-	-	C
ROT8	A	A	A	-	-	A

Tabella 3 – risultati metodo HCM OdP invernale

LOS ESTATE						
	RAMO 1	RAMO 2	RAMO 3	RAMO 4	RAMO 5	SINTESI
ROT1	A	B	A	A	-	B
ROT2	A	A	A	-	-	A
ROT3	A	A	A	A	A	A
ROT4	A	A	A	A	-	A
ROT5	C	C	B	A	-	C
ROT6	A	A	A	-	-	A
ROT7	C	A	A	-	-	C
ROT8	A	B	A	-	-	B

Tabella 4 – risultati metodo HCM OdP estiva

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è stata eseguita nel rispetto della normativa vigente:

- D.L. 30.04.1992 n.285: "Nuovo Codice della Strada" 8G.U. 18.05.1992 n.114 suppl.) Modificato ed integrato dal D.L. 10.10.1993 n.360 (G.U. 15.09.1993 n.217 suppl.);
- D.P.R. 16.12.1992 n.495: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" (G.U. 28.12.1992 n.303 suppl.);
- D.P.R. 16.09.1996 n.610: "Regolamento recante modifiche al D.P.R. 16.12.1992 n.495, concernente il regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della strada" e s.m.i.;
- D.M. 05.11.2001: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 22.04.2004 "Modifica del decreto 05.11.2001 n.6792, relativo alle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- CNR B.U. n.77 del 5/5/80 "istruzioni per la redazione dei progetti stradali";
- CNR B.U. n.178 del 15/9/95: "Catalogo delle pavimentazioni stradali";
- L. 29 luglio 2010 n.210 – Disposizioni in materia di sicurezza stradale;
- Direttiva LL.PP. 24.10.2000 – Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'istallazione e la manutenzione (G.U.28.12.2000 n.301);
- D.M. 18.02.1992 n.223 "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza "e s.m.i;
- Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 3065 del 25.08.2004: "Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".
- D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04): "Aggiornamento alle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale".
- Circolare Ministero dei Trasporti del 15.11.2007: "Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004".
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.07.2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".
- Norme UNI EN 1317: "Barriere di sicurezza stradali":
  - ✓ UNI EN 1317-1:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova";

- ✓ UNI EN 1317-2:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari";
- ✓ UNI EN 1317-3:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto";
- ✓ UNI ENV 1317-4:2003: "Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza";
- ✓ UNI EN 1317-5:2012 "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli".

- DM 28.06.2011 (G.U. n. 233 del 6.10.2011): "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale".

2.1 Nota sui riferimenti normativi

La progettazione stradale del nuovo asse principale (*Aurelia bis*) è stata redatta nel pieno rispetto della Normativa cogente, ovvero in ottemperanza al D.M. del 5 Novembre 2001 n° 6792 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".*

Il progetto dei tratti stradali correlati e/o interferenti con l'asse principale e configurabili come "riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti" è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal D.M. n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente D.M. del 5.11.2001, prot. 6792 oltre al rapporto a carattere prenormativo "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti ", bozza del 21 marzo 2006.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della Norma, pertanto, il progetto di adeguamento della viabilità esistente è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con la citata normativa, cercando le soluzioni tecnico-geometrico che potessero garantire il raggiungimento di tale obbiettivo. In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento di ampliamento.

La progettazione "ex-novo" delle intersezioni è stata condotta nel pieno rispetto del Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale ha introdotto i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.). Analogamente per l'adeguamento delle intersezioni esistenti la suddetta norma è

stata presa a riferimento laddove si è intervenuti a modificare le attuali geometrie in relazione alla mutata larghezza della piattaforma stradale.

3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

Il tracciato proposto nel progetto definitivo è scaturito principalmente dall'analisi e dal recepimento delle prescrizioni contenute nella delibera di approvazione CIPE e dalle indicazioni fornite dagli enti Locali (Comune di Imperia e Regione Liguria) nell'ambito delle interlocuzioni intercorse nella fase di avvio della progettazione

3.1 La suddivisione in tratte



Figura 3-1 - Suddivisone del progetto in tratte

Il Progetto stradale è stato suddiviso nei seguenti tratti planimetrici a ciascuno dei quali è stata assegnata un proprio sistema di progressive che partono e terminano in corrispondenza del centro delle rotatorie di inizio e fine tratto:

1) Tratto 1 (L=690 m circa): tratto che si estende dalla foce del Torrente Prino fino alla connessione con il casello "Imperia Ovest" dell'Autostrada A10 "dei Fiori";
2) Tratto 2 (L=690 m circa): si estende a partire dal tratto precedente fino al Torrente Caramagna;

3) Tratto 3 (L=1120 m circa): ha origine dal Torrente Caramagna fino alla località Artallo;
4) Tratto 4 (L=800 m circa): si estende dal tratto precedente e termina in prossimità della località Baitè;
5) Tratto 5 (L=2280 m circa): ha origine dalla località Baitè e termina in corrispondenza della viabilità esistente S.S. 28 *"del Colle di Nava"* in sinistra orografica del Torrente Impero a tergo del concentrico cittadino;

subito da evidenziare che lungo tutto lo sviluppo dell'asse principale sono state riviste e riqualificate sia le eventuali intersezioni con le viabilità esistenti interferite, sia gli eventuali accessi privati alle civili abitazioni che via via si incontrano lungo il tracciato stesso.

Suddette intersezioni, che saranno descritte in modo più esauriente nel seguito, sono state progettate al fine di potenziare il sistema di adduzione alla rete principale/autostradale e di ridurre i traffici interni alle aree edificate.

La piattaforma stradale è di tipo C1 (strade extraurbane secondarie), ai sensi del D.M. 5/11/2001. Lungo il tracciato è prevista la realizzazione di num. 3 viadotti (Prino, Caramagna e Impero), per una lunghezza complessiva di circa 460 metri, oltre a num. 4 gallerie naturali (GN Monte Calvario, Costa Murata, Meriello e Bardellini) per uno sviluppo complessivo di circa 3,62 km.

È prevista la realizzazione di otto nuove rotatorie per la riconnessione della variante alla rete stradale esistente:

1. Rotatoria Aurelia;
2. Rotatoria Prino;
3. Rotatoria Imperia Ovest;
4. Rotatoria Caramagna;
5. Rotatoria Artallo;
6. Rotatoria Baitè;
7. Rotatoria Impero;
8. Rotatoria Col di Nava.

3.2 Descrizione del tracciato

La *variante all'abitato di Imperia* (*S.S. 1 bis* o *Aurelia Bis*) presenta giacitura prevalente ovest-est e si sviluppa complessivamente per circa 10 km (10.021,80 m). Esso si propone di realizzare un itinerario in variante classificato come strada extraurbana secondaria di tipo "C1" secondo il D.M. 5/11/2001 (Vp=60÷100 km/h) ad una corsia per senso di marcia.

L'intero tracciato (chiamato in seguito *asse principale*) parte da Ovest collegandosi, in Comune di Imperia, all'esistente S.S. n. 1 "Aurelia" in prossimità della foce del Torrente Prino e, aggirando a nord l'abitato imperiese, termina in corrispondenza del torrente Impero, collegandosi alla S.S. n. 28 "Col di Nava" in prossimità del KM 138.

Il <u>Tratto 1</u> dell'asse principale collega, in prossimità della foce del Torrente Prino, l'esistente S.S. n. 1 "Aurelia" con il casello "Imperia Ovest" dell'Autostrada A10 *"dei Fiori"*: lo sviluppo di questo tratto è la somma di due rami distinti inframezzati dalla rotatoria "Prino" per complessivi 698.89 m.

Il tratto in oggetto tra la rotatoria Aurelia e la rotatoria Prino segue, come detto, il sedime di Via Ballestra, che costeggia l'argine fluviale, salvo discostarsene verso la fine per ricollegarsi alla rotatoria Prino che si trova ad una quota superiore onde consentire lo scavalco del torrente.

Il tratto tra la rotatoria Prino e la rotatoria Imperia Ovest presenta una prima parte rettilinea, lungo la quale si trova il ponte ad arco sul Prino, seguita da una curva di approccio alla rotatoria. Il tracciato è stato ottimizzato per evitare interferenze con il diffuso edificato presente nella zona. La rotatoria "Imperia Ovest" da accesso all'A10 per mezzo dell'omonimo casello.

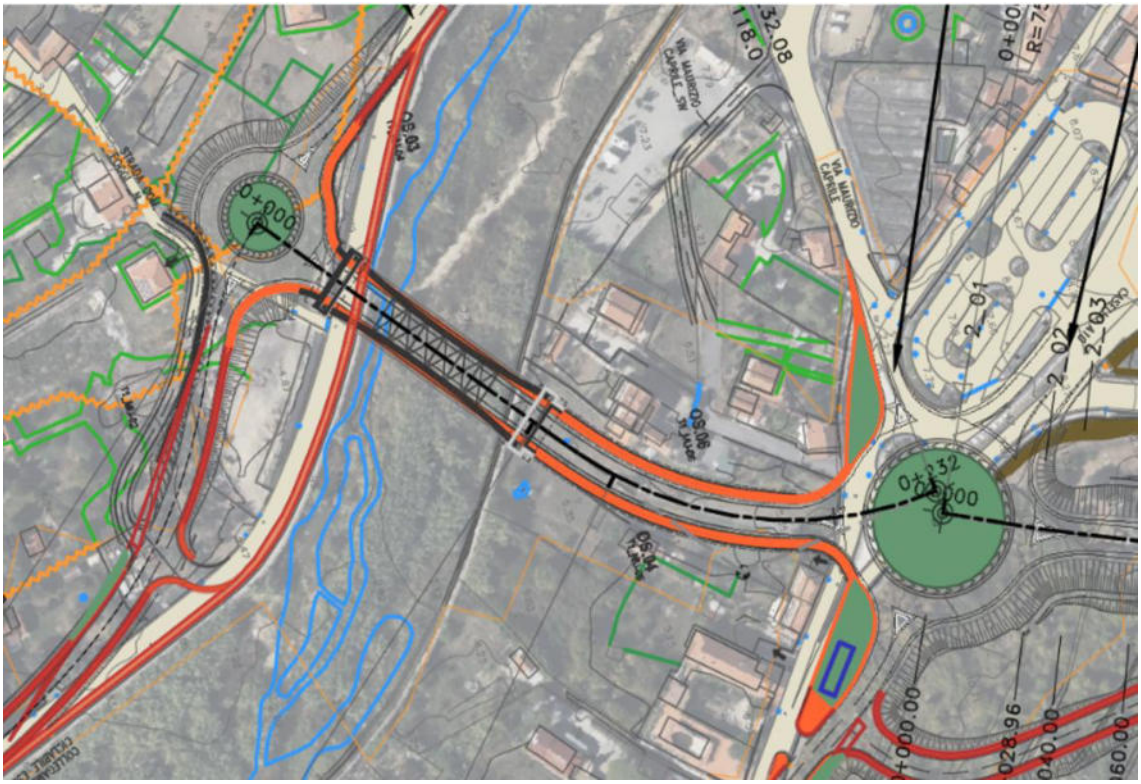


Figura 3-2 - planimetria tratto di attraversamento al torrente prino

Il <u>Tratto 2</u> dell'asse principale (L=690 m circa) collega lo svincolo "Imperia Ovest" dell'Autostrada A10 "*dei Fiori*", con la località Caramagna (località che prende il nome dal torrente omonimo) posta nell'entroterra dell'abitato imperiese (B.go San Maurizio).

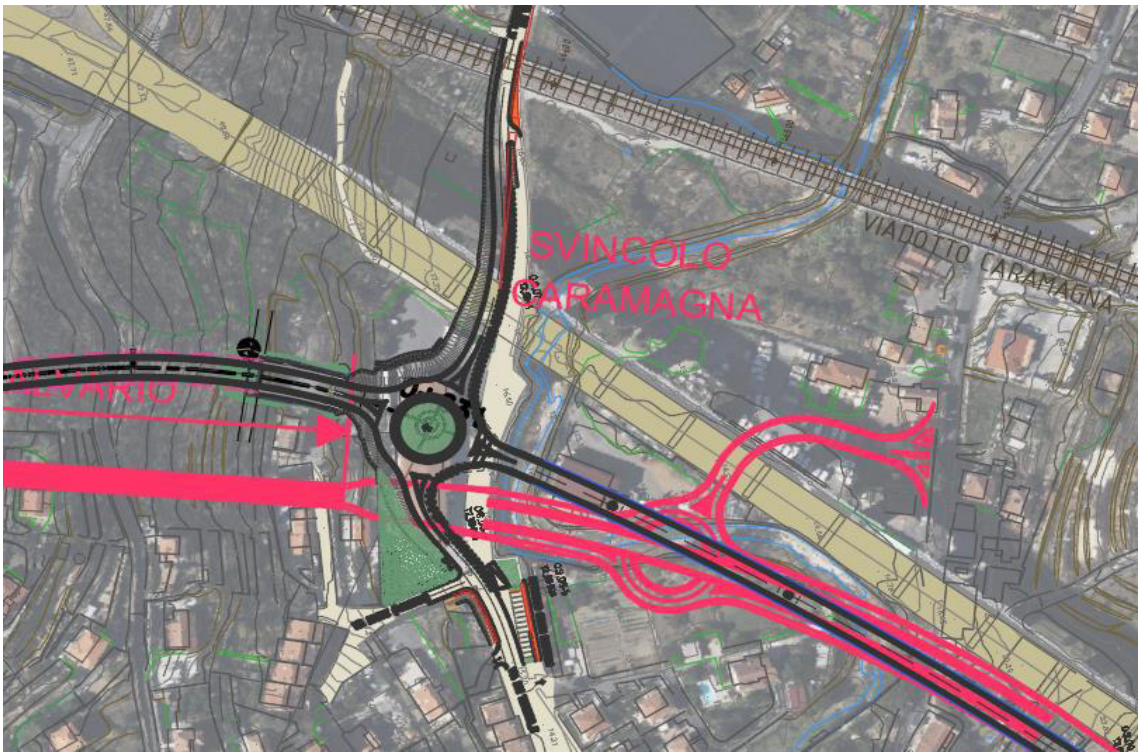


Figura 3-3 - Planimetria di confronto svincolo Caramagna PP2004 e PD 2024

Percorrendo il tracciato secondo l'ordine crescente delle progressive, questi presenta dapprima una curva destrorsa di grande raggio (750 m), quindi, dopo un rettifilo, una curva in sinistra di raggio minore (300m) che da accesso alla rotatoria "Caramagna"; dal punto di vista altimetrico presenta un andamento crescente monotono (livelletta con pendenza p=2.70%). Esso attraversa per quasi tutto il suo sviluppo longitudinale il Monte Calvario mediante la realizzazione di una galleria di lunghezza pari a 462.00 m (Galleria Monte Calvario).

La posizione e la geometria della rotatoria Caramagna è definita con riferimento alla compatibilità idraulica dell'opera nel suo insieme per il tratto interessante l'ambito fluviale, area di svincolo e ponte di attraversamento dell'alveo attivo dell'omonimo torrente.

Il <u>Tratto 3</u> dell'asse principale collega la località Artallo, posta a tergo dell'abitato imperiese (a nord del B.go San Maurizio), con il tratto precedente (loc. Caramagna) e con lo svincolo "Imperia Ovest" dell'Autostrada A10 "*dei Fiori*". Esso è ubicato in posizione parallela al tracciato esistente dell'A.d.F. ed ha uno sviluppo complessivo di 1170.63 m.

Il tracciato riparte dalla rotatoria "Caramagna" ubicata in destra idrografica del Torrente omonimo, con una curva di grande raggio (1590 m) direttamente in soluzione di viadotto (L=290.00 m), quindi dopo una breve trincea prosegue dapprima con un lungo tratto (265 m) in galleria artificiale (onde minimizzare gli impatti visivi a mezza costa) prima del tratto di galleria naturale (360 m), per complessivi 625 m della galleria Costa

Murata) che si sviluppa in rettifilo e fuoriesce all'aperto in prossimità del tratto terminale, ovvero in prossimità dell'intersezione in rotatoria "Artallo".
Dal punto di vista altimetrico presenta un andamento crescente monotono (livelletta con pendenza del 4.0% in viadotto e del 2.55% in galleria).
La rotatoria "Artallo" è rimasta pressochè invariata rispetto alle precedenti versioni, salvo un modesto riposizionamento planoaltimetrico per motivi idraulici.

Il <u>Tratto 4</u> dell'asse principale rappresenta il collegamento est-ovest tra la località Baitè e la località Artallo; permette altresì di collegare in modo veloce e diretto gran parte dell'entroterra imperiese di ponente con lo svincolo dell'Autostrada A10 "Imperia Ovest".
È ubicato, come il tratto precedente, in posizione parallela al tracciato esistente dell'A.d.F. ed ha uno sviluppo complessivo di 798.91 m; percorrendo il tracciato secondo l'ordine crescente delle progressive, questi presenta una successione di due rettifili con interposta una curva sinistrorsa di grande raggio (R=800 m) e i relativi raccordi a raggio variabile (clotoidi).
Dal punto di vista altimetrico presenta un andamento crescente monotono (livelletta con pendenza p=2.95%).
Esso attraversa per quasi tutto il suo sviluppo longitudinale l'ammasso roccioso esistente mediante la realizzazione di una galleria di lunghezza pari a 627.50 m (Galleria Meriello).

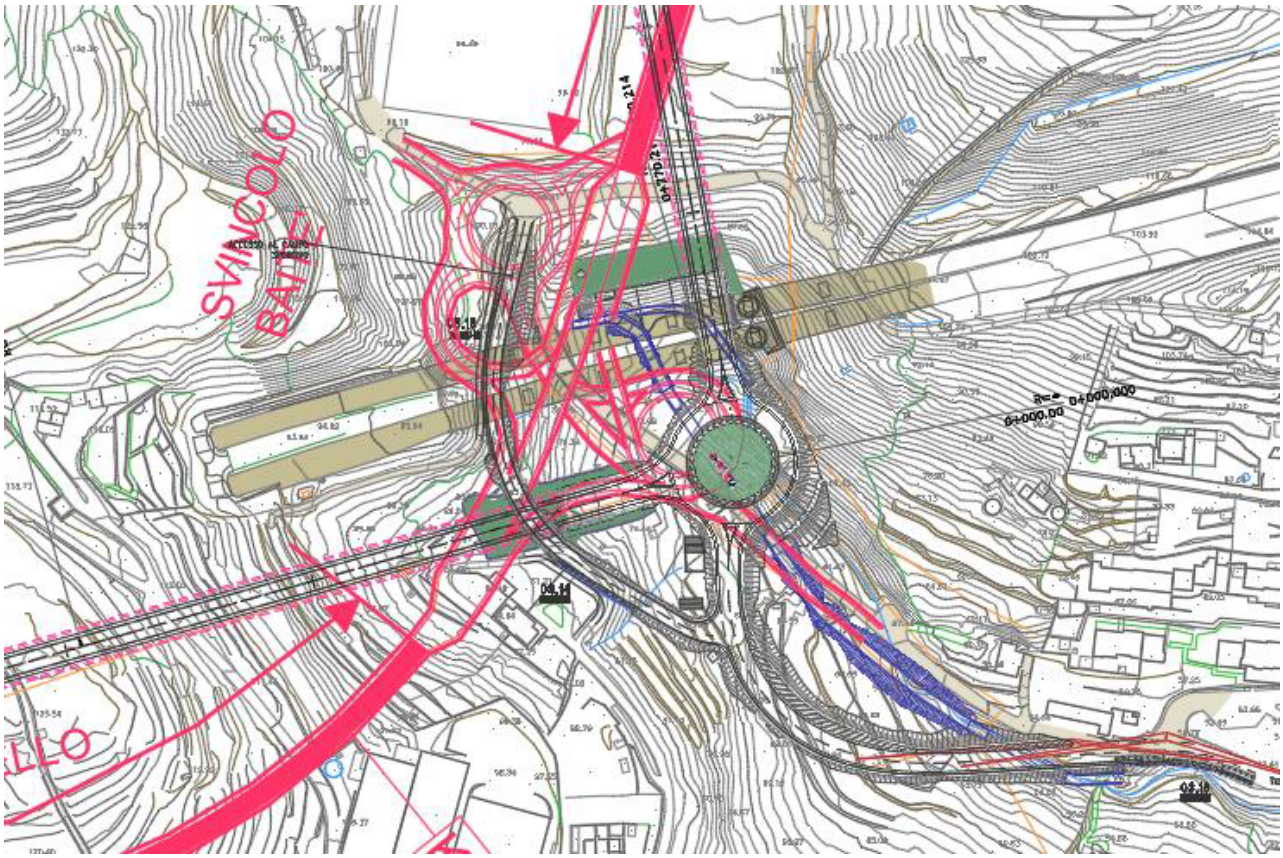


Figura 3-4 - planimetria di confronto svincolo Baitè pp2004 e pd 2024

La zona della rotatoria "Baitè" è stata oggetto di una consistente revisione a seguito dei commenti e prescrizioni. L'adozione, come spiegato in premessa, di soluzioni di intersezione a raso ha consentito una notevole semplificazione del tracciato e della intersezione; in luogo di una stretta curva (che poneva peraltro serie perplessità in termini di sicurezza, soprattutto in quanto sviluppata in galleria) e di una intersezione a dislivello tra due gallerie con tratti funzionali di immissione insufficienti, si ha con il progetto attuale un layout molto lineare.
Il cambio di direzione richiesto dal corridoio, che deve proseguire verso Nord, avviene in corrispondenza della rotatoria, che risolve anche l'intersezione con Via Giovanni Strato che costituisce la viabilità di collegamento con l'abitato.

Il Tratto 5 dell'asse principale consente di collegare in direzione sud/nord/nord-est la località Artallo con la viabilità esistente S.S. 28 *"del Colle di Nava"* ubicata in sinistra orografica del Torrente Impero a tergo del concentrico cittadino; va altresì ad implementare il futuro **collegamento diretto tra l'entroterra imperiese e lo svincolo autostradale di "Imperia Ovest", dirottando così, al di fuori del concentrico cittadino in direzione di ponente, il traffico proveniente dall'entroterra imperiese e dalla Valle Tanaro** (nel caso specifico il traffico è legato agli spostamenti turistici tra il Piemonte e la Liguria che si intensificano soprattutto nei periodi estivi).
Dal punto di vista prettamente planimetrico, percorrendo il tracciato secondo l'ordine crescente delle progressive, questi presenta un ampio tratto in rettifilo,quindi piega a destra mediante un'ampia curva (R=870 m) e termina con un breve tratto in rettilineo; ha uno sviluppo complessivo di 2282.73 m. L'andamento altimetrico è di tipo decrescente monotono: livelletta caratteristica di pendenza pari a 2.6%.
L'asse principale in progetto attraversa in sotterraneo per quasi tutto il suo sviluppo longitudinale l'ammasso roccioso del Monte Bardellini mediante una galleria di lunghezza pari a 1934.00 m (Galleria Monte Bardellini). Nel tratto finale in rettilineo esso scavalca il Torrente Impero mediante un ponte ad arco di luce pari a circa 100.0 m.
Per quanto riguarda lo svincolo sul Torrente Impero, in perfetta osservanza alla prescrizione Cipe, il tracciato è stato spostato più a nord di circa 250 m e la connessione con le strade lungo argine del T. Impero (prima del tutto assente) è stata resa completa per tutte le direzioni.
Un sistema di due rotatorie (rotatoria Impero e rotatoria Col di Nava) consente le connessioni tra la SS.28, la nuova variante, via Pontevecchio verso il centro cittadino, e il casello autostradale "Imperia est".
La configurazione permette inoltre il proseguimento dell'itinerario di variante verso la riviera di Levante.

3.3 Caratteristiche geometriche e sezioni tipo

Le caratteristiche geometriche della piattaforma stradale sono quelle di una strada di tipo **C1**, così come definita dal D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (Strade extraurbane secondarie). La piattaforma stradale è costituita da una carreggiata unica, con una corsia

per senso di marcia da m. 3.75, fiancheggiata da una banchina di 1.50 m. L'intervallo di velocità di progetto V_P è 60-100 km/h.

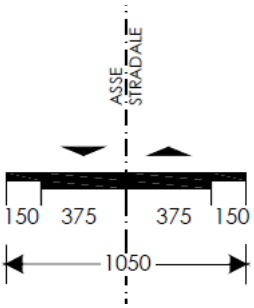


Figura 5. Piattaforma stradale tipo C1 (D.M. 05.11.2001).

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 1.50 m ove alloggiano le barriere di sicurezza, delimitati a bordo piattaforma da un cordolo in conglomerato cementizio.
La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma ha una pendenza strutturale massima del 2/3 con banca di 2.00 m per altezze del rilevato superiori a 5.00 m.
In trincea la raccolta delle acque è effettuata per mezzo di una griglia lineare carrabile (sistema chiuso). La scarpata avrà pendenza congruente con le condizioni di stabilità degli scavi.

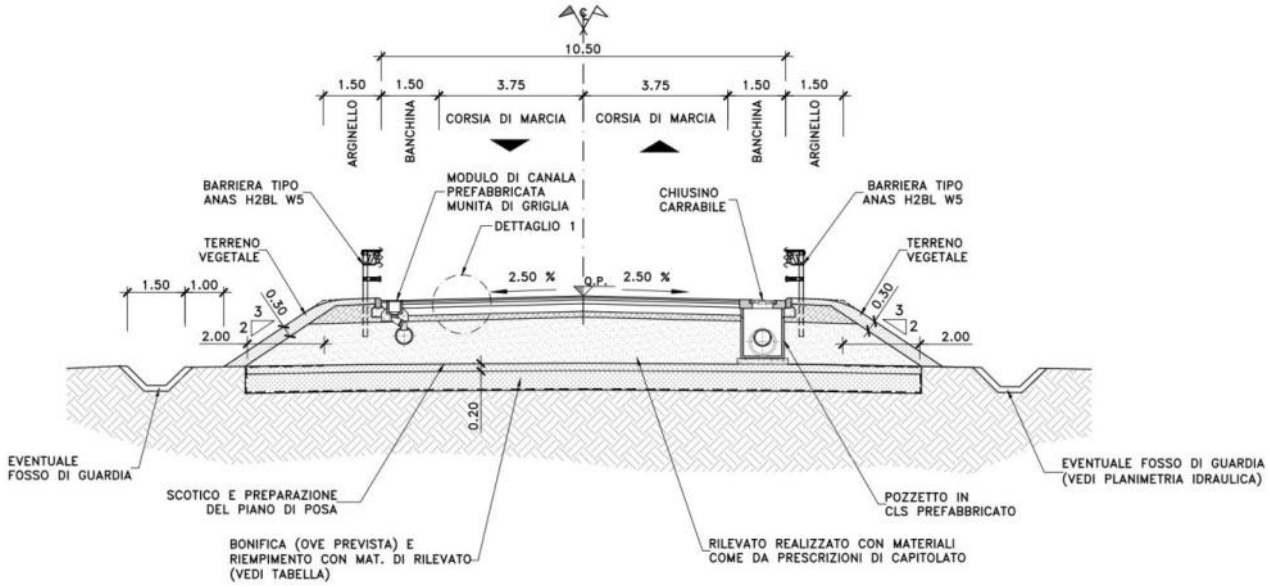


Figura 6. Sezione tipo C1 in rilevato.

3.4 Svincoli e viabilità secondarie

La descrizione degli svincoli e delle viabilità secondarie, comprensiva dell'illustrazione delle motivazioni e dei condizionamenti che hanno orientato le scelte progettuali, è contenuta nei relativi capitoli.

4 VERIFICHE DELLA RISPONDENZA AL D.M. 05/11/2001

Le verifiche di normativa sono state eseguite mediante l'ausilio del software di progettazione stradale "Civil 3D" di Autodesk. In particolare, il programma consente la verifica, in tempo reale, delle caratteristiche plano-altimetriche del tracciato rispetto ai parametri previsti dalla normativa di riferimento (DM 05/11/2001).

4.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO

4.1.1 Rettifili

Per tali elementi geometrici la normativa prescrive valori massimi e minimi in funzione della velocità di progetto. In particolare, il valore massimo si pone l'obiettivo di limitare la monotonia di guida, il superamento di velocità eccessive e l'abbagliamento notturno. Esso è dato dalla relazione seguente:

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

Il valor minimo si pone, invece, l'obiettivo di garantire la percezione del rettifilo stesso e la normativa prevede i valori di cui alla seguente tabella, in cui la velocità è la massima desunta dal diagramma delle velocità per il rettifilo considerato:

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

4.1.2 Curve circolari

La verifica delle caratteristiche planimetriche delle curve a raggio costante è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

a) Raggio minimo delle curve planimetriche: le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001;

b) Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede:
   - ✓ per L<300m R ≥ L
   - ✓ per L ≥ 300 R ≥ 400 m.

c) Compatibilità tra i raggi di due curve successive: essa è stata eseguita sulla scorta del diagramma in calce controllando, che il rapporto tra i raggi ricada almeno nella zona "buona".

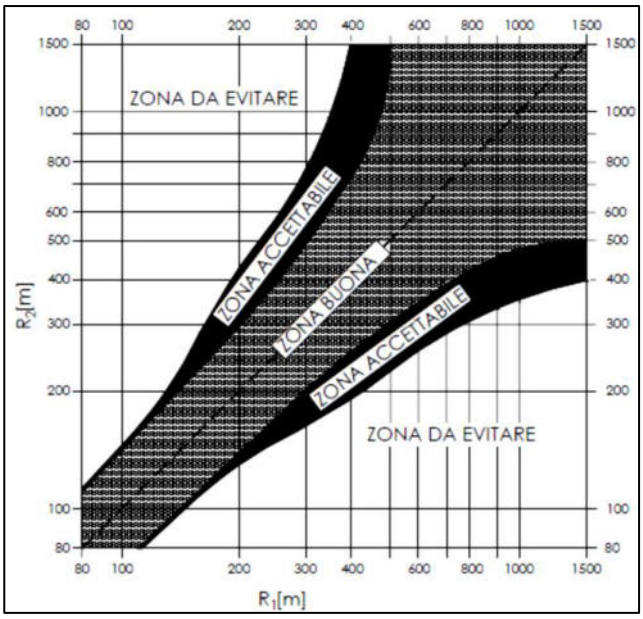


Figura 7. D.M. 05.11.2001 - Abaco figura 5.2.2.a.

d) Lunghezza minima delle curve circolari: la norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti, deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a $L_{c,min} \geq 2.5 x v_P$ con v_P in m/s (desunto dal diagramma di velocità) ed $L_{c,min}$ in m.

4.1.3 Curve a raggio variabile

La verifica delle caratteristiche planimetriche delle curve a raggio variabile (clotoidi) è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

a) Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo), fra il parametro A e la massima velocità V (km/h), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

$$A \geq A_{min} = \sqrt{\frac{V^3}{c} - \frac{g V R \left(q_f - q_i\right)}{c}}$$

dove:

c = contraccolpo (m/s^3);

v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;

q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;

q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;

g = accelerazione di gravità.

Trascurando il secondo termine dell'espressione del radicando e assumendo per il contraccolpo (m/s^3) il valore limite:

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

si ottiene:

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

dove V (velocità di progetto, ancora desunta dal diagramma di velocità) è espressa in km/h.

b) Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide, la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali che vanno raccordate longitudinalmente introducendo una sovrapendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

dove:

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

Δ_{imax} (%) = sovrapendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;

La somma $q_i + q_f$ è espressa in valore assoluto.

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100}$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100}$$

c) Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata la relazione:

$$A \geq R/3 \qquad (R_i/3 \text{ in caso di continuità})$$

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

$$A \leq R$$

Per quanto riguarda tutti i dati di tracciamento si faccia riferimento agli elaborati specifici.

Nel seguito si riportano le verifiche di normativa.

4.1.4 Verifiche planimetriche

							CURVE DI TRANSIZIONE									RETTIFILI					CURVE CIRCOLARI									
							Clotoide minima				Clotoide max	Val. Effettivo	VER		VER				Val. Effettivo	VER	*Raggio minimo*			VER	Sviluppo	Val. Effettivo	VER	Allargam. Iscr.Curva	NOTE
WBS	Curva N.	Verso	Transizione	Interposto (C/F/R)	R	Vp	qf	$A_{C,min}$	$A^*_{C,min}$	$A_{min,ott}$	$A_{min.Di}$	A_R	A_{PROG}		A_1/A_2		L_{MAX}	L_{min}	$L_{MAX,fl}$	L_{PROG}		$R_{min,Vp}$	L_R	$R_{min,Lr}$		Sv_{min}	Sv_{PROG}			
					m	km/h	%	m	m	m	m	m	***m***													m.	*m.*		m.	
				R		50,6											2200	40	4,7	***102,0***	V								
AP01			A		118	53,0	7,0%	59,0	50,5	39,3	57,5	118,0	***58,8***	V															
	1	S			**118**	47,4	7,0%															118,0	*102*	*102*	V	41,0	*101,1*	V	0,38	(*)
	1	S			**750**	57,9	5,0%															119,0	*170*	*170*	V	69,4	*181,9*	V	---	
			A		750	73,1	5,0%	112,2	82,6	250,0	150,7	750,0	***250,0***	V															
AP02				R		83,0											2200	90	31,2	***170,4***	V								
			A		300	61,7	7,0%	79,9	58,2	100,0	98,8	300,0	***140,0***	V															
	2	D			**300**	49,7	7,0%															119,0	*170*	*170*	V	59,0	*130,0*	V	---	
	1	D			**1800**	79,7	2,8%															119,0	*637*	*400*	V	69,4	*334,0*	V	---	
AP03			A		1800	100,0	2,8%	210,0	198,3	600,0	230,8	1800,0	***600,0***	V															
				R		100,0											2200	150	59,2	***636,9***	V								
				R		47,5											2200	30	22,4	***128,5***	V								
			A		800	64,0	4,8%	86,0	56,1	266,7	143,6	800,0	***280,0***	V															
AP04	1	D			**800**	93,0	4,8%								1,00	V						119,0	*264*	*264*	V	69,4	*181,7*	V	---	
			A		800	91,2	4,8%	174,7	146,0	266,7	171,5	800,0	***280,0***	V															
				R		74,7											2200	65	33,6	***264,0***	V								
				R		100,0											2200	150	34,4	***739,0***	V								
			A		870	100,0	4,5%	210,0	181,9	290,0	184,0	870,0	***430,0***	V															
AP05	1	D			**870**	100,0	4,5%								1,48	V						119,0	*739*	*400*	V	69,4	*1060,7*	V	---	
			A		870	69,4	4,5%	101,1	73,0	290,0	153,3	870,0	***291,0***	V															
				R		53,9											2200	40	34,5	***173,7***	V								

(*) Si rimanda al §4.1.5

4.1.5 Allargamento della carreggiata in curva

Nei tratti di strada in curva, per assicurare un franco fra i veicoli costante, la normativa prescrive per ciascuna corsia un allargamento in funzione del raggio della curva stessa. Gli allargamenti per la sicura iscrizione dei veicoli non sono necessari per le curve in progetto.

Si segnala che in entrata alla rotatoria "Imperia Ovest" il tracciato dell'AP01 presenta una curva di raggio 118m. L'applicazione della regola prevederebbe pertanto un allargamento pari a 0,38cm per corsia.

Tuttavia l'inserimento dell'allargamento è da ritenersi pericoloso nel caso in esame: poiché la curva è direttamente connessa all'ingresso in rotatoria, vigono nello stesso tratto le regole relative alle dimensioni delle corsie in approccio alla rotatoria (3,5m in entrata, 4,5 m in uscita); l'adozione di un allargamento per iscrizione richiederebbe di modificare 2 volte nel giro di pochi metri la larghezza delle corsie (da 3,75m a 4,15m e quindi a 3,5m in avvicinamento alla rotatoria), risultando in una geometria delle corsie confusa e che potrebbe portare a comportamenti non corretti. In particolare, si teme l'accostamento ad altri veicoli in approccio alla rotatoria per via della corsia maggiorata (4,15m), che verrebbe però seguita da un brusco restringimento (3,5m).

Si aggiunge che la velocità di percorrenza di tale curva è di 30-40 km/h trovandosi in immediata adiacenza alla rotatoria e non quella massima di progetto per una Tipo C (100 km/h). La sezione trasversale è assolutamente sovrabbondante in tale regime di velocità; l'esigenza di allargamento planimetrico delle corsie per l'iscrizione dei veicoli in curva non deve infatti tener conto dei franchi dinamici derivanti dalla velocità di percorrenza.

4.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO

Sono brevemente richiamati alcuni dei criteri introdotti dalla normativa (DM 05/11/2001) per la verifica degli elementi altimetrici del tracciato stradale per le nuove realizzazioni.

4.2.1 Livellette

La pendenza massima delle livellette di cui al DM 05/11/2001 risulta dal prospetto seguente:

TIPO DI STRADA		AMBITO URBANO	AMBITO EXTRAURBANO
AUTOSTRADA	A	6%	5%
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	-	6%
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	-	7%
URBANA DI SCORRIMENTO	D	6%	-
URBANA DI QUARTIERE	E	8%	-
LOCALE	F	10%	10%

4.2.2 Raccordi verticali

4.2.2.1 **Convessi (Dossi)**

Affinché su un raccordo convesso sia garantita la sicurezza è necessario che il conducente di un veicolo possa vedere un ostacolo (fisso o mobile) almeno ad una distanza *D* dipendente dalla velocità di progetto e dalle caratteristiche della strada da un'altezza h_1 (altezza dell'occhio del conducente) con l'obiettivo di osservare un ostacolo dell'altezza h_2 di 10 cm. In conformità a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) è determinato come di seguito:

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

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

- se invece D > L

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

dove:

R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]

D = distanza di visibilità da realizzare [m]

Δ_i = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma h_1 = 1.10 m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone h_2 = 0.10 m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia è verificata la possibilità di vedere il limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente.

4.2.2.2 **Concavi (Sacche)**

Durante le ore diurne, la presenza di un raccordo concavo non crea nessun problema di visibilità, ma durante le ore notturne, invece, si possono formare delle zone d'ombra, dovute all'interazione tra le caratteristiche geometriche della strada e l'ampiezza del fascio luminoso prodotto dai fari dei veicoli. Il raggio minimo del raccordo concavo R_V è quindi calcolato, secondo la normativa, come segue:

- se D < L (sviluppo del raccordo) si ha:

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

- se D > L

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

dove:

R_V = raggio del raccordo verticale concavo [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].

Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento;

h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale. Si pone di norma h = 0.5 m;

ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo. Si pone di norma ϑ = 1°.

Nel seguito si riportano le verifiche di normativa, da cui si deduce che l'andamento altimetrico del nuovo tracciato rispetta i criteri di cui al DM 05/11/2001.

4.2.3 Verifiche altimetriche

Le verifiche di visibilità altimetriche sono condotte mediante l'ausilio del software di progettazione stradale Autodesk Civil 3D. Il software genera un modello tridimensionale in cui il solido stradale è considerato nelle sue effettive dimensioni per piattaforma, scarpate ed elementi marginali. Il software tiene inoltre conto dei valori puntuali di velocità e pendenza longitudinale per confrontarli con i relativi valori di verifica secondo la normativa italiana. L'output di tali verifiche è anzitutto il diagramma di visibilità.

Inoltre, in particolare per i raccordi altimetrici concavi, il software restituisce un tabulato (a seguire) nel quale è indicato se le verifiche di cui al 5.3.3 e 5.3.4 del D.M.2001 siano soddisfatte ("Cleared") o meno.

A scopo di confronto e di riepilogo, è stata aggiunta la sottostante tabella di riepilogo dell'andamento altimetrico e dei raccordi verticali, con i valori di verifica ricavabili con gli abachi e le formule fornite dalla normativa.

VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI (5.3.2 - 5.3.3 - 5.3.4 del D.M. 2001)

Tipologia strada		Vmin	Vmax	Aderenza autostradale	Tipo di verific	**A**	Arresto		
Cat.	**Tipo**	Km/h	Km/h			**S**	Sorpasso	**h1**	**h2**
C	e	60	100	NO	A	**C**	Cambio Co	1,1	0,1

AP	N.	pendenze		Tipo raccordo	Δi	R_v	L_{racc}	V_p	DVL	Rmin	Verifica	NOTE
		i_1	i_2			m	m.	Km/h		m.		
AP01	1	-1,00%	-0,30%	Concavo	0,70%	**1000**	7,0	***31***	29	-	OK	
	2	-0,30%	-5,50%	Convesso	5,20%	**1400**	72,8	***53,23***	61	987	OK	
	3	-5,50%	2,21%	Concavo	7,71%	**350**	27,0	***38***	39	611	ATT.	(*)
AP02	1	-1,50%	2,70%	Concavo	4,20%	**550**	23,1	***33,8***	33	341	OK	
	2	2,70%	2,50%	Convesso	0,20%	**5000**	10,0	***32,2***	31	-	OK	
AP03	1	-0,50%	4,00%	Concavo	4,50%	**2200**	99,0	***50***	56	1063	OK	
	2	4,00%	2,55%	Convesso	1,45%	**12000**	174,0	***60***	73	1436	OK	
	3	2,55%	0,14%	Convesso	2,41%	**1000**	24,1	***35***	34	-	OK	
AP04	1	-2,90%	2,95%	Concavo	5,85%	**600**	35,1	***36,2***	36	565	OK	
	2	2,95%	1,99%	Convesso	0,96%	**2000**	19,2	***33,2***	32	-	OK	
AP05	1	-2,01%	-0,91%	Concavo	1,10%	**2000**	22,0	***34***	33	-	OK	
	2	-0,91%	-2,60%	Convesso	1,69%	**10000**	169,0	***61,5***	74	1482	OK	
	3	-2,60%	-0,30%	Concavo	2,30%	**10000**	230,0	***100***	174	4268	OK	
	4	-0,30%	2,00%	Concavo	2,30%	**600**	13,8	***32,6***	31	-	OK	

(*) Il raccordo concavo, la cui verifica è legata alla divergenza del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo, è posto in approccio alla rotatoria Imperia Ovest che risulta illuminata e dunque non vi sono criticità legate alla visibilità.

4.3 PENDENZE TRASVERSALI DELLA PIATTAFORMA

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, sintetizzati nel diagramma seguente:

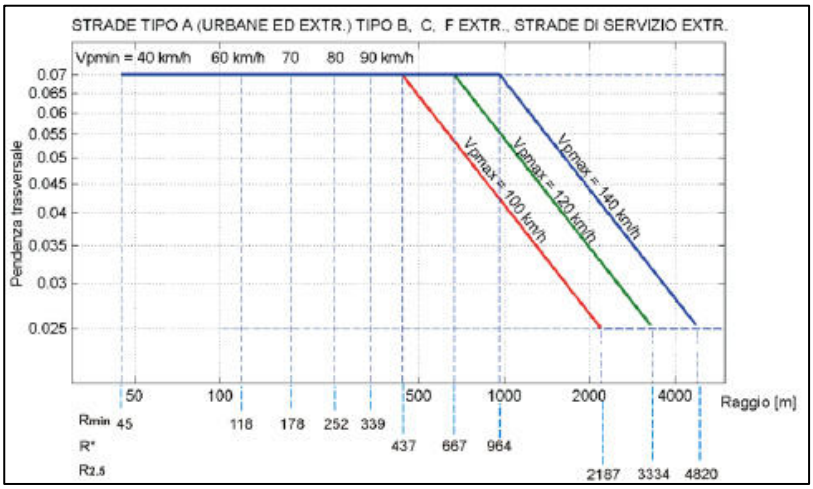


Figura 8. D.M. 05.11.2001 - Diagramma per il calcolo delle pendenze trasversali.

La piattaforma è conforme a quanto richiesto in normativa, richiamata nel prospetto seguente:

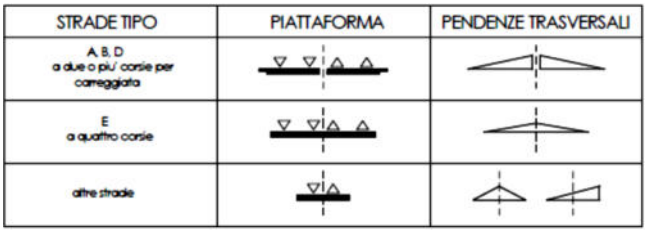


Figura 9. D.M. 05.11.2001 - Pendenze trasversali delle piattaforme nei rettifili

4.4 DIAGRAMMI DI VELOCITÀ

Le verifiche della corretta progettazione comportano la redazione del diagramma delle velocità per ogni senso di marcia. Esso è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. L'esame del diagramma delle velocità prevede due verifiche, e in particolare:

$$D_t \leq D_r$$

$$D_t \leq D_v$$

dove

- D_t è la distanza di transizione, definita come la distanza necessaria per passare dal valore V_{P1} a quello V_{P2} con un accelerazione/decelerazione di 0,8 m/sec², deve essere sufficiente a consentire il riconoscimento dell'elemento o di eventuali ostacoli. Tale distanza di transizione è funzione della

differenza di velocità fra i due elementi, della velocità media fra i due elementi e dell'accelerazione (0.80 m/s^2);

- D_r è la distanza di riconoscimento, definita come la lunghezza massima del tratto di strada entro la quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti. E' funzione della velocità di progetto dell'elemento di raggio maggiore;
- D_v è la distanza di visuale libera nel tratto che precede la curva circolare.

Il DM 05/11/2001 richiede inoltre che

- Per $V_{Pmax} \geq 100$ km/h (autostrade, strade extraurbane principali e secondarie) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{Pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h.

La costruzione del diagramma di velocità non ha rilevato criticità per quanto attiene la distanza di transizione D_t.

Poiché i tracciati iniziano e terminano in rotatoria, le velocità corrispondenti in tali zone sono state impostate a 30 km/h. Da questi valori di partenza sono state calcolate le velocità sui singoli elementi del tracciato tenendo conto che la variazione di velocità avviene con una accelerazione di 0,80 m/s^2. Si può notare come, dato lo sviluppo ridotto dei singoli tracciati, solamente sull'AP03 ed AP05 si raggiunge la $V_{p,max}$=100 km/h.

Il tratto finale di cui sopra sarà adeguatamente segnalato mediante segnaletica orizzontale e verticale, analogamente ai corrispondenti limiti di velocità, in conformità con le indicazioni del Codice della Strada.

Si precisa che tutte le verifiche di normativa, con particolare riferimento a quelle di visibilità, sono state eseguite con riferimento all'andamento del diagramma di velocità sopra descritto.

4.5 VERIFICHE DI VISIBILITÀ

La presenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione. La distanza di visuale libera è definita dalla normativa come la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé indipendentemente dalle condizioni del traffico, atmosferiche e d'illuminazione. La distanza di visuale libera nel caso specifico deve essere confrontata con:

- Distanza di visibilità per l'arresto, definita come lo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni di sicurezza davanti ad un ostacolo improvviso;
- Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso, definita come la lunghezza del tratto di strada occorrente affinché un conducente che si accinga alla manovra possa vedere un autoveicolo che sopraggiunge dalla corsia opposta in condizioni di sicurezza.

Lungo tutto il tracciato deve essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto, mentre, per le strade extraurbane a unica carreggiata con doppio senso di marcia, la distanza di visibilità per il sorpasso dev'essere garantita per una conveniente percentuale di tracciato, in relazione al flusso di traffico smaltibile con il livello di servizio assegnato, in misura comunque non inferiore al 20%.

Le verifiche delle visuali libere sono state condotte confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto e quella di sorpasso, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità. Se la visuale libera disponibile è insufficiente ad assicurare l'arresto, si è proceduto a un allargamento della carreggiata, in modo da aumentare la visuale libera. Nei tratti di carenza di visibilità per il sorpasso, tale manovra sarà interdetta mediante apposita segnaletica.
I diagrammi riportati nelle tavole specifiche fanno quindi riferimento alla visuale libera e alla distanza di visibilità determinate a seguito degli allargamenti necessari. Nelle tavole, sono inoltre riportati gli andamenti degli allargamenti e l'entità degli stessi.

4.5.1 Distanza di visibilità per l'arresto

Le DVL per l'arresto sono state confrontate con le relative distanze di visibilità disponibili, in funzione delle velocità desunte dai relativi diagrammi, considerando l'intervallo di velocità assegnato al tipo di strada secondo il DM 05/11/2001 e all'aderenza del piano viabile.
Le verifiche sono state condotte in entrambi i sensi di marcia, tenendo conto dell'andamento plano-altimetrico.
Le visuali disponibili sono state calcolate mediante l'ausilio del software di progettazione stradale Autodesk Civil 3D, che ha generato un modello tridimensionale in cui il solido stradale è stato considerato nelle sue effettive dimensioni per piattaforma, scarpate (in rilevato e in trincea) ed elementi marginali. In particolare, in corrispondenza degli arginelli, delle opere d'arte e ovunque altro previsto dalla normativa di settore, sono state inserite le barriere di sicurezza, in modo da ottenere una simulazione realistica degli ostacoli alla visibilità presenti lungo i tracciati.

4.5.2 Allargamenti per visibilità

A seguito della suddetta analisi di visibilità, è stato necessario prevedere l'inserimento di allargamenti di piattaforma per la visibilità, come riportato negli appositi elaborati grafici e qui di seguito sintetizzati:

Asse	Curva	Raggio	Verso	Dal km	Al km	Allargamento. max	Lato
AP05	1	870.00	Dx	0+890.00	1+940.00	1.00 m	interno

Si precisa che nella tabella precedente le progressive sono state arrotondate, come il valore massimo degli allargamenti. Più precise indicazioni potranno essere desunte dagli elaborati specifici.

4.5.3 Distanza di visibilità per il sorpasso

Anche la visuale libera e la distanza di visibilità per il sorpasso sono state calcolate mediante l'ausilio del software di progettazione stradale Civil 3D con le stesse metodologie di costruzione del solido stradale e di verifica delle DVL di cui al paragrafo precedente.

Il relativo diagramma riporta, per ogni senso di marcia, i valori della visuale libera e della distanza di visibilità per il sorpasso, da cui si evince come quest'ultima sia garantita per una percentuale di tracciato pari a circa il **42** / **46%** (rispettivamente andata e ritorno)**,** quindi superiore al 20% richiesto dalla normativa.
Di seguito si riporta una tabella riassuntiva per ogni tratta.

Asse	L_{tot}	D_{s_and}	D_{s_rit}	% andata	% ritorno
AP01	232,08	0,00	0,00	0%	0%
AP02	631,01	191,99	97,10	30%	15%
AP03	1170,68	842,85	756,03	72%	65%
AP04	770,21	333,20	355,51	43%	46%
AP05	2283,29	746,38	1109,61	33%	49%
TOT	5087,27	2114,42	2318,25	42%	46%

4.6 COORDINAMENTO PLANO-ALTIMETRICO

Il DM 05/11/2001 richiede che, per garantire una percezione chiara delle caratteristiche dei tracciati stradali senza che l'utenza avverta distorsioni prospettiche delle linee che li definiscono, si debba coordinare opportunamente l'andamento plano-altimetrico dell'asse con il rispettivo profilo longitudinale.
Pertanto, in sede di progettazione, è stata posta particolare attenzione a quest'aspetto e, ovunque possibile, sono stati fatti coincidere i vertici planimetrici con quelli altimetrici, adottando valori dei raccordi verticali tali da rendere sovrapponibili le lunghezze dei due raccordi.
Nei casi in cui ciò non è stato possibile, è stato comunque verificato che:

- Raccordi verticali convessi:
  - ✓ il punto di inizio di una curva planimetrica non sia coinciso o sia stato prossimo alla sommità di un raccordo verticale convesso;
- Raccordi verticali concavi:
  - ✓ un raccordo planimetrico non sia iniziato immediatamente dopo un raccordo concavo e comunque sia risultato sempre $R_V/R > 6$;
  - ✓ non siano stati previsti raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo:
  - ✓ non siano stati previsti raccordi concavi immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica;
  - ✓ non ci sia stata coincidenza tra il vertice di un raccordo concavo con un punto di flesso planimetrico.

5 INTERSEZIONI

Come per il tracciato, anche per le intersezioni, la soluzione progettuale è scaturita principalmente dall'analisi e dal recepimento delle prescrizioni contenute nella delibera di approvazione CIPE e dalle indicazioni fornite dagli enti Locali (Comune di Imperia e Regione Liguria) nell'ambito delle interlocuzioni intercorse nella fase di avvio della progettazione. Molte intersezioni sono state oggetto di specifici commenti e prescrizioni (si rimanda alla Relazione di Ottemperanza per dettagli), che sono stati considerati.
Il numero e la posizione delle previste intersezioni, necessarie per garantire una efficace connessione con la rete infrastrutturale presente, discende quindi da tale iter.
È prevista la realizzazione di otto nuove rotatorie per la riconnessione della variante alla rete stradale esistente:

1. **Rotatoria Aurelia**: consente la riconnessione della variante con la S.S.1 Aurelia fuori dall'abitato di Imperia nel quadrante Ovest;
2. **Rotatoria Prino**: è situata all'inizio del tracciato in variante e consente la riconnessione/prosecuzione dell'itinerario con una eventuale prosecuzione della variante di ponente;
3. **Rotatoria Imperia Ovest**: consente il collegamento della variante con l'autostrada A10 in corrispondenza dello svincolo di Imperia Ovest;
4. **Rotatoria Caramagna**: permette la connessione con l'abitato di Imperia;
5. **Rotatoria Artallo**: permette la connessione con la zona del porto in località Artallo;
6. **Rotatoria Baitè**: permette la connessione con la zona del porto in località Baitè;
7. **Rotatoria Impero**: è situata al termine della variante di progetto e consente la riconnessione all'abitato di Imperia attraverso la principale direttrice Nord/Sud;
8. **Rotatoria Col di Nava**: permette la riconnessione con la strada statale 28 (Via Nazionale).

5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE INTERSEZIONI

5.1.1 Rotatorie

Nel progetto sono previste otto rotatorie, che consentono la riconnessione con le viabilità esistenti e, nel caso della rotatoria di Imperia Ovest con l'autostrada A10.
Nella tabella seguente sono riportati i principali dati geometrici:

Rotatoria	Diametro esterno	Diametro isola centrale	Larghezza corsia corona giratoria	Numero bracci confluenti
Aurelia	29.00	14.00	7.00	4
Prino	38.00	22.00	7.00	3
Imperia Ovest	58.00	44.00	6.00	5
Caramagna	43.00	29.00	6.00	4
Artallo	48.00	34.00	6.00	4
Baitè	48.00	34.00	6.00	4

Impero	48.00	34.00	6.00	4
Col di Nava	43.00	24.00	9.00	3

Le banchine hanno larghezza pari a 1.00. m., ad eccezione della rotatoria Aurelia, la cui dimensione è 0.50 m. Si precisa inoltre che la corona giratoria della rotatoria Col di Nava è da 9.00 m in quanto uno dei rami d'ingresso è a due corsie.

I bracci d'uscita e ingresso sono conformi alle dimensioni di cui alla seguente tabella:

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

L'isola centrale è non sormontabile ad eccezione della rotatoria Aurelia.

Sono state eseguite le verifiche di deflessione e di visibilità a sinistra previste dal DM 19/04/2006.

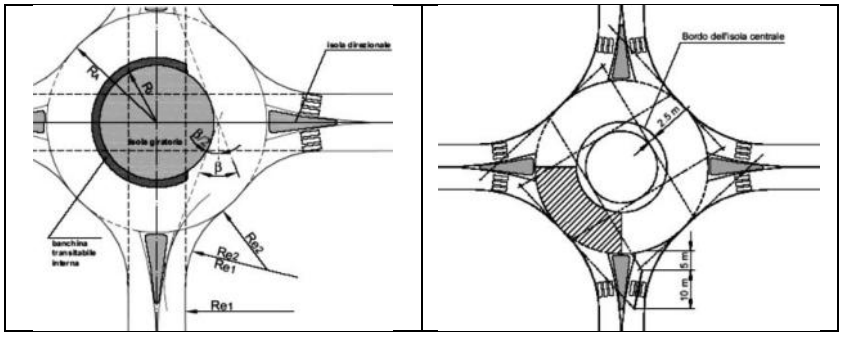


Figura 10. Schemi verifiche previste nel DM 19/04/2006.

5.1.2 Visibilità delle intersezioni a raso

La visibilità in corrispondenza delle intersezioni a raso è stata verificata in base ai criteri indicati nel DM 19/04/2006. I triangoli di visibilità sono stati disegnati tenendo conto della velocità di progetto della viabilità in cui ci si deve immettere. Per le intersezioni in progetto è previsto sempre il regime di STOP e pertanto lo schema di riferimento per le verifiche è il seguente:

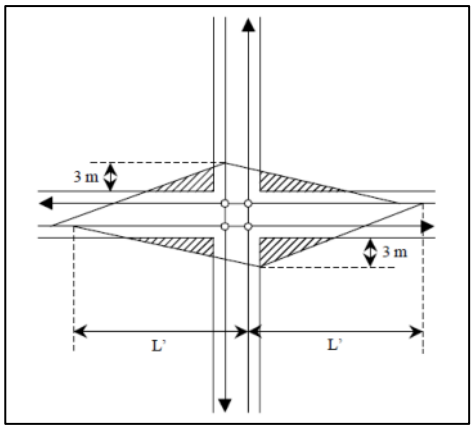


Figura 11 – Triangoli di visibilità nel caso di regolazione con STOP.

La lunghezza L' è pari a 6v, in cui v (m/sec) è la velocità di riferimento sulla strada principale.

5.2 ROTATORIA AURELIA

5.2.1 Descrizione

La rotatoria Aurelia consente la riconnessione della variante con la S.S.1 Aurelia ed è collocata in corrispondenza dell'attuale intersezione tra Via Poggi, Via Giovanni Ballestra e la S.S.1 Aurelia, dove il torrente Prino sfocia nel mare. Il valore del diametro della rotatoria e la sua configurazione plano-altimetrica sono fortemente legati ai vincoli territoriali esistenti. Più precisamente l'area è limitata a sud dalla pista ciclabile dei Fiori (ex ferrovia); ad est dal muro arginale del Prino e dal fiume stesso, il quale non consente la realizzazione di opere ricadenti nell'alveo; a nord-ovest dalla presenza di edifici, accessi esistenti ed una struttura ricettiva (Camping De Wijnstok). Inoltre sono presenti una serie di attraversamenti pedonali e una fermata bus.
Il progetto prevede la riconnessione dei percorsi e degli accessi pedonali presenti nella zona.
Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: Via Giovanni Ballestra Sud, Via Poggi e la S.S.1 Aurelia.

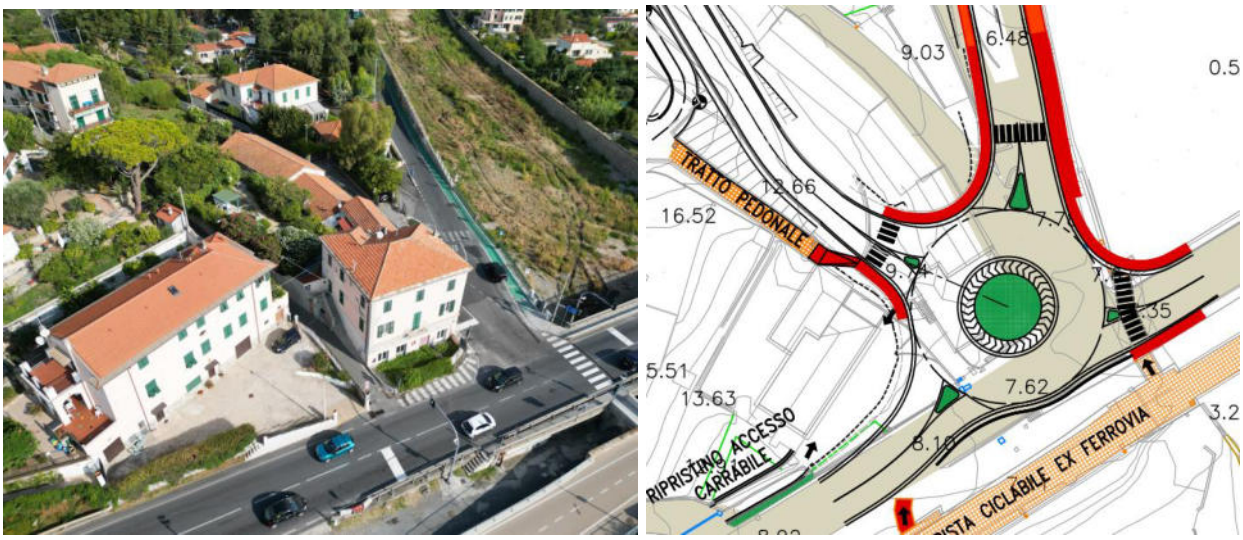


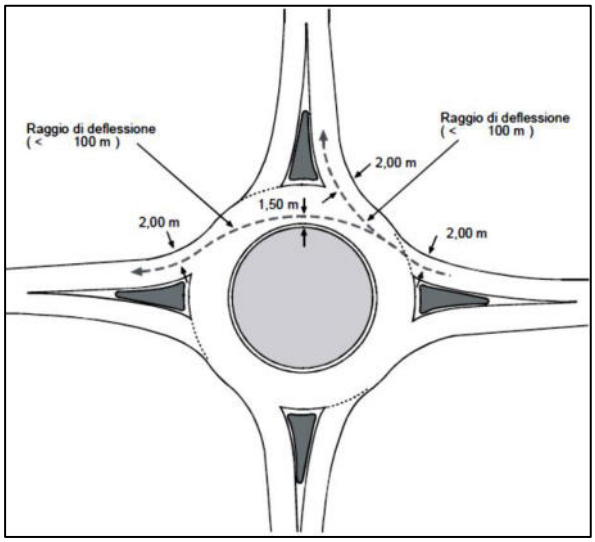
Figura 12 – Rotatoria Aurelia: vista della zona di svincolo e planimetria di progetto.

5.2.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.2.2.1 **Verifiche geometriche**

Nel caso in esame i controlli della deflessione sono stati eseguiti in maniera parzialmente diversa rispetto a quanto indicato nel paragrafo 5.1.12. Il motivo è legato alla geometria e agli angoli di ingresso dei rami in rotatoria che sono vincolati dallo stato attuale e dallo spazio ridotto. Pertanto, la verifica della deflessione mediante l'angolo di deviazione β non ha dato sempre esito positivo.



Tuttavia, sulla scorta delle indicazioni del Rapporto di Sintesi "*Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali*", è stato verificato che le traiettorie che interessano due rami opposti e la traiettoria passante tra il ramo est e ovest dell'Aurelia, abbiano una geometria compatibile con velocità non superiori ai 50 km/h. Infatti, si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita. Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, anche se è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

Nella figura seguente è riportata la verifica di deflessione eseguita in base al criterio sopra delineato, da cui si deduce che i raggi sono tutti sensibilmente inferiori ai 100 m. limite, garantendo quindi la bassa velocità all'interno della rotatoria.

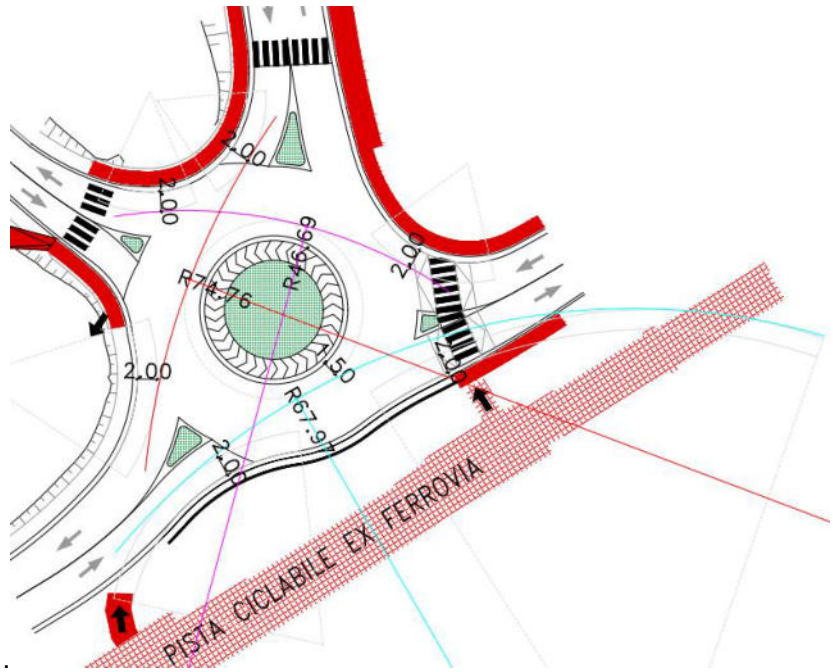


Figura 13 – Rotatoria Aurelia – Verifica delle traiettorie di deflessione

Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema riportato in normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

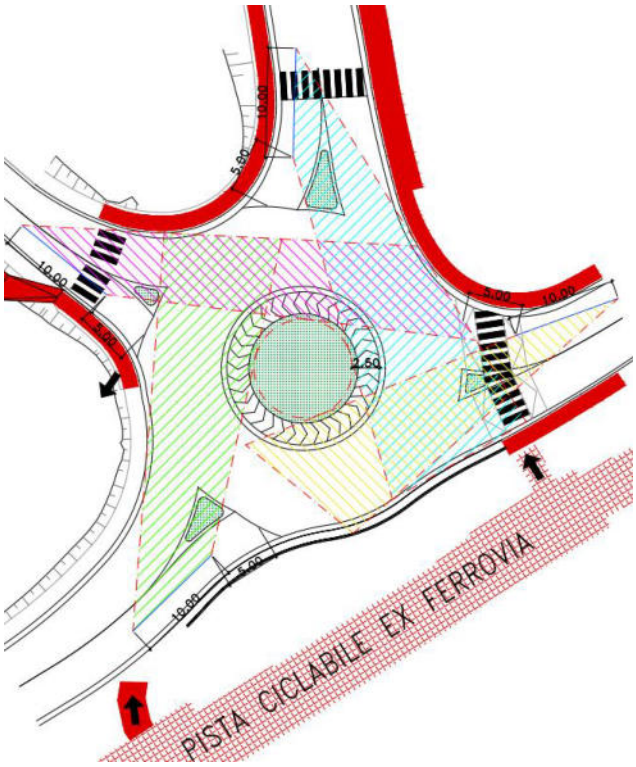


Figura 14 – Rotatoria Aurelia – Verifica delle visibilità a sinistra.

5.2.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.3 ROTATORIA PRINO

5.3.1 Descrizione

La rotatoria Prino è collocata all'inizio della variante di tracciato sulla sponda destra idraulica del torrente Prino. In essa convergono Via Ballestra Sud, Via Ballestra Nord e l'AP01.



Figura 15 – Rotatoria Prino.

5.3.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.3.2.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che gli angoli di deviazione β sono sempre > 45°, come si può evincere dagli schemi seguenti:

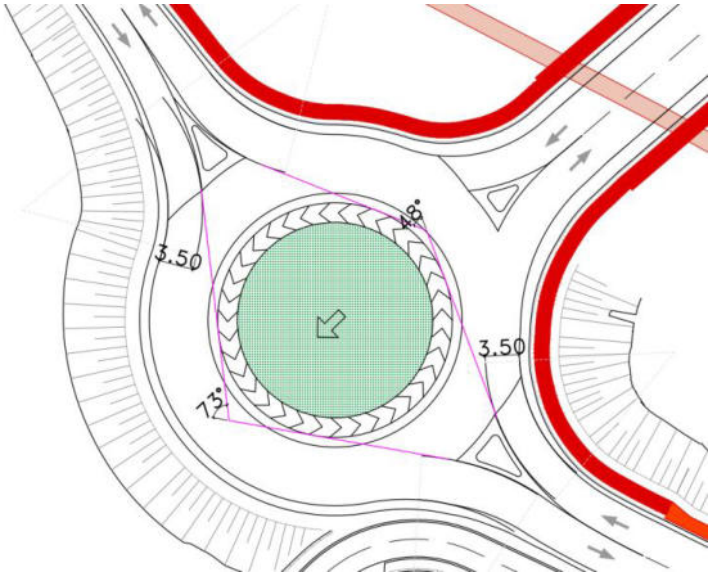


Figura 16 – Rotatoria Prino – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Si precisa che le verifiche delle traiettorie di deflessione sono state eseguite solo tra i rami Via Ballestra Sud e Via Ballestra Nord.

Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

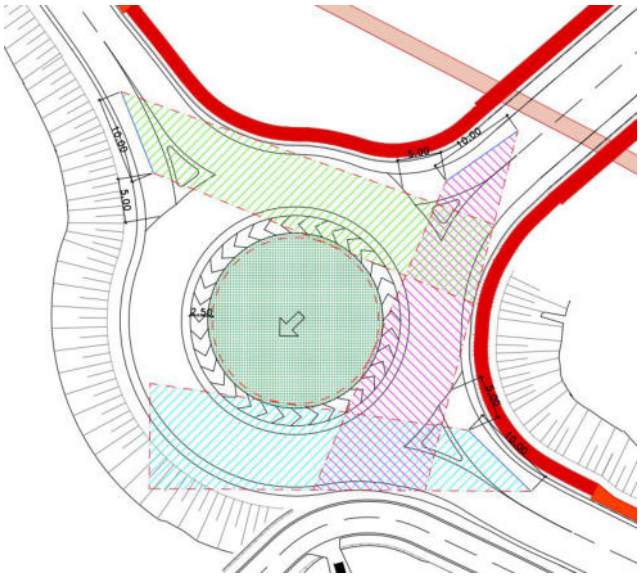


Figura 17. Rotatoria Prino – Verifica visibilità a sinistra.

5.3.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.4 ROTATORIA IMPERIA OVEST

5.4.1 Descrizione

La rotatoria Imperia Ovest è situata sulla sponda sinistra idraulica del torrente Prino, in corrispondenza dell'attuale rotatoria tra Via Maurizio Caprile e Via Tommaso Littardi, e consente il collegamento con l'Autostrada A10 tramite il casello di Imperia Ovest. Gli accessi esistenti, gli edifici nella zona sud-ovest e l'area di parcheggio in uscita dal casello, costituiscono dei vincoli all'inserimento della rotatoria che dovrà quindi svilupparsi verso il quadrante est.
Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: AP01, AP02, casello A10, Via Littardi, Via Caprile.



Figura 18 – Rotatoria Imperia Ovest: vista della zona di svincolo e planimetria di progetto

5.4.2 Considerazioni sul funzionamento della rotatoria di svincolo

Si ritiene che il funzionamento della rotatoria continui a essere quello di una rotatoria convenzionale poiché l'aumento del diametro è causato essenzialmente da motivi geometrici, ossia della presenza di cinque rami afferenti. Inoltre, le verifiche di controllo delle velocità, imprescindibili nella progettazione di rotatorie, sono soddisfatte con il mantenimento del diametro previsto in progetto, mentre le stesse verifiche verrebbero meno a seguito dell'adeguamento a diametri non superiori a 50 m.

Assimilando questo tipo d'intersezione a "rotatoria convenzionale", più rappresentativa del reale regime di circolazione, anche le verifiche di visibilità saranno le stesse delle rotatorie, consistenti nel mantenere privo di ostacoli il quarto di anello a sinistra del punto d'ingresso, come da schema di Fig.12 del D.M. 19/04/2006. Tuttavia, al fine di rispondere formalmente all'opportunità di considerare la rotatoria di progetto con diametro superiore a 50 m come equivalente a una serie d'innesti su un medesimo asse stradale costituito dall'anello giratorio, si riportano di seguito alcune considerazioni riguardanti l'applicazione della verifica dei triangoli di visibilità secondo il D.M. 19/04/2006 in configurazione di "dare precedenza" e di "stop".

a) **Segnale dare precedenza**: il triangolo avrebbe inizio a 20 m dalla linea di arresto; ipotizzando una velocità di percorrenza di 29 km/h (corrispondente al raggio della corsia giratoria di 26 m), la posizione del veicolo da mirare si troverebbe a circa 97 m, pari allo spazio percorso lungo l'anello in 12 s. Riportando tale distanza sulla traiettoria dell'anello giratorio si nota come la verifica risulti di scarsa utilità pratica, in quanto l'attenzione del conducente che si immette in rotatoria dovrebbe essere concentrata sul veicolo che si trova in posizione diametralmente opposta trascurando (erroneamente) l'eventuale ingresso nell'anello di altri veicoli dal ramo di ingresso immediatamente a sinistra.

b) **Segnale di stop**: il triangolo avrebbe inizio a 3 m dalla linea di arresto; ipotizzando una velocità di percorrenza di 29 km/h (corrispondente al raggio della corsia giratoria di 26 m), la posizione del veicolo da mirare si troverebbe a 48,50 m, pari allo spazio percorso lungo l'anello in 6 s. Riportando tale distanza sulla traiettoria dell'anello giratorio, l'avvistamento sarebbe garantito in quanto il veicolo mirato si troverebbe ad una distanza di fatto equivalente al quarto di cerchio contemplato dal D.M. 19/04/2006 per le rotatorie.

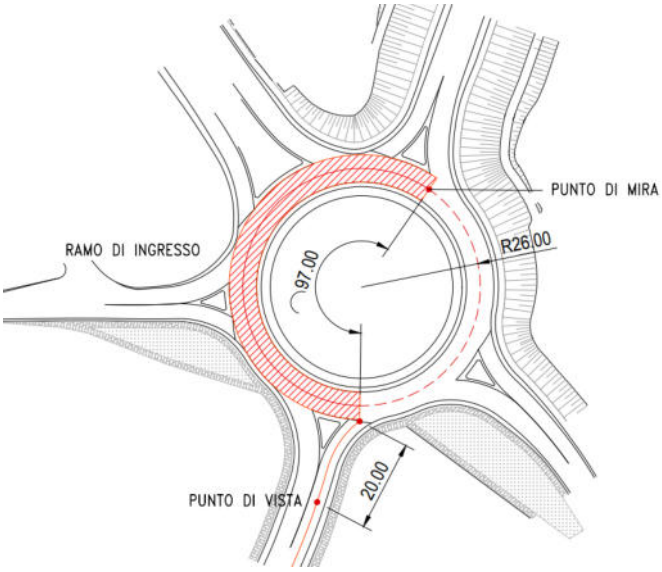


Figura 19. Verifica di visibilità con il metodo dei triangoli di visibilità ed ingresso regolato da "dare precedenza"

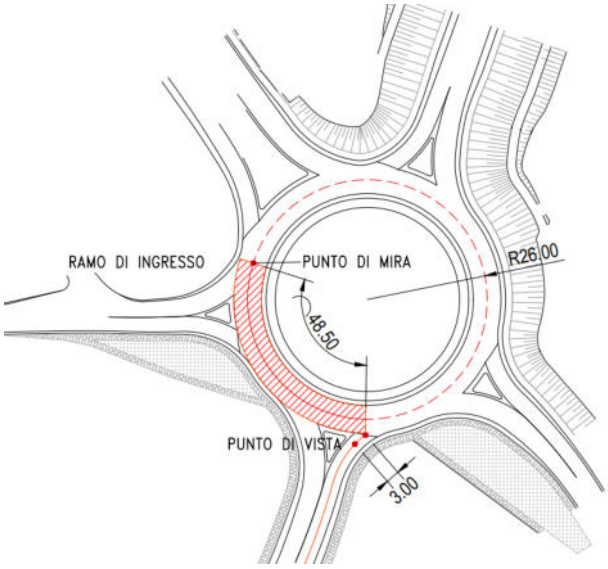


Figura 20. Verifica di visibilità con il metodo dei triangoli di visibilità e ingresso regolato da "stop"

Da quanto sopra scritto risulta che, indipendentemente dalla metodologia di verifica utilizzata, sussistono sempre le garanzie di sicurezza in merito alla visibilità reciproca dei veicoli poiché, anche nel caso di rotatorie "non convenzionali", è il quarto di anello a sinistra dell'osservatore che condiziona la manovra d'immissione in rotatoria, ove in genere sono collocati altri rami in ingresso.
Si ritiene di conseguenza più congruo e attinente alle reali condizioni di circolazione mantenere la regolazione dell'intersezione analoga al caso di rotatorie convenzionali.

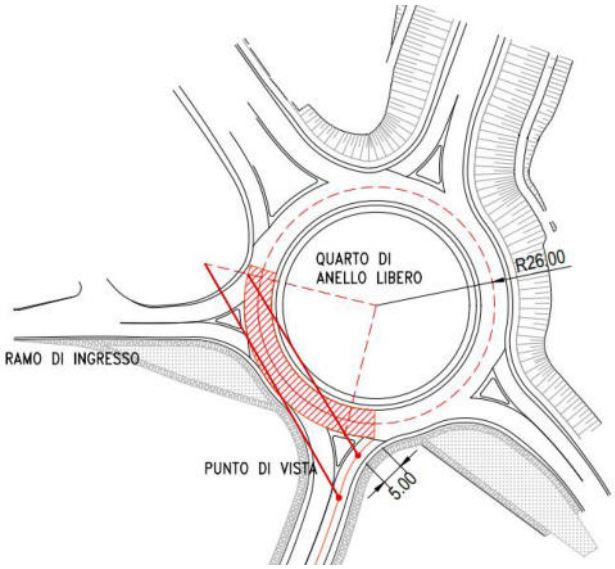


Figura 21. Verifica di visibilità con il metodo del quarto d'anello libero da D.M. 19/04/2006

5.4.3 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.4.3.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che gli angoli di deviazione β sono sempre > 45°, come si può evincere dagli schemi seguenti, tranne per la manovra dal casello in direzione di AP01.

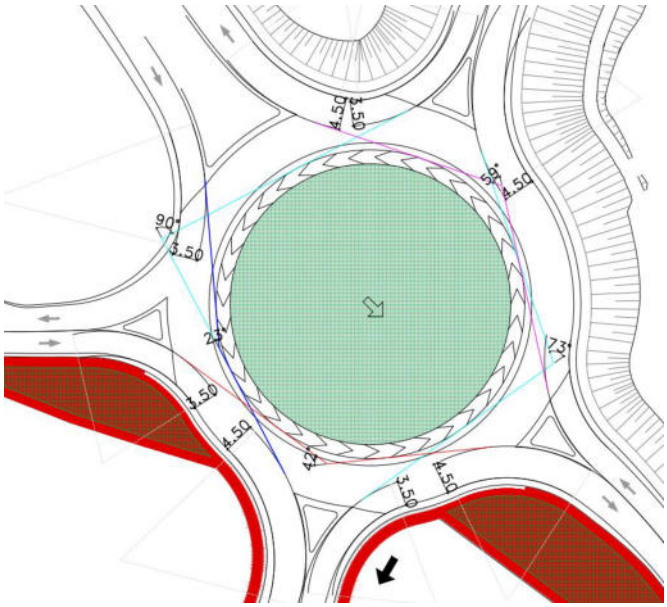
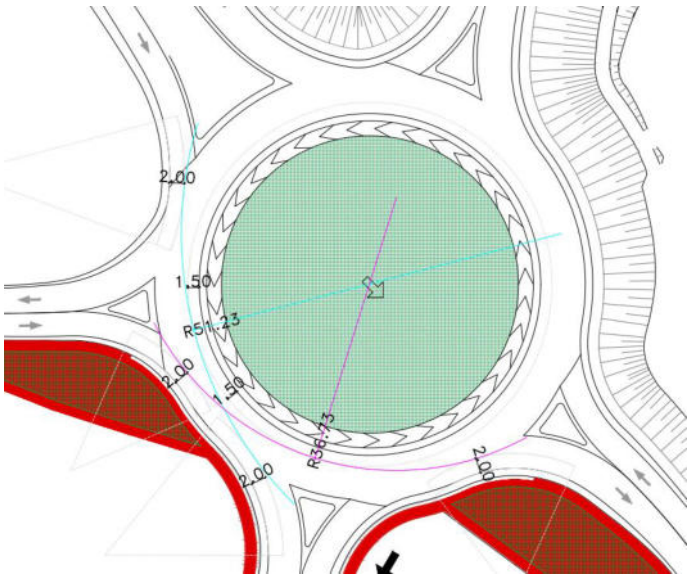


Figura 22 – Rotatoria Ovest – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Per il caso in cui β<45°, sulla scorta delle indicazioni del Rapporto di Sintesi "Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali", è stato verificato che la traiettoria, abbia una geometria compatibile con velocità non superiori ai 50 km/h. Infatti, si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita. Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, anche se è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

Nella figura seguente è riportata la verifica di deflessione eseguita in base al criterio sopra delineato, da cui si deduce che i raggi sono tutti sensibilmente inferiori ai 100 m. limite, garantendo quindi la bassa velocità all'interno della rotatoria.



Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

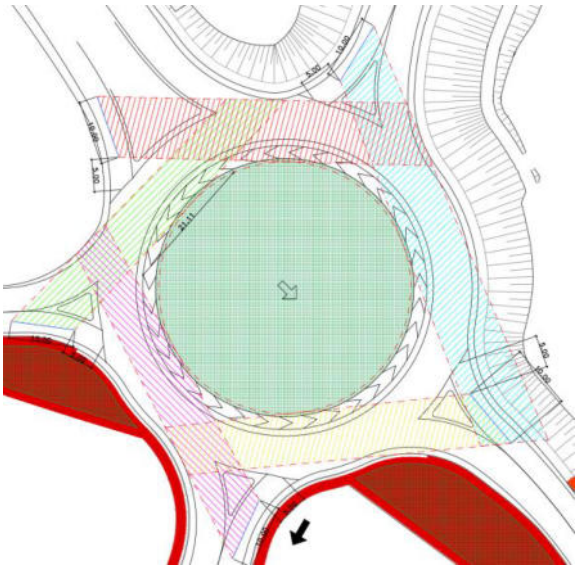


Figura 23. Rotatoria Imperia Ovest – Verifica visibilità a sinistra.

5.4.3.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.5 ROTATORIA CARAMAGNA

5.5.1 Descrizione

La rotatoria Caramagna si colloca sulla Strada dei Terzieri e permette la connessione tra la variante di progetto e l'abitato di Imperia, nella zona in cui l'Autostrada A10 interseca l'omonimo corso d'acqua. La presenza del fiume, di edifici e di diversi accessi limita fortemente la posizione e la geometria dell'intersezione.

Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: Via Marte, Via Terzieri, AP02 ed AP03.



Figura 24 – Rotatoria Caramagna.

5.5.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.5.2.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che gli angoli di deviazione β sono sempre > 45°, come si può evincere dagli schemi seguenti:

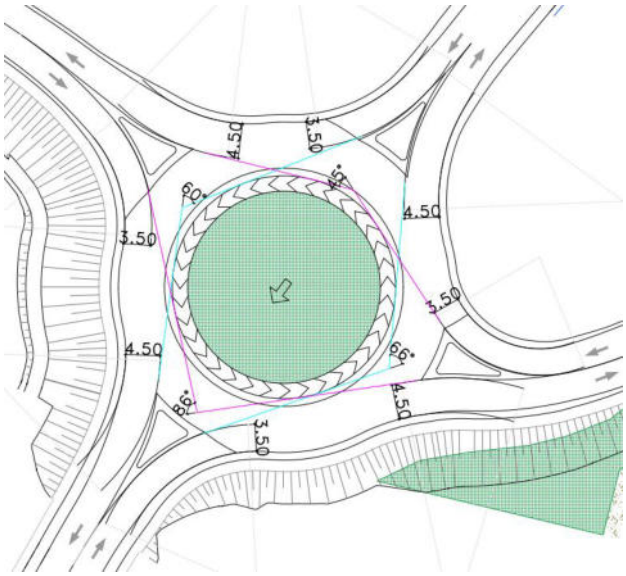


Figura 25 – Rotatoria Caramagna – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

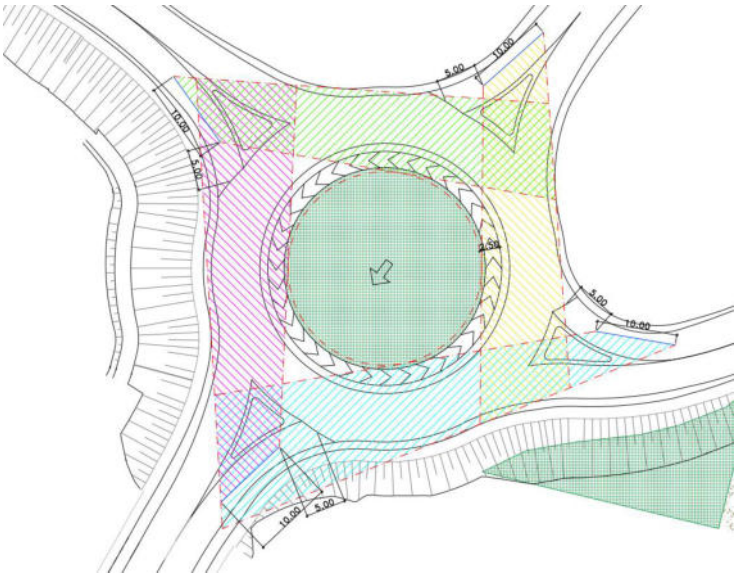


Figura 26. Rotatoria Caramagna – Verifica visibilità a sinistra.

5.5.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.6 ROTATORIA ARTALLO

5.6.1 Descrizione

La rotatoria Artallo è situata in corrispondenza dell'attuale rotatoria tra Via Artallo e Via Lorenzo Acquarone. Essa consente di collegare la variante di progetto con la zona del porto di Imperia.

Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: Via Artallo Ovest, Via Lorenzo Acquarone, AP03 ed AP04.

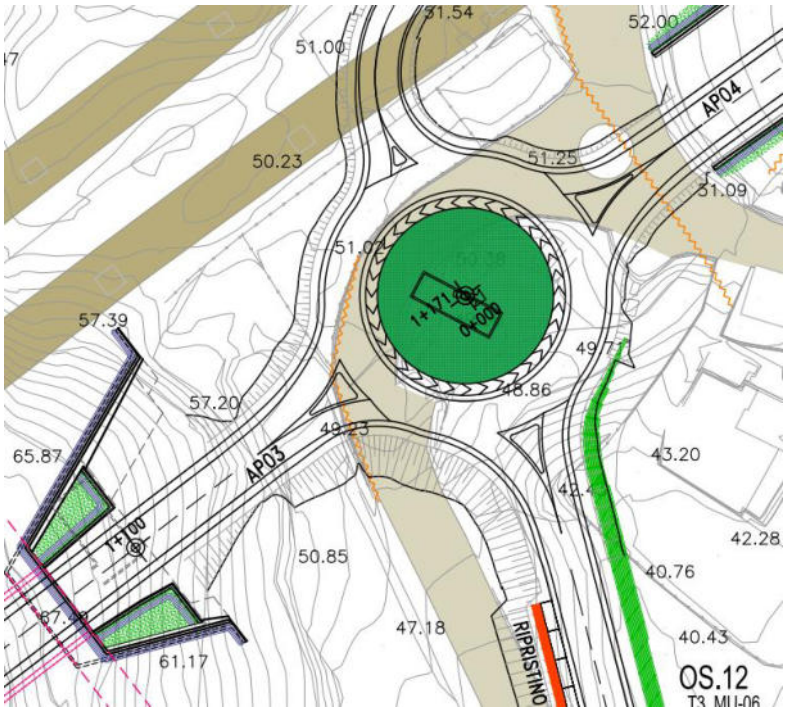


Figura 27 – Rotatoria Artallo.

5.6.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.6.2.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che gli angoli di deviazione β sono sempre > 45°, come si può evincere dagli schemi seguenti:

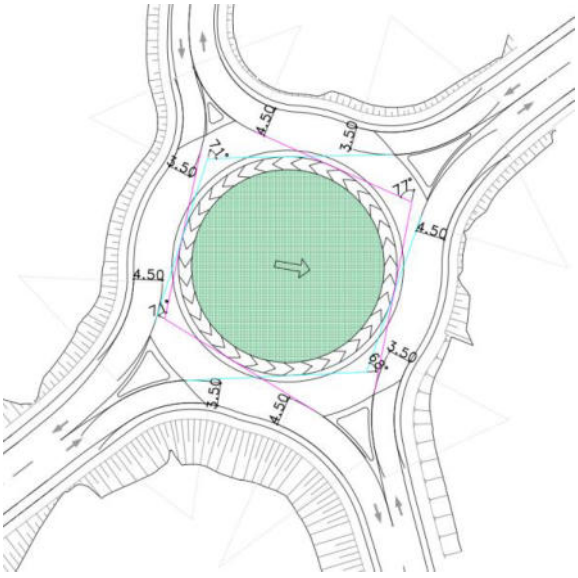


Figura 28 – Rotatoria Artallo – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

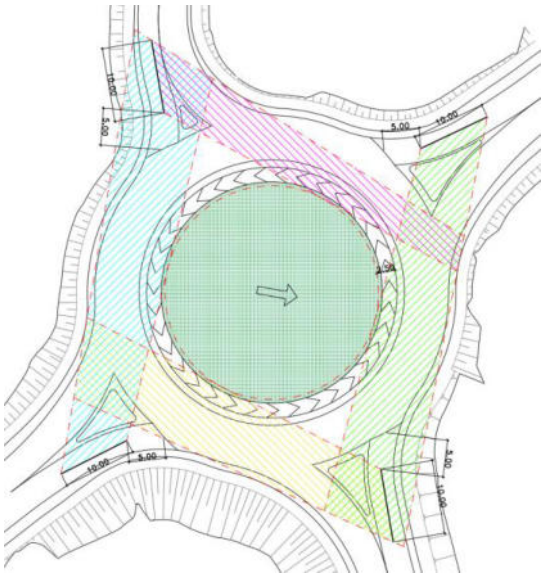


Figura 29. Rotatoria Artallo – Verifica visibilità a sinistra.

5.6.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.7 ROTATORIA BAITÈ

5.7.1 Descrizione

La rotatoria Baitè è posta su Via Giovanni Strato, poco prima del campo da rugby comunale “Pino Valle”. Come per la rotatoria di Artallo, anche essa consente di collegare la variante di progetto con la zona del porto di Imperia.

Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: Via Giovanni Strato, AP04 ed AP05.

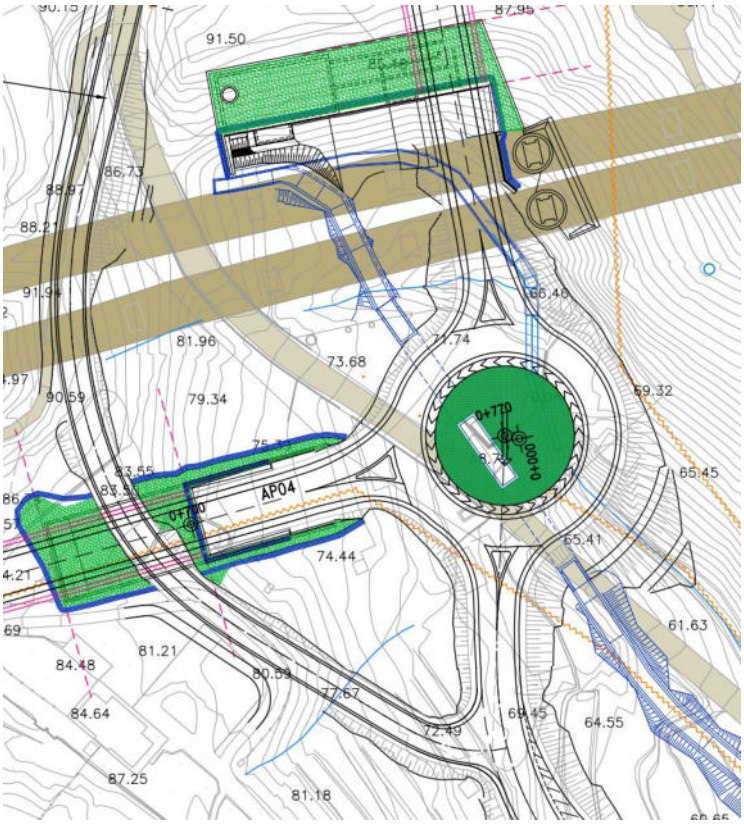


Figura 30 – Rotatoria Baitè.

5.7.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.7.2.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che gli angoli di deviazione β sono sempre > 45°, come si può evincere dagli schemi seguenti:

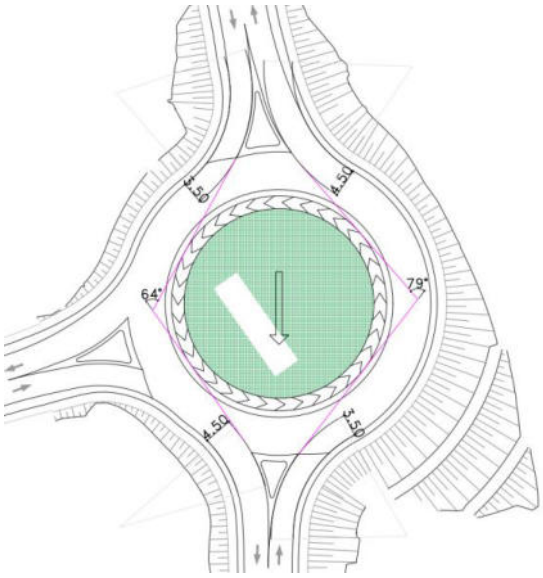


Figura 31 – Rotatoria Baitè – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

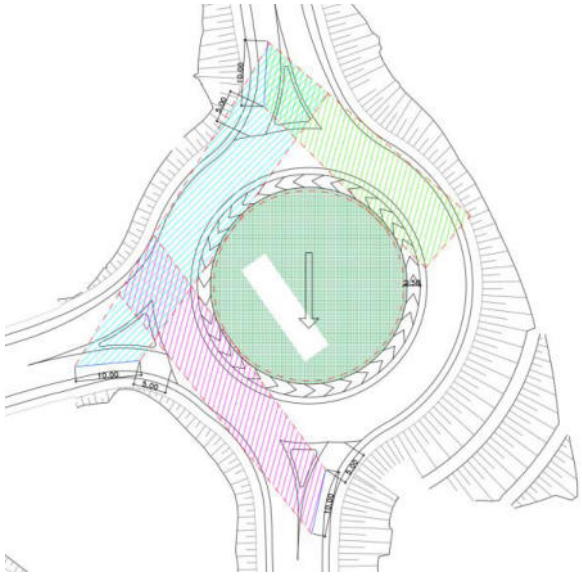


Figura 32. Rotatoria Baitè – Verifica visibilità a sinistra.

5.7.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.8 ROTATORIA IMPERO

5.8.1 Descrizione

La rotatoria Impero è situata al termine della variante di progetto, nella zona della cementeria ICEMS s.r.l., sulla sponda sinistra idraulica del fiume Impero.
Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: Via Ponte Vecchio Sud, Via Ponte Vecchio Nord ed AP05.

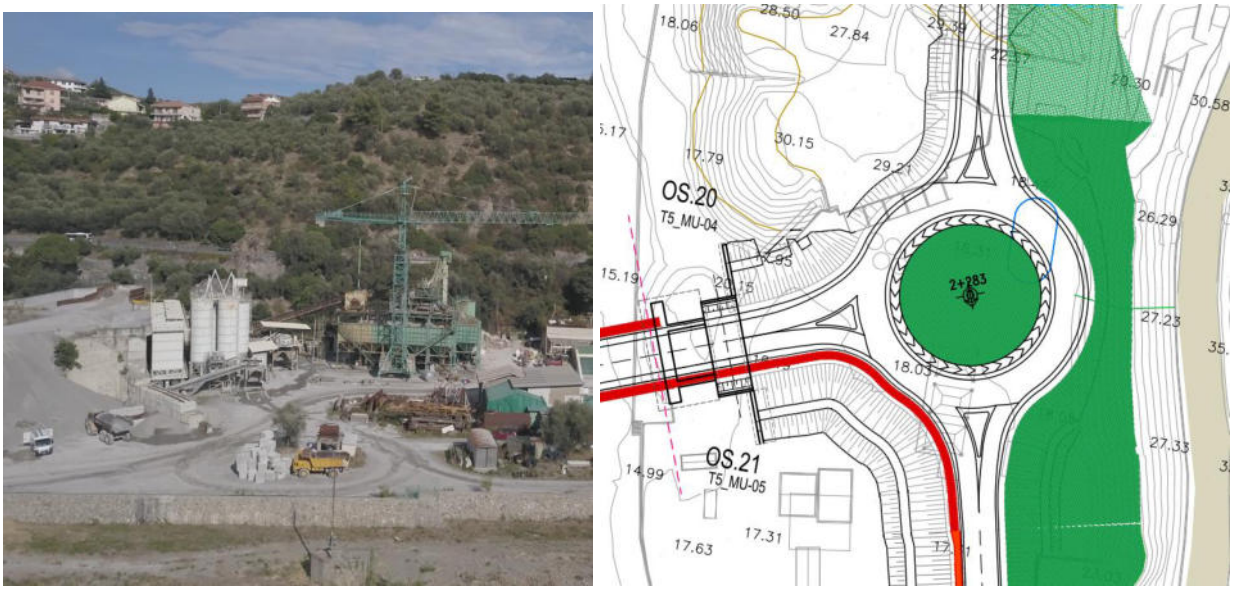


Figura 33 – Rotatoria Impero*: vista della zona di svincolo e planimetria di progetto*

5.8.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.8.2.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che gli angoli di deviazione β sono sempre > 45°, come si può evincere dagli schemi seguenti:

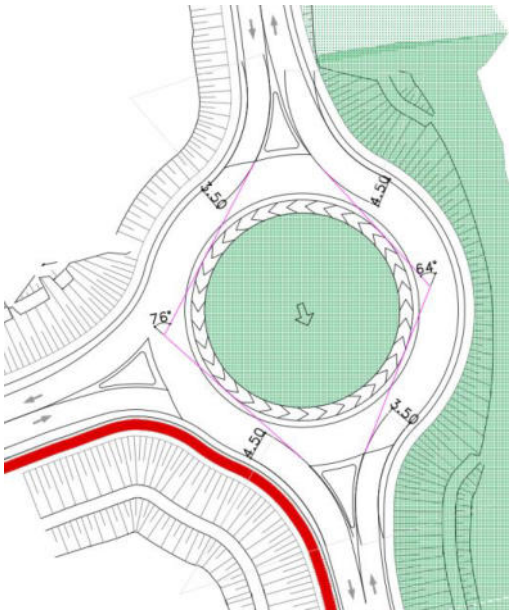


Figura 34 – Rotatoria Impero – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

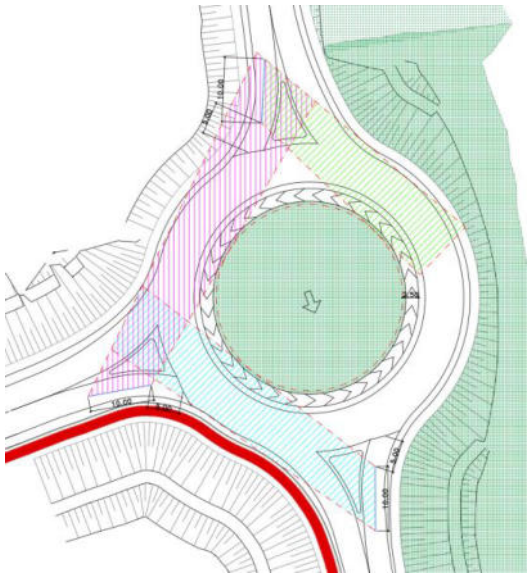


Figura 35. Rotatoria Impero – Verifica visibilità a sinistra.

5.8.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

5.9 ROTATORIA COL DI NAVA

5.9.1 Descrizione

La rotatoria Col di Nava consente lo scambio dei flussi di traffico con la S.S.28 (Via Nazionale) ed è posta subito a nord della rotatoria Impero. A differenza delle altre rotatorie di progetto presenta una corona giratoria da 9 m in quanto le corsie del ramo in ingresso da nord sono due.
Le viabilità che confluiscono nella rotatoria sono: Via Ponte Vecchio Nord e S.S.28.



Figura 36 – Rotatoria Col di Nava: vista della zona di svincolo e planimetria di progetto

5.9.2 Verifiche di rispondenza del progetto al DM 19/04/2006

Per quanto riguarda le dimensioni della rotatoria e dei bracci in essa confluenti si faccia riferimento a quanto riportato al paragrafo 5.1.1. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

5.9.2.1 **Verifiche geometriche**

Sono stati eseguiti i controlli per la deflessione delle traiettorie e risulta che l'angolo di deviazione β è maggiore di 45°solo per la traiettoria proveniente da Via Ponte Vecchio Nord in direzione Nord, come si evince dallo schema seguente.

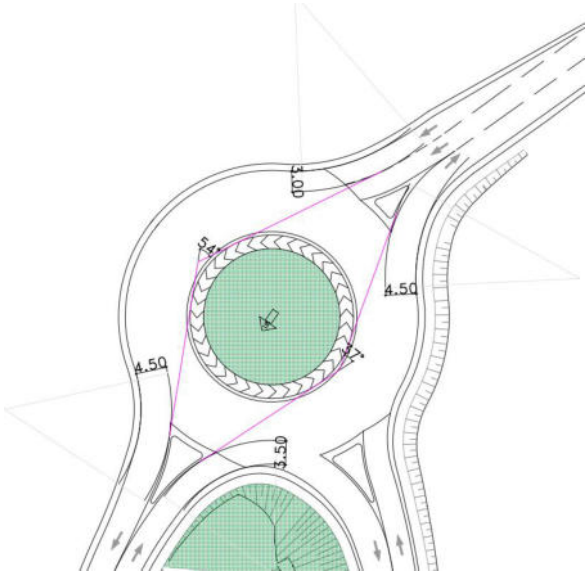
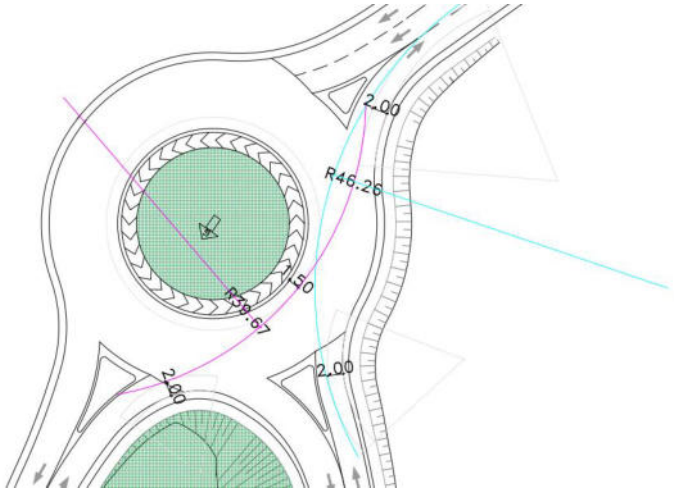


Figura 37 – Rotatoria Col di Nava – Verifica delle traiettorie di deflessione.

Per i casi in cui β<45° e per la traiettoria passante Nord-Sud sulla S.S.28, sulla scorta delle indicazioni del Rapporto di Sintesi "Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali", è stato verificato che la traiettoria, abbia una geometria compatibile con velocità non superiori ai 50 km/h. Infatti, si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita. Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, anche se è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

Nella figura seguente è riportata la verifica di deflessione eseguita in base al criterio sopra delineato, da cui si deduce che i raggi sono tutti sensibilmente inferiori ai 100 m. limite, garantendo quindi la bassa velocità all'interno della rotatoria.



Sono stati altresì eseguiti i controlli per la visibilità a sinistra in base allo schema di normativa e risulta che questa è sempre assicurata per almeno ¼ di corona giratoria, come si evince dallo schema seguente:

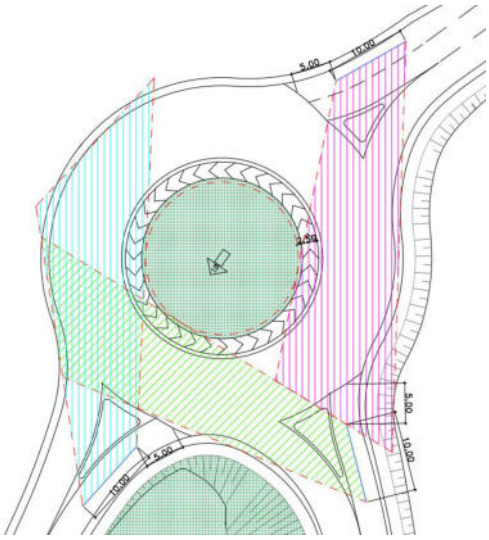


Figura 38. Rotatoria Col di Nava – Verifica visibilità a sinistra.

5.9.2.2 **Verifiche funzionali**

Per le verifiche funzionali si rimanda alla specifica relazione trasportistica.

6 VIABILITA' SECONDARIE

Per la realizzazione della nuova infrastruttura è stato necessario prevedere alcune deviazioni e ricuciture di viabilità alla rete locale e ripristino di accessi soppressi.

Le categorie stradali di tali viabilità, secondo D.M. 05/11/2001, sono:

- **Tipo E**: Via Ballestra Sud, Via Ballestra Nord, Via Littardi, Via Caprile, Via Marte, Via Terzieri, Via Ponte Vecchio Sud;
- **Tipo F1**: Via Strato, Via Ponte Vecchio Nord, Via Nazionale (SS28);
- **Tipo F-urbana**: Nuovo accesso Polizia (Via Littardi Nord).

Per le viabilità di tipo E la larghezza minima della corsia è stata portata a 3,50m in presenza di linee di Trasporto Pubblico Locale.

Le restanti viabilità minori sono da considerarsi a destinazione particolare in quanto prosecuzioni o deviazioni di strade che, per caratteristiche della sezione trasversale o dei parametri planoaltimetrici, non sono riconducibili alle tipologie fissate dal DM. Per esse, quindi, non sono applicabili i criteri progettuali legati alla "velocità di progetto", come precisato al punto 3.5 del DM 05/11/2001. Per queste sono state previste due diverse tipologie di sezione, in funzione delle dimensioni della viabilità preesistente deviata/riconnessa:

- **Tipo 1**: carreggiata da 6.50 m. costituita da due corsie da 2.75 m. fiancheggiate da banchine da 0.50 m.
- **Tipo 2**: carreggiata da 4.00 m. costituita da una corsia da 3.25 m. fiancheggiata da banchine da 0.25 m.;

Gli elementi marginali saranno costituiti da arginelli erbosi contenuti da un cordolo in conglomerato cementizio di larghezza 1,30 m per le viabilità categorizzate mentre 0,75 m per quelle a destinazione particolare. Nel caso di strade in ambito urbano (E, F-urbana) l'elemento marginale sarà invece costituito da marciapiedi da 1.50 m.

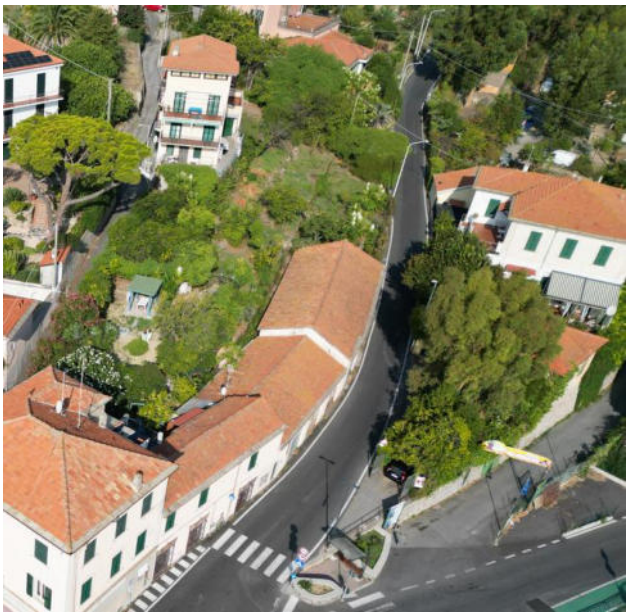
La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma avrà una pendenza strutturale massima del 2/3.

Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

6.1 Via Poggi

L'intervento prevede la modifica del tracciato di Via Poggi in prossimità dell'intersezione con la S.S. 1 Aurelia al fine di migliorarne l'inserimento in rotatoria.

La sezione trasversale della strada esistente è di circa 4 m ed è presente il divieto di transito per i mezzi con lunghezza superiore a 7 m.





Sebbene come detto la sezione corrente attuale è di circa 4m, il tratto deviato previsto in progetto, visto anche il passaggio di trasporto pubblico locale (mini autobus), avrà una sezione pari a 5,60 m, ossia la dimensione minima da codice della strada per garantire il doppio senso di marcia.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 120.00 m



Figura 39. Viabilità Via Poggi

Gli elementi del tracciato plano-altimetrico sono vincolati dal contesto urbanizzato e dalle forti pendenze del terreno esistente.

6.2 Via Aicardi

L'intervento prevede il collegamento di Via Aicardi con Via Poggi.

Sulla strada attuale è presente il divieto di transito per i mezzi con larghezza superiore a 2,4 m e ai mezzi pesanti.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 67,16 m., con una carreggiata da 4.00 m. (sezione tipo locale 2). Il ramo che ritorna verso l'Aurelia viene lasciato con funzione pedonale, per l'accesso ad un caseggiato e la riconnessione al marciapiede della nuova rotatoria.



Figura 40. Viabilità Via Aicardi

Gli elementi del tracciato plano-altimetrico sono vincolati dal contesto territoriale urbanizzato, dalle forti pendenze del ramo esistente di Via Aicardi e dalla funzione stessa della viabilità: essa, difatti, è necessaria per ripristinare gli accessi alle abitazioni presenti nella zona di intervento della rotatoria Aurelia.

In base a quanto sopra descritto, la velocità operativa può ritenersi di 15 km/h.

La regolazione dell'intersezione con Via Giovanni Ballestra Sud avverrà mediante STOP. Le velocità di riferimento saranno:

- Nel tratto tra l'uscita dalla rotatoria V=20 km/h – L'=33,72 m:
- Su Via Poggi Vm= 30km/h - L'= 50,00 m.

Nelle figure seguenti sono riportati i triangoli di visibilità.

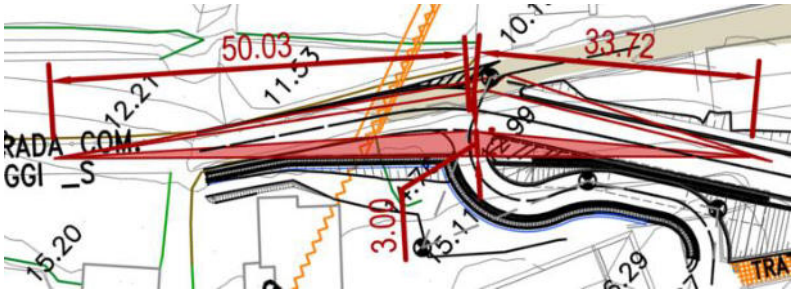


Figura 41. Triangoli visibilità Via Aicardi

Per garantire la corretta visibilità risulta necessario arretrare i muri di sostegno che corrono lungo Via Poggi.

6.3 Via Poggi Nord

La nuova viabilità di progetto si sviluppa in affiancamento all'asse di Via Ballestra Sud, nel tratto prossimo all'ingresso alla rotatoria Prino. Essa consente il ripristino degli accessi alle abitazioni che risultano inibiti per la presenza della suddetta rotatoria.

L'intervento avrà una lunghezza di circa 109,17 m con pendenza media dell'1,50% e con una carreggiata da 4,00 m. (sezione tipo locale 2).

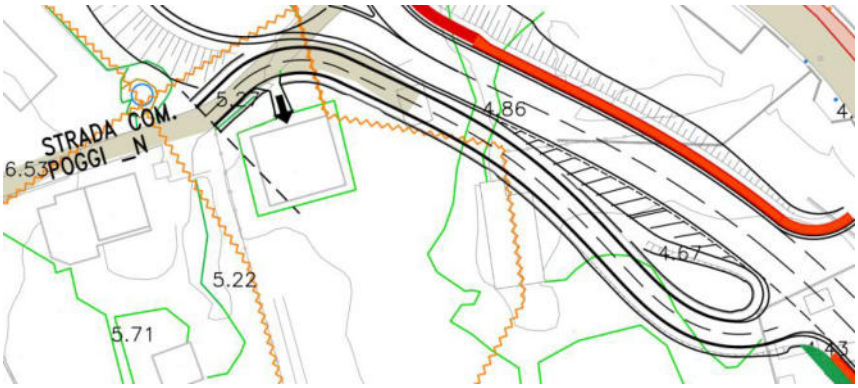


Figura 42. Viabilità Via Poggi Nord



Non sono previste barriere di sicurezza e dunque sono garantite le condizioni di visibilità.

La regolazione dell'intersezione con Via Giovanni Ballestra Sud avverrà mediante STOP. La velocità di riferimento sarà la media della velocità nel tratto tra l'uscita dalla rotatoria (V=30 km/h) e il punto di intersezione (p.k. 0+100.00 – V=49 km/h):

- Vm= 40,50 km/h - L'= 67,80 m.

Per garantire la corretta visibilità risulta necessario arretrare il muro di sostegno che corre lungo Via Ballestra.

Nelle figure seguenti sono riportati i triangoli di visibilità.



Figura 43. Triangoli visibilità Via Poggi Nord

6.4 Via Giovanni Ballestra Sud

La strada attuale costeggia il torrente partendo dalla Via Aurelia in zona “Piani” fino al ponte Prino esistente. L’intervento consente il collegamento della nuova variante di progetto con la S.S. 1 Aurelia.

Ad eccezione dell’approccio alla rotatoria Prino, l’asse segue l’andamento dell’attuale strada arginale.

La viabilità esistente è attualmente costituita da una carreggiata di circa 6,00 m, con una corsia per senso di marcia da 3,00 m, a cui è affiancata una pista ciclabile di circa 2,00 m la quale risulta unicamente realizzata mediante segnaletica orizzontale, senza cordoli di protezione per gli utenti.

L’intervento di progetto prevede di adottare una **sezione Tipo E**, composta da una corsia per senso di marcia di larghezza 3,50 m, come previsto da DM 05/11/2001 nel caso di transito di mezzi pubblici, banchine di larghezza 0,50 m, un marciapiede in destra di 1,50 m e il rifacimento della pista ciclabile in sinistra, ossia nella medesima posizione attuale, rialzata di 15 cm rispetto al ciglio stradale e di larghezza 2,50 m in modo tale da permettere il passaggio degli utenti in entrambi i sensi.

Il tracciato avrà una lunghezza L≅ 480,00 m.





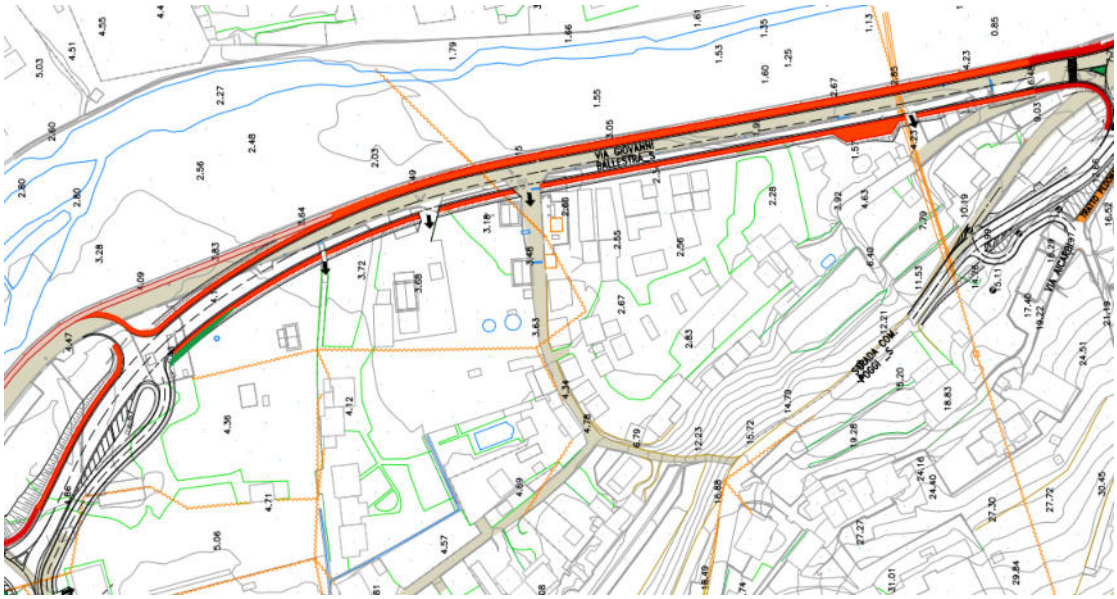


Figura 44. Viabilità Via Giovanni Ballestra Sud

6.4.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.

Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 3,50%.

Di seguito si riporta la tabella di verifica degli elementi planimetrici e altimetrici.

							CURVE DI TRANSIZIONE									RETTIFILI					CURVE CIRCOLARI						
							Clotoide minima				Clotoide max	Val. Effettivo							Val. Effettivo		Raggio minimo				Sviluppo	Val. Effettivo	
WBS	Curva N.	Verso	Transizione	Interposto (C/F/R)	R	Vp	$A_{C,min}$	$A^*_{C,min}$	$A_{min,clt}$	$A_{min,Dl}$	A_R	A_{PROG}	VER	A_1/A_2	VER	L_{MAX}	L_{min}	$L_{MAX,fl}$	L_{PROG}	VER	$R_{min,Vp}$	L_R	$R_{min,Lr}$	VER	Sv_{min}	Sv_{PROG}	VER
					m	km/h	m	m	m	m	m	*m*													m.	*m.*	
BALS	1	S			80	31,6																		*V*	21,9	*27,1*	*V*
			1.A.2		80	36,0	27,2	25,7	26,7	31,0	80,0	***39,0***	V	1,49													
				R		36,2									V	1320		7,8	***0,8***	*V*							
			2.A.1		140	41,7	36,5	35,1	46,7	41,9	140,0	***58,0***	V														
	2	D			140	52,4								0,67	V						52,0		*52*	*V*	36,4	*46,5*	*V*
			2.A.2		140	58,2	71,1	69,1	46,7	49,5	140,0	***87,0***	V														
	3	S			261	60,0								0,79	V						52,0	*89*	*89*	*V*	41,7	*79,0*	*V*
			3.A.2		261	60,0	75,6	74,2	87,0	66,0	261,0	***110,0***	V														
				R		60,0										1320	50	12,0	***88,7***	*V*							
	4	S			2000	49,8															52,0	*89*	*89*	*V*	34,6	*40,8*	*V*
				R		39,9										1320	30	9,6	***76,1***	*V*							

VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI (5.3.2 - 5.3.3 - 5.3.4 del D.M. 2001)

Tipologia strada		Vmin	Vmax	Aderenza	Tipo di	**A**	Arresto		
Cat.	**Tipo**	Km/h	Km/h	autostradal	verifica	**S**	Sorpasso	**h1**	**h2**
E	U	**40**	**60**	NO	A	**C**	Cambio Corsia	1,1	0,1

WBS	N.	pendenze		Tipo raccordo	Δi	R_v	L_{racc}	V_p	DVL	Rmin	Verifica	NOTE
		i_1	i_2			m	m.	Km/h		m.		
BALS	1	-2,00%	-8,00%	Convesso	6,00%	**400**	24	37	**37**	198	OK	
	2	-8,00%	-0,74%	Concavo	7,26%	**800**	58	48	**55**	1025	ATT.	(*)
	3	-0,74%	8,60%	Concavo	9,34%	**750**	70	41	**44**	752	OK	
	4	8,60%	-1,50%	Convesso	10,10%	**170**	17	28	**27**	160	OK	

6.4.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.

A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato inizia in corrispondenza della rotatoria Prino e termina nella rotatoria Aurelia, la velocità di progetto iniziale sarà di 30 km/h e quella finale di 25 km/h.

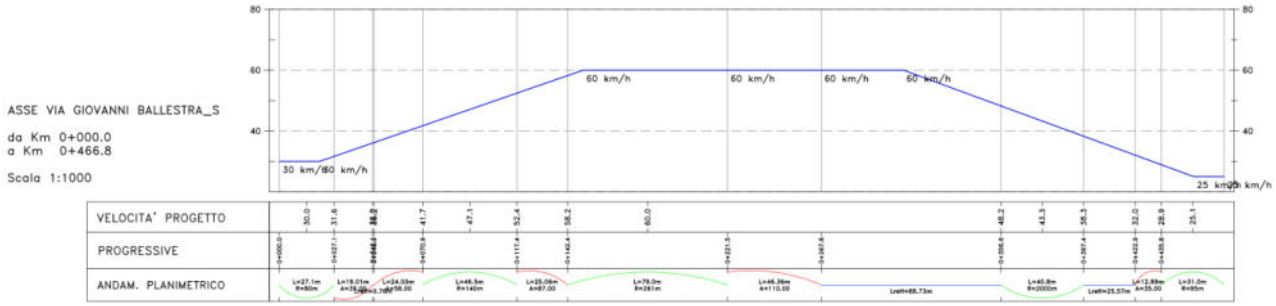


Figura 45: . Diagramma velocità Via Giovanni Ballestra Sud

6.4.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.

Tenendo conto che l'asse è inquadrato come una Tipo E e che quindi Vp,max=60 km/h<70 km/h (limite per installazione barriere) e che per i marciapiedi posti oltre le banchine sono previsti cigli non sormontabili alti 15 cm, non è stato ritenuto necessario l'inserimento di barriere di sicurezza anche nei casi in cui l'altezza del rilevato sia maggiore di 1,00 m.

Sono state comunque condotte le verifiche confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità.

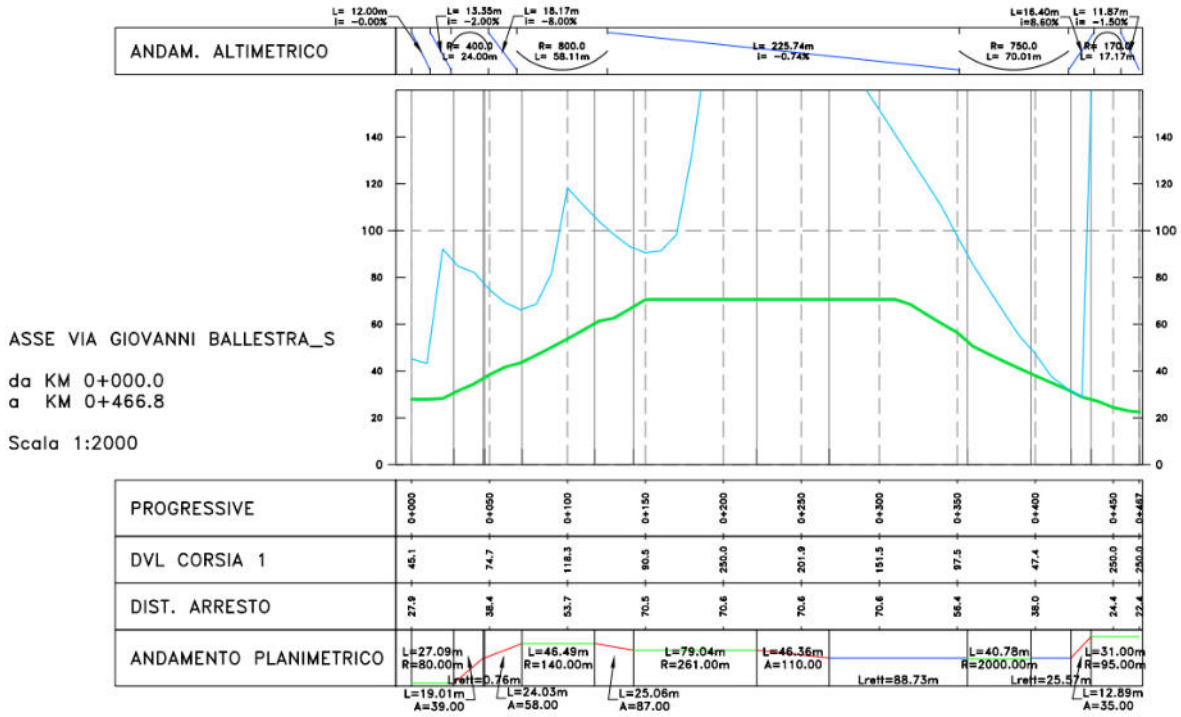


Figura 46: . Diagramma visibilità Via Giovanni Ballestra Sud - Andata

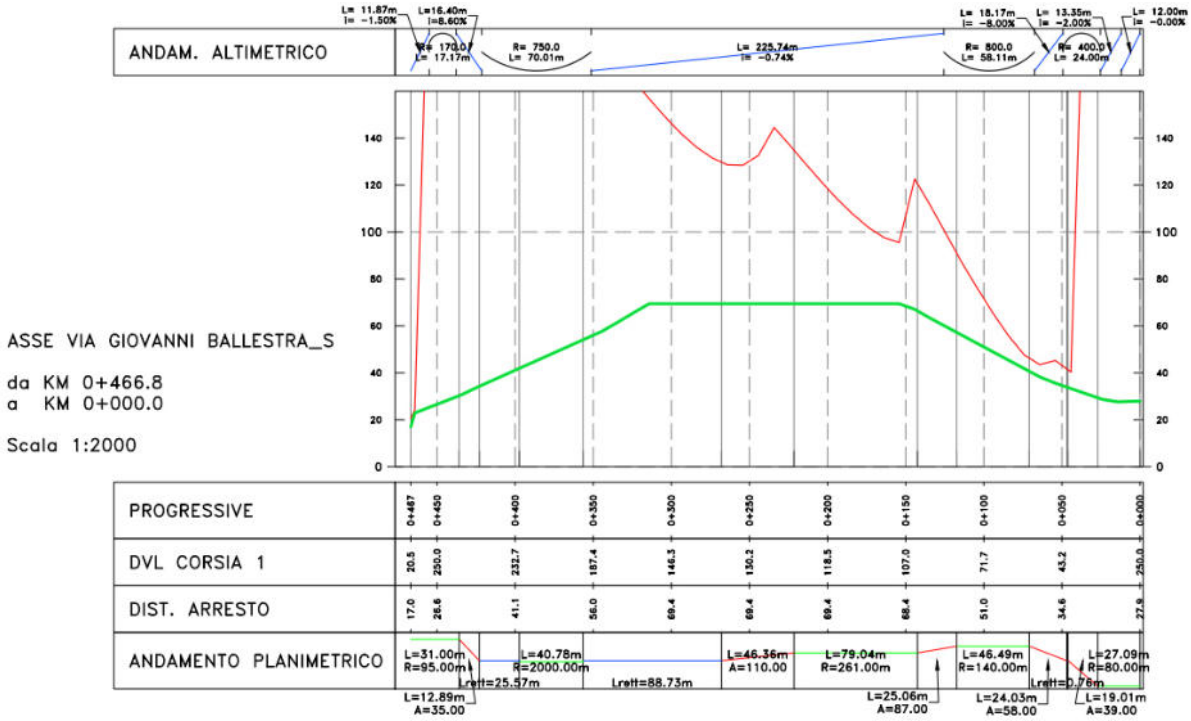


Figura 47: . Diagramma visibilità Via Giovanni Ballestra Sud - Ritorno

6.5 Nuovo accesso Polizia

L'accesso alla Polizia di Stato, situato in prossimità dello svincolo autostradale di Imperia Ovest, risulta incompatibile con il layout della rotatoria di progetto vista la vicinanza con quest'ultima. Il nuovo asse di progetto ha origine da Via Tommaso Littardi, e scavalca la galleria Monte Calvario in corrispondenza dell'imbocco sud per ricucirsi all'accesso esistente.





Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 293,32 m, con una sezione tipo F-urbana con marciapiedi in destra e sinistra di 1,50 m.

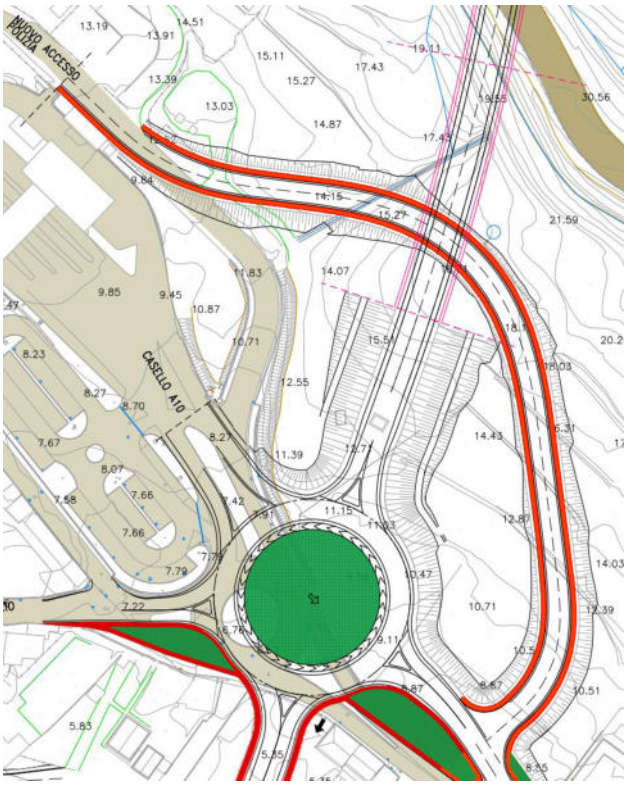


Figura 48. Viabilità Nuovo Accesso Polizia

6.5.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.

Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 3,50%.

Si rimanda al §6.18 per le verifiche plano-altimetriche.

6.5.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.

A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato inizia in corrispondenza dell'accesso esistente e termina all'intersezione con Via Tommaso Littardi, le velocità di progetto iniziale e finale saranno entrambe V_P = 20 km/h.

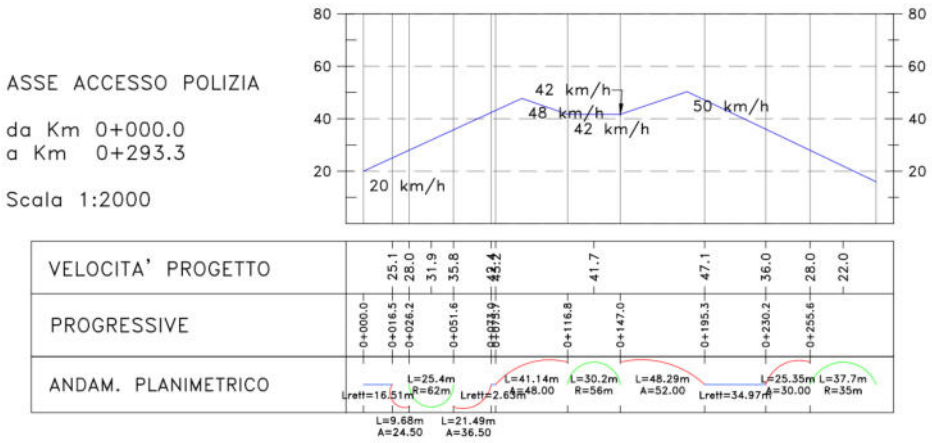


Figura 49: . Diagramma velocità Nuovo Accesso Polizia

6.5.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.

Tenendo conto che l'asse è inquadrato come una Tipo F-urbana e che quindi Vp,max=60 km/h<70 km/h (limite per istallazione barriere) e che per i marciapiedi posti oltre le banchine sono previsti cigli non sormontabili alti 15 cm, non è stato ritenuto necessario l'inserimento di barriere di sicurezza anche nei casi in cui l'altezza del rilevato sia maggiore di 1,00 m.

Sono state comunque condotte le verifiche confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità.

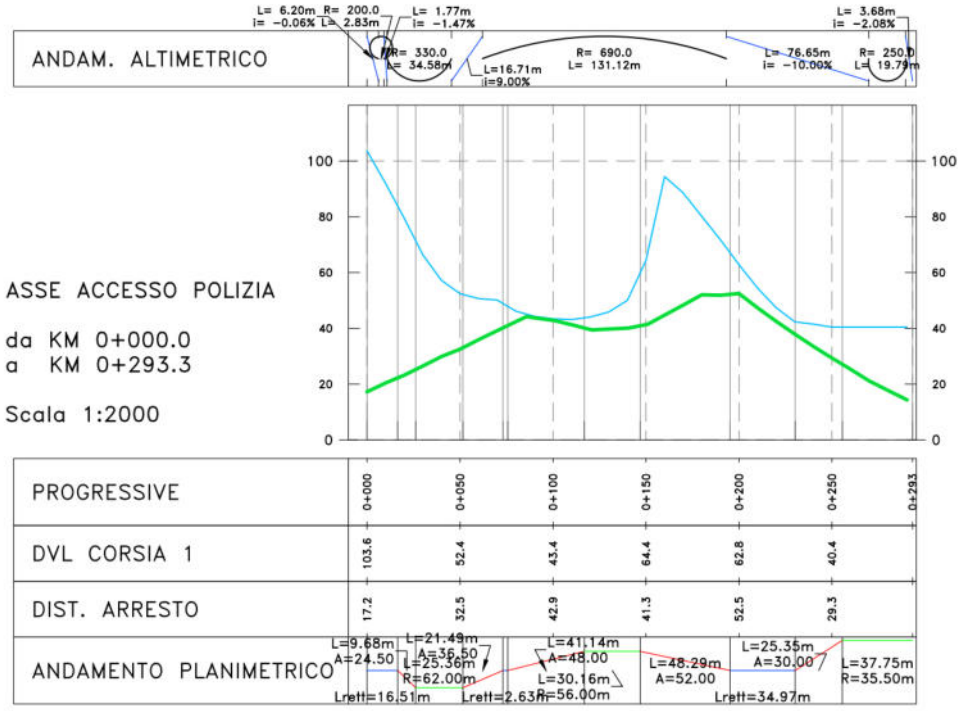


Figura 50: . Diagramma visibilità Nuovo Accesso Polizia - Andata

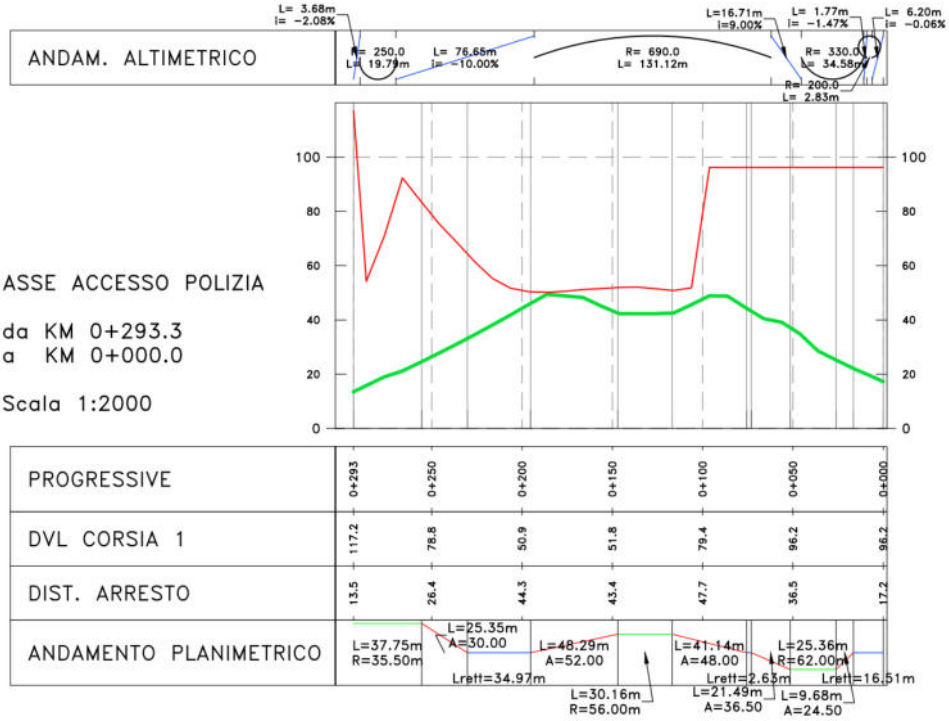


Figura 51: . Diagramma visibilità Nuovo Accesso Polizia - Ritorno

La regolazione dell'intersezione con Via Tommaso Littardi avverrà mediante STOP. La velocità di riferimento considerata è pari a quella corrispondente alla zona di intersezione vista la variabilità dell'andamento del diagramma delle velocità di progetto di Via Littardi.

- Vm= 38,50 km/h - L'= 64,58 m.

Non è stato calcolato il triangolo nella direzione di marcia opposta poiché la verifica perde di significato data la vicinanza con la rotatoria di Imperia Ovest. Per garantire la corretta visibilità risulta necessario arretrare il muro di sostegno che corre lungo Via Littardi.

Nelle figure seguenti sono riportati i triangoli di visibilità.

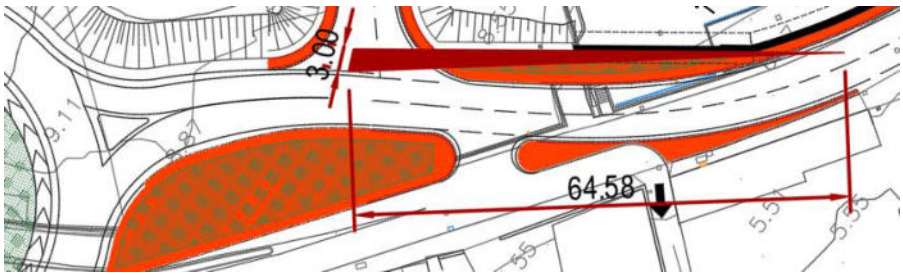


Figura 52. Triangoli visibilità Nuovo Accesso Polizia

6.6 Via Tommaso Littardi

Via Tommaso Littardi collega lo svincoli autostradale di Imperia Ovest con la S.S. 1 Aurelia, costeggiando il campo di atletica leggera "Angelo Lagorio". La realizzazione della rotatoria di progetto Imperia Ovest richiede la modifica del tratto finale di Via Littardi che costituisce uno dei cinque rami in ingresso alla suddetta rotatoria. Gli accessi in sinistra sono stati organizzati sfruttando l'attuale sedime in modo da rispettare la distanza minima degli accessi dall'intersezione e coordinare il ripristino degli accessi stessi.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 192,84 m, con una sezione **Tipo E**.

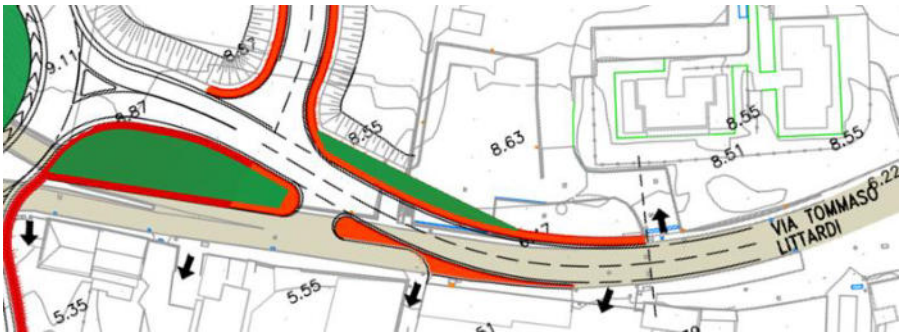


Figura 53: . Viabilità Via Tommaso Littardi



6.6.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.
Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.
Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 3,50%.
Si rimanda al §6.18 per le verifiche plano-altimetriche.

6.6.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.
A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato termina nella rotatoria Imperia Ovest, la velocità di progetto finale sarà V_P = 30 km/h.

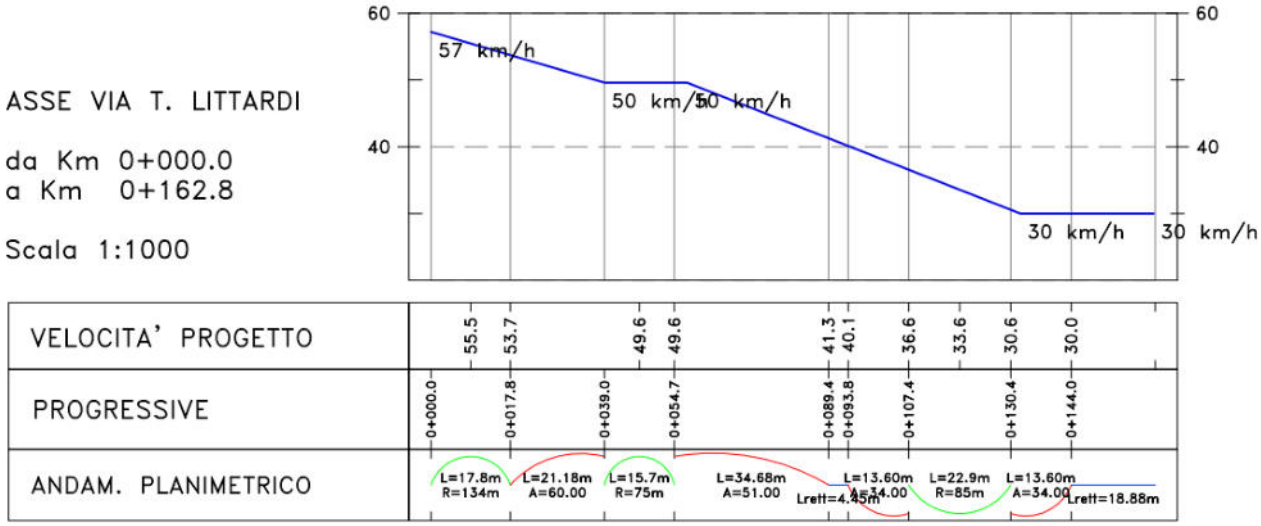


Figura 54: . Diagramma velocità Via Tommaso Littardi

6.6.3 Verifiche di visibilità

Il tracciato non presenta criticità dal punto di vista della visibilità in quanto: gli elementi marginali sono costituiti da marciapiedi con cigli non sormontabili alti 15 cm e non sono presenti barriere o altri ostacoli che limitano la visibilità. Inoltre, l'andamento planimetrico è pressoché pianeggiante e in destra, nel verso delle progressive crescenti. è previsto l'allargamento dovuto al triangolo di visibilità del nuovo accesso alla polizia.

6.7 Via Marte

La rotatoria Caramagna e la spalla A dell'omonimo ponte, interrompono la continuità di Via dei Terzieri. L'intervento, quindi, prevede la realizzazione di una piccola deviazione della viabilità esistente al fine di garantire l'ingresso nella suddetta rotatoria.

Oltre agli accessi esistenti, è stata ripristinata l'intersezione con Via Marte Sud ed i parcheggi esistenti sulla sponda destra idraulica del Caramagna. In corrispondenza di questa zona è prevista una rampa carrabile che garantisce l'accesso all'attuale sedime di Via dei Terzieri, il quale consente l'ispezionabilità del ponte Caramagna come anche del torrente stesso.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 193,90 m, con una sezione tipo E con corsie da 3,50 m per il transito di mezzi pubblici.



Figura 55: . Viabilità Via Marte





6.7.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.

Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 3,50%.

Si rimanda agli allegati grafici per il dettaglio degli elementi geometrici plano-altimetrici.

6.7.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.

A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato inizia in corrispondenza della rotatoria Caramagna, la velocità di progetto iniziale è stata posta V_P = 25 km/h.

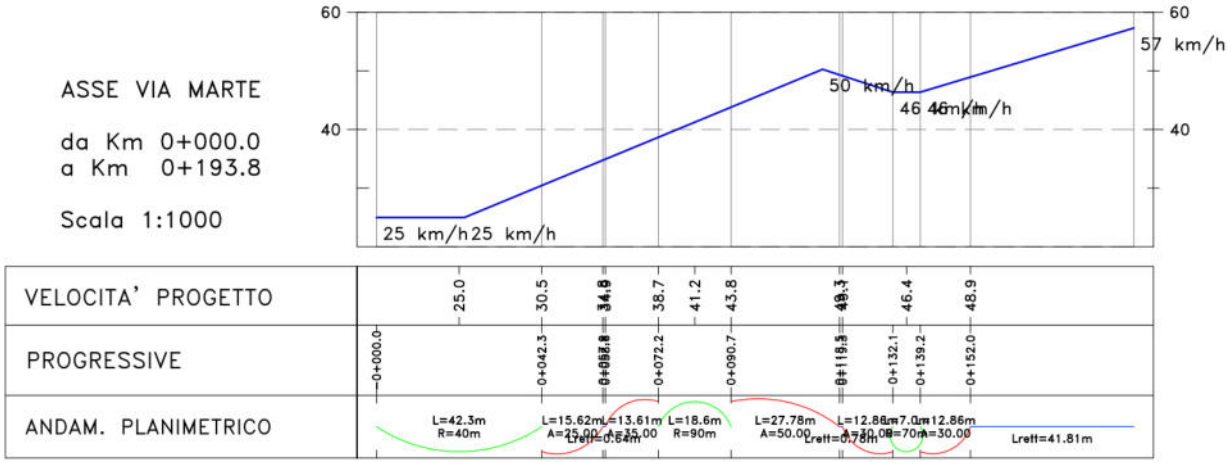


Figura 56: . Diagramma velocità Via Marte

6.7.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.

Nel caso in esame l'ostacolo alla visibilità è costituito dalla presenza delle barriere di sicurezza che dovranno essere previste in testa al muro di sostegno previsto da progetto.

Le verifiche sono state condotte confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità.

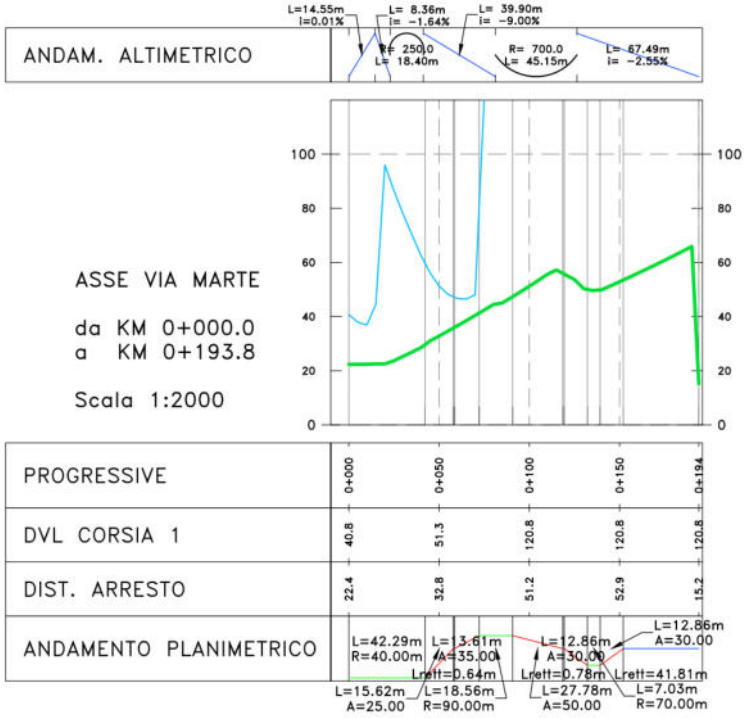


Figura 57: . Diagramma visibilità Via Marte - Andata

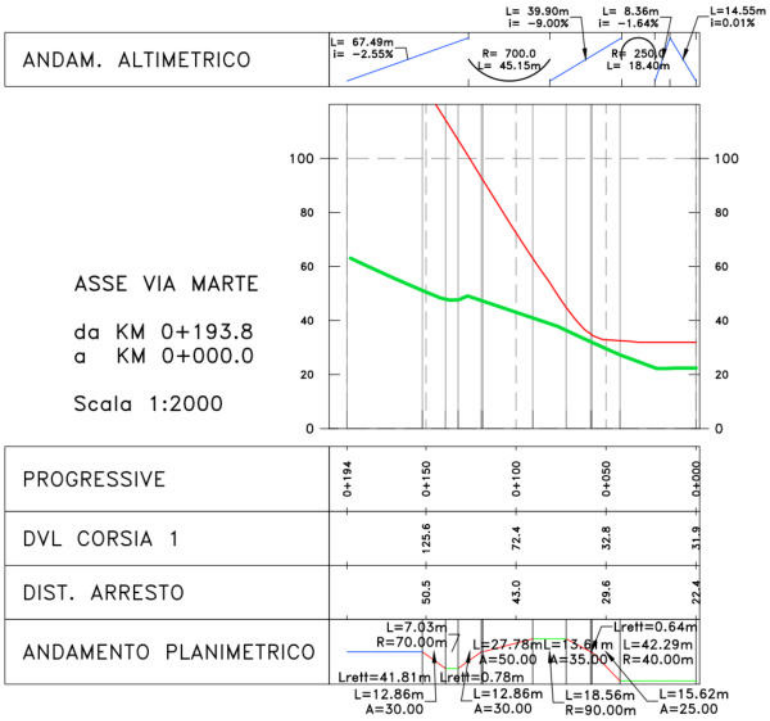


Figura 58: . Diagramma visibilità Via Marte - Ritorno

6.8 Via Terzieri

In analogia a quanto descritto per la viabilità secondaria "Via Marte", è stato necessario deviare la viabilità esistente per riconnetterla alla rotatoria Caramagna.

In corrispondenza della p.k. 0+060.00 è previsto l'accesso all'attuale sedime di Via Terzieri che consente l'ispezionabilità del ponte Caramagna come anche del torrente stesso.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 202,80 m, con una sezione tipo E con corsie da 3,50 m per il transito di mezzi pubblici.



Figura 59: . Viabilità Via Terzieri



6.8.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.

Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 3,50%.

Si rimanda al §6.18 per le verifiche plano-altimetriche.

6.8.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.

A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato termina in corrispondenza della rotatoria Caramagna, la velocità di progetto finale è stata posta V_P = 25 km/h.

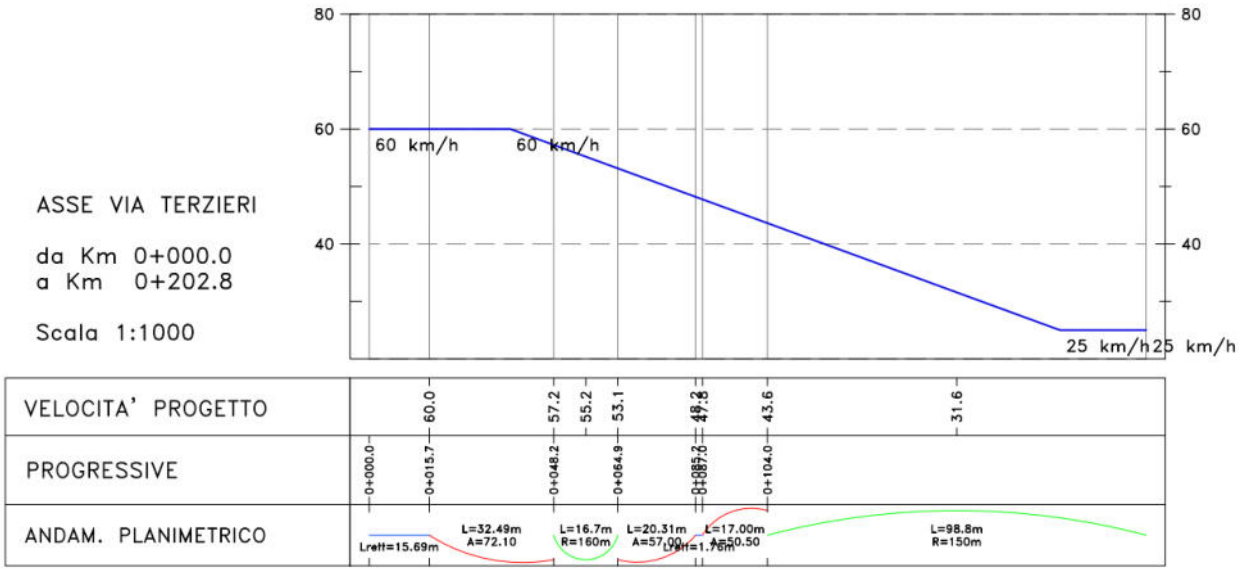


Figura 60: . Diagramma velocità Via Terzieri

6.8.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.

Nel caso in esame l'ostacolo alla visibilità è costituito dalla presenza delle barriere di sicurezza che dovranno essere previste in testa al muro di sostegno previsto da progetto.

Le verifiche sono state condotte confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità.

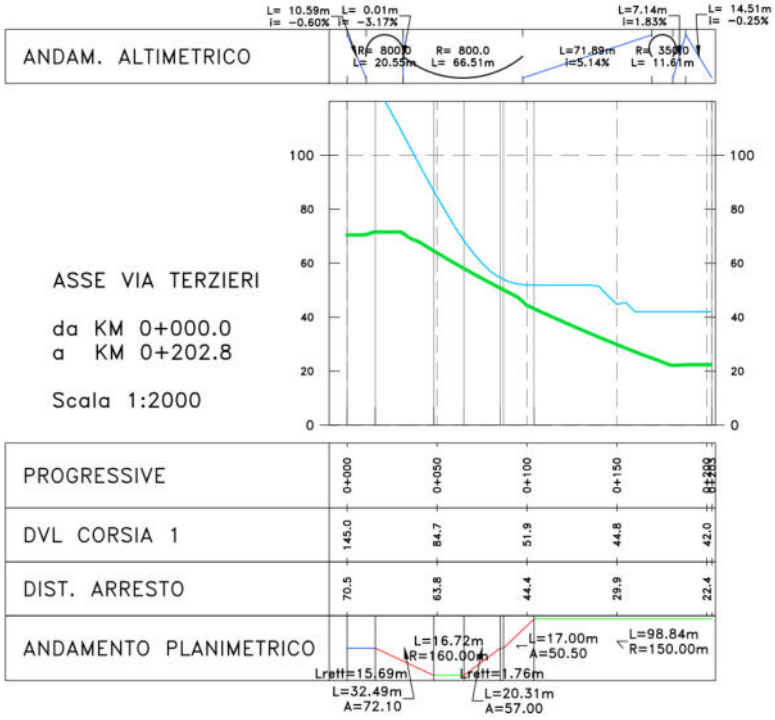


Figura 61: . Diagramma visibilità Via Terzieri – Andata

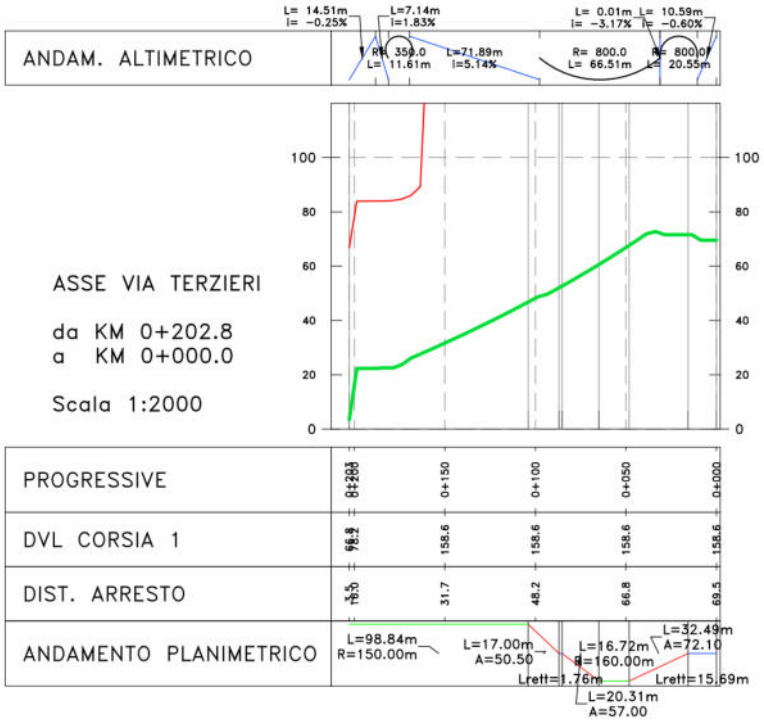


Figura 62: . Diagramma visibilità Via Terzieri - Ritorno

6.9 Via Lorenzo Acquarone

L'attuale sedime di Via Lorenzo Acquarone si sviluppa verso nord, partendo dalla zona del porto di Imperia e, in prossimità dell'Autostrada dei Fiori, interseca Via Artallo con una mini rotatoria (D ≅ 22 m).

L'intervento di progetto prevede la modifica della viabilità esistente al fine di consentire il corretto ingresso nella rotatoria di progetto di Artallo.

L'intervento avrà una lunghezza di circa 254,70 m con pendenza del 10%.

La sezione trasversale è stata mantenuta coerente con il tratto esistente e, nel dettaglio è così articolata: corsie da 3,50 m, banchine da 1,00 m, stalli di sosta in sinistra di larghezza 2,00 m e profondità 5,00 m e marciapiede in sinistra pari a 1,50 m.



Figura 63. Viabilità Via Lorenzo Acquarone



Il tracciato non presenta criticità dal punto di vista della visibilità in quanto l'asse è pressoché rettilineo. Inoltre, le velocità di progetto risultano modeste vista la presenza della rotatoria e l'ambito urbano in cui si colloca l'intervento.

6.10 Via Artallo Ovest

Via Artallo ha origine dalla zona del porto di Imperia e termina nella frazione di Artallo. Si sviluppa parallelamente a Via Lorenzo Acquarone, ad est di quest'ultima. In analogia a quanto descritto per la viabilità secondaria "Via Acquarone", è stato necessario modificare il tratto in approccio alla rotatoria Artallo per riconnetterla correttamente.

L'intervento avrà una lunghezza di circa 150,00 m con pendenza del 5,37% e con una carreggiata da 6.50 m. (sezione tipo locale 1).

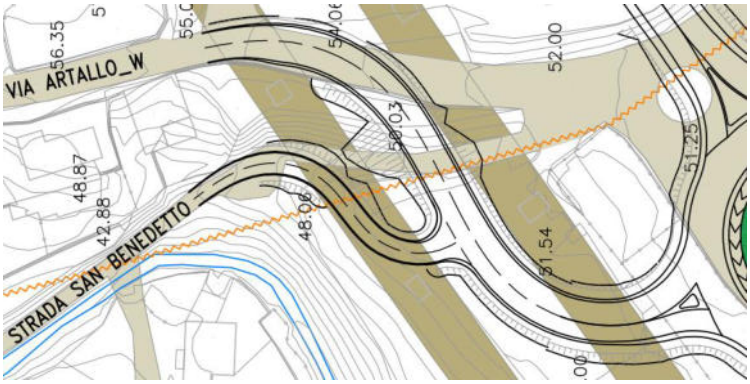


Figura 64. Viabilità Via Artallo Ovest



6.11 Via Artallo Sud

La seguente viabilità ripristina il collegamento tra Via Lorenzo Acquarone e Via Artallo, altrimenti interdetto dalla presenza della nuova rotatoria di progetto di Artallo, e si pone a sud dell'intersezione stessa.
L'intervento avrà una lunghezza di circa 95,00 m con pendenza del 6,74% e con una carreggiata da 6.50 m. (sezione tipo locale 1).

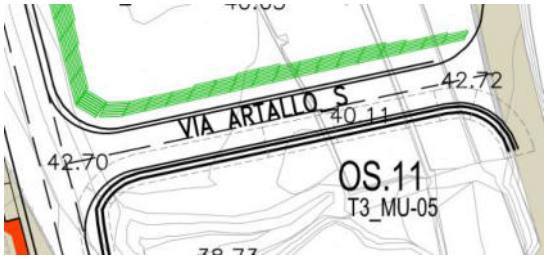


Figura 65. Viabilità Via Artallo Sud

Il tracciato non presenta criticità dal punto di vista della visibilità, in quanto l'asse è rettilineo e le velocità di progetto risultano modeste vista lo sviluppo ridotto.
La regolazione dell'intersezione con Via Lorenzo Acquarone avverrà mediante STOP. La velocità di riferimento per i veicoli provenienti dalla rotatoria è stata posta pari a 37,50 km/h mentre, nel senso di marcia opposto, è stato considerato il limite amministrativo di 50 km/h.

- Vm= 37,50 km/h - L'= 62,50 m;
- Vm= 50,00 km/h - L'= 83,35 m;

Nelle figure seguenti sono riportati i triangoli di visibilità.



Figura 66. Triangoli visibilità Via Artallo Sud

6.12 Strada San Benedetto

La Strada San Benedetto si dirama a partire da Via Artallo. A seguito della modifica di quest'ultima è stato necessario ricollocare l'intersezione tra le due viabilità.

L'intervento avrà una lunghezza di circa 68,00 m con pendenza del 17.30% e con una carreggiata da 4,00 m. (sezione tipo locale 2).



Figura 67. Viabilità Strada San Benedetto



Gli elementi del tracciato plano-altimetrico sono vincolati dalla presenza delle pile del viadotto autostradale e dalle forti pendenze dell'attuale Strada San Benedetto (17%).
In base a quanto sopra descritto, la velocità operativa può ritenersi di 15 km/h.
Gli elementi marginali non costituiscono ostacolo alla visibilità.

6.13 Via Giovanni Strato

Via Giovanni Strato ha origine in corrispondenza del Comando dei Vigili del Fuoco di Imperia. L'intervento consiste in una modifica dell'asse al fine di consentire un migliore inserimento nella rotatoria Baitè.
Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 295,30 m, con una **sezione tipo F1**.

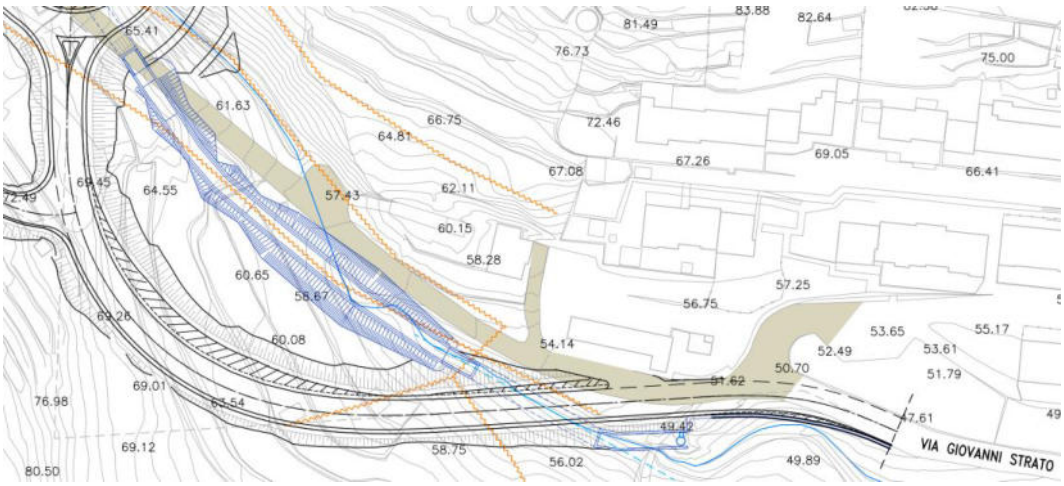


Figura 68: . Viabilità Via Giovanni Strato



6.13.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.
Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 7,00%.
Si rimanda al §6.18 per le verifiche plano-altimetriche.

6.13.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.
A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato inizia in corrispondenza della rotatoria Baitè, la velocità di progetto iniziale è stata posta V_P = 30 km/h.
La velocità operativa del tratto esistente di Via Strato cui ci si riconnette è determinata in 40 km/h date le caratteristiche della sezione e della planoaltimetria.

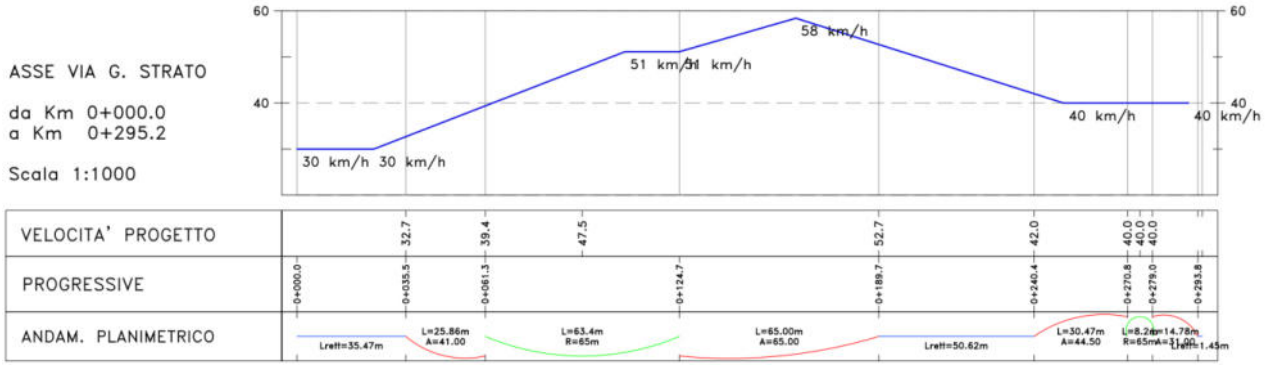


Figura 69: . Diagramma velocità Via Giovanni Strato

6.13.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.
Nel caso in esame l'ostacolo alla visibilità è costituito dalla presenza delle barriere di sicurezza, che dovranno essere previste, dato che per un lungo tratto il tracciato è in rilevato ed ha un'altezza superiore a 1.00 m.
Le verifiche sono state condotte confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità. Dalle analisi risulta un allargamento 3,70 m.

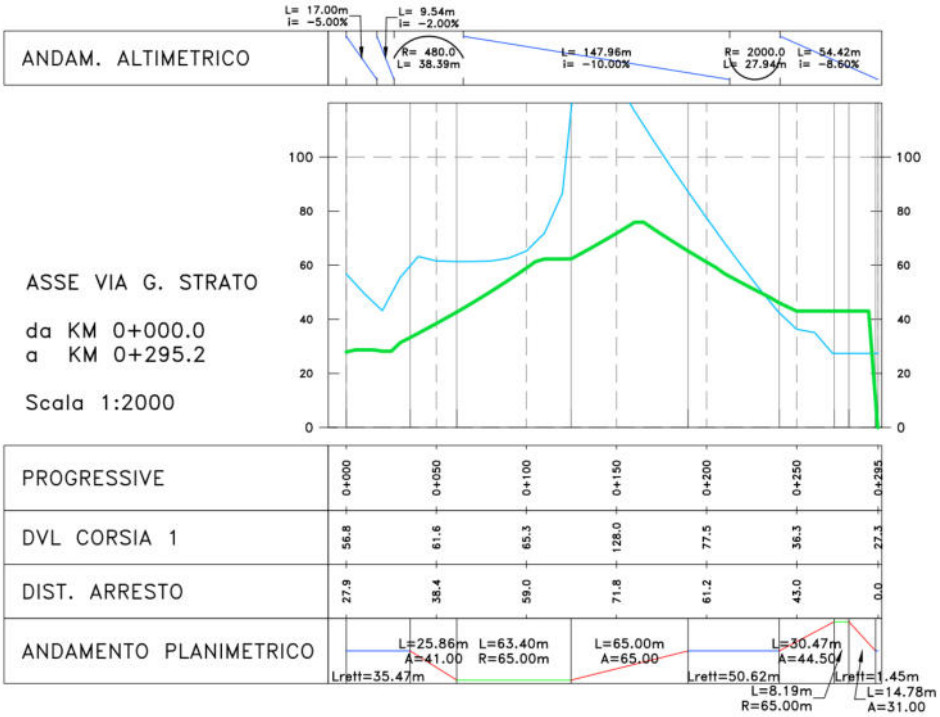


Figura 70: . Diagramma visibilità Via Giovanni Strato – Andata senza allargamento

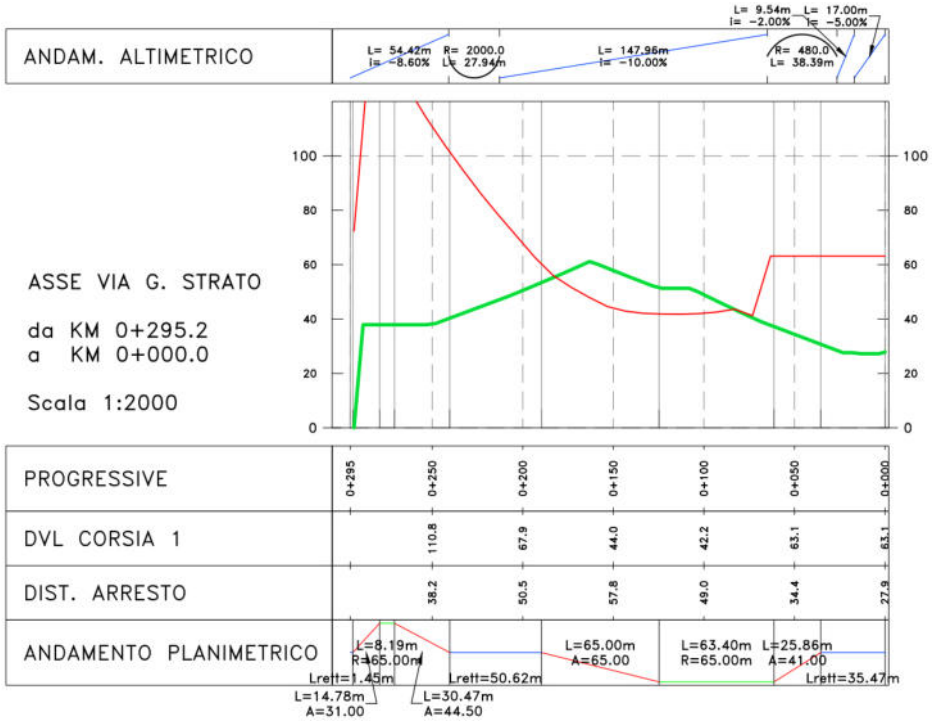


Figura 71: . Diagramma visibilità Via Giovanni Strato – Ritorno senza allargamento

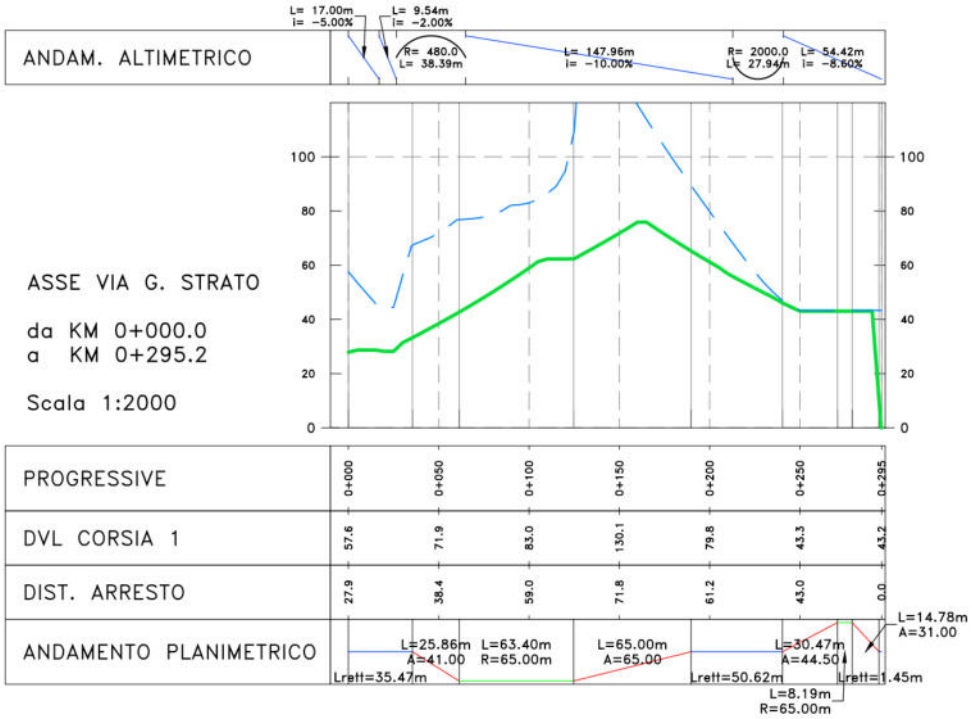


Figura 72: . Diagramma visibilità Via Giovanni Strato – Andata con allargamento

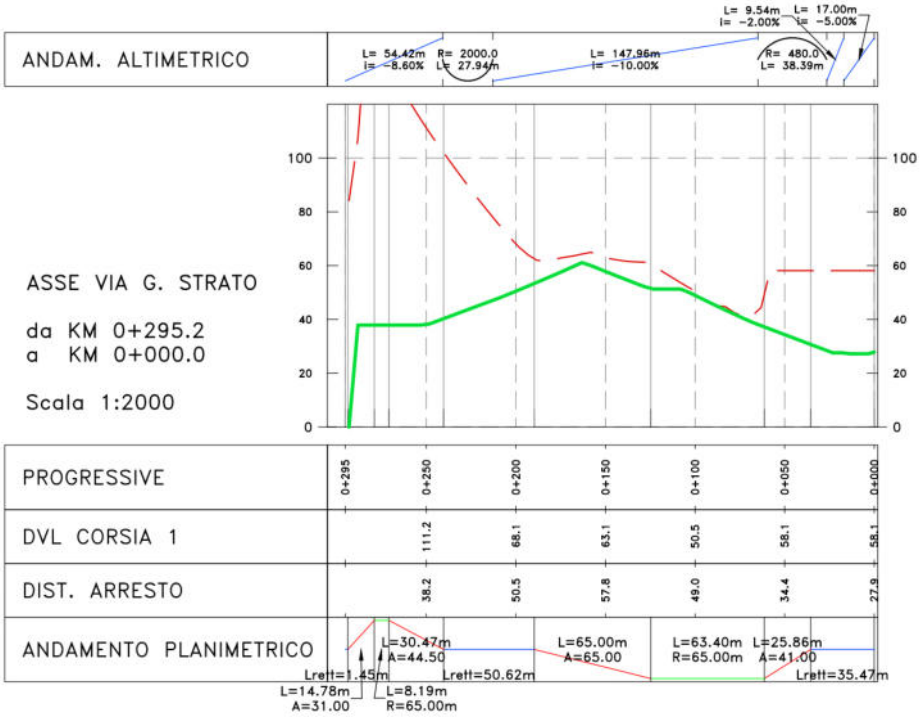


Figura 73: . Diagramma visibilità Via Giovanni Strato – Ritorno con allargamento

La regolazione dell'intersezione di Via Giovanni Strato con la nuova viabilità di progetto avverrà mediante STOP. La velocità di riferimento per i veicoli provenienti dalla rotatoria è stata valutata in base al diagramma

delle velocità mentre, nel senso di marcia opposto, è stata posti pari a 38,30 km/h a seguito dell'analisi del tracciato.

- Vm= 52,50 km/h - L'= 87,43 m;
- Vm= 38,30 km/h - L'= 63,92 m.

Nelle figure seguenti sono riportati i triangoli di visibilità.



Figura 74. Triangoli visibilità Via Giovanni Strato

6.14 Nuovo accesso al campo sportivo da rugby

La viabilità di progetto ripristina il collegamento con l'impianto sportivo, altrimenti interdetto dalla rotatoria Baitè.

L'intervento avrà una lunghezza di circa 219,00 m con pendenza massima del 13.50% e con una carreggiata da 6,50 m. (sezione tipo locale 1).

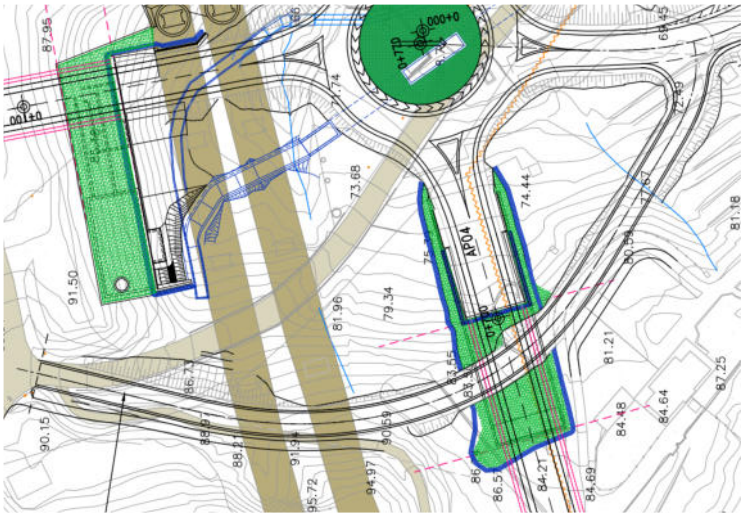


Figura 75. Viabilità Accesso campo da rugby



Gli elementi del tracciato plano-altimetrico sono vincolati dalla presenza delle pile del viadotto autostradale e dalla necessità di garantire un franco minimo tra l'estradosso della galleria Meriello e l'asse di progetto.
In base a quanto sopra descritto, la velocità operativa può ritenersi di 20 km/h.
Gli elementi marginali non costituiscono ostacolo alla visibilità.

6.15 Strada privata Villaggio Verde

La viabilità esistente affianca l'asse principale nel tratto compreso tra l'uscita nord della galleria Bardellini e la spalla A del Ponte Impero. L'intervento prevede la deviazione della strada in base a seguito della sistemazione finale della zona di uscita della galleria.
L'intervento avrà una lunghezza di circa 163,70 m con pendenza massima del 18% e con una carreggiata da 5,00 m.

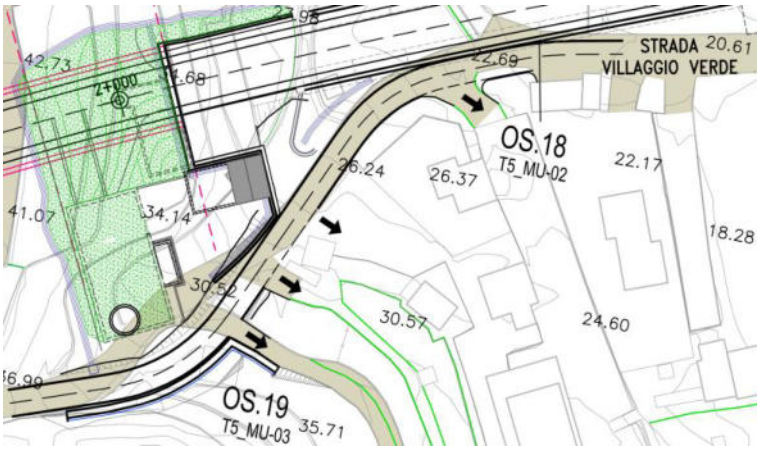


Figura 76. Viabilità Strada Privata Villaggio Verde





Gli elementi del tracciato plano-altimetrico sono vincolati dal sedime della viabilità attuale e dalla necessità di garantire gli accessi ai residenti e ai due nuovi piazzali collocati all'uscita della galleria Bardellini.

In base a quanto sopra descritto, la velocità operativa può ritenersi di 20 km/h.

Non sono presenti barriere di sicurezza e dunque gli elementi marginali non costituiscono ostacolo alla visibilità.

6.16 Via Ponte Vecchio Nord

L'asse di Via Ponte Vecchio Nord unisce la rotatoria di Impero e quella di Col di Nava. Attraverso questo asse avviene lo scambio dei flussi veicolari tra la S.S. 28 e l'asse principale di progetto.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 423.90 m, con una **sezione tipo F1.**

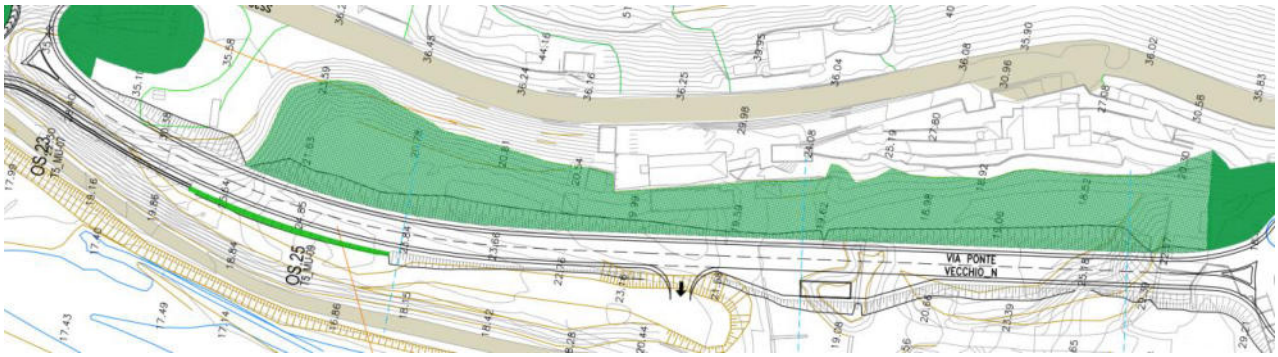


Figura 77: Viabilità Via Ponte Vecchio Nord

6.16.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.

Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 7,00%.

Si rimanda al §6.18 per le verifiche plano-altimetriche.

6.16.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.

A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato inizia in corrispondenza della rotatoria Impero e termina in corrispondenza della rotatoria Col di Nava, la velocità di progetto iniziale sarà V_P = 30 km/h mentre quella finale sarà V_P = 25 km/h.

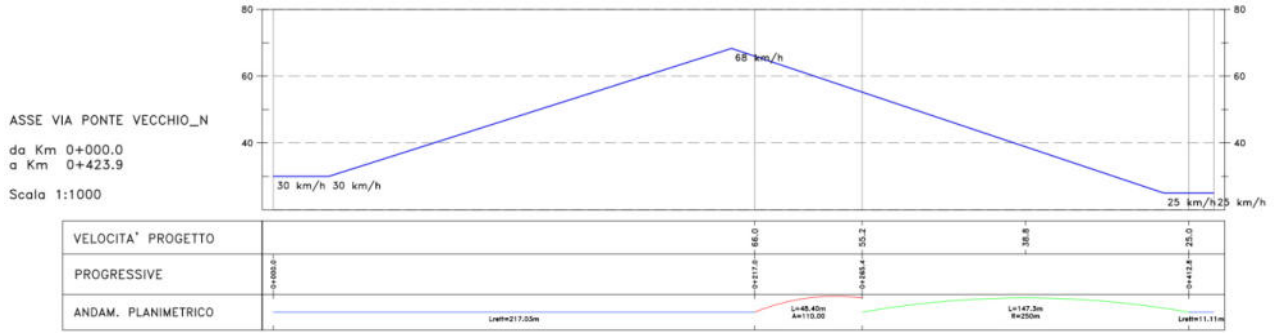


Figura 78: . Diagramma velocità Via Ponte Vecchio Nord

6.16.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.

Nel caso in esame l'ostacolo alla visibilità è costituito dalla presenza delle barriere di sicurezza, che dovranno essere previste, dato che per un lungo tratto il tracciato è in rilevato ed ha un'altezza superiore a 1.00 m.

Le verifiche sono state condotte confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto, entrambe calcolate in base al diagramma della velocità.

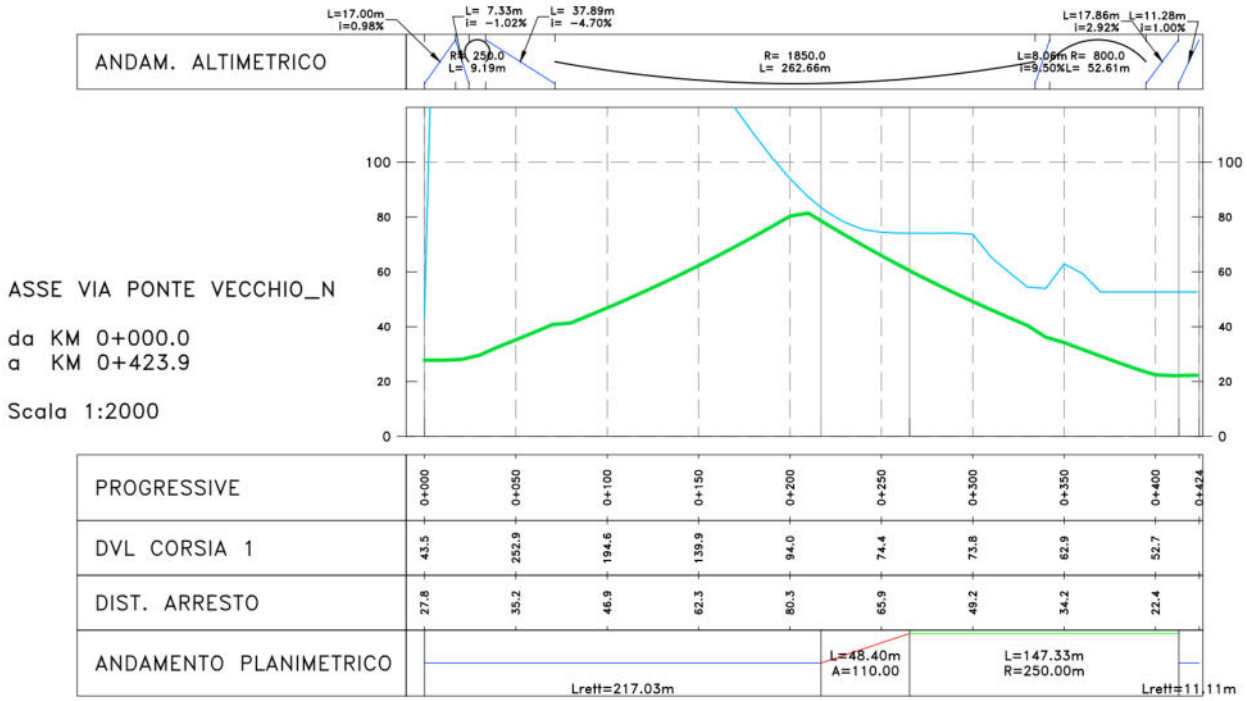


Figura 79: . Diagramma visibilità Via Ponte Vecchio Nord - Andata

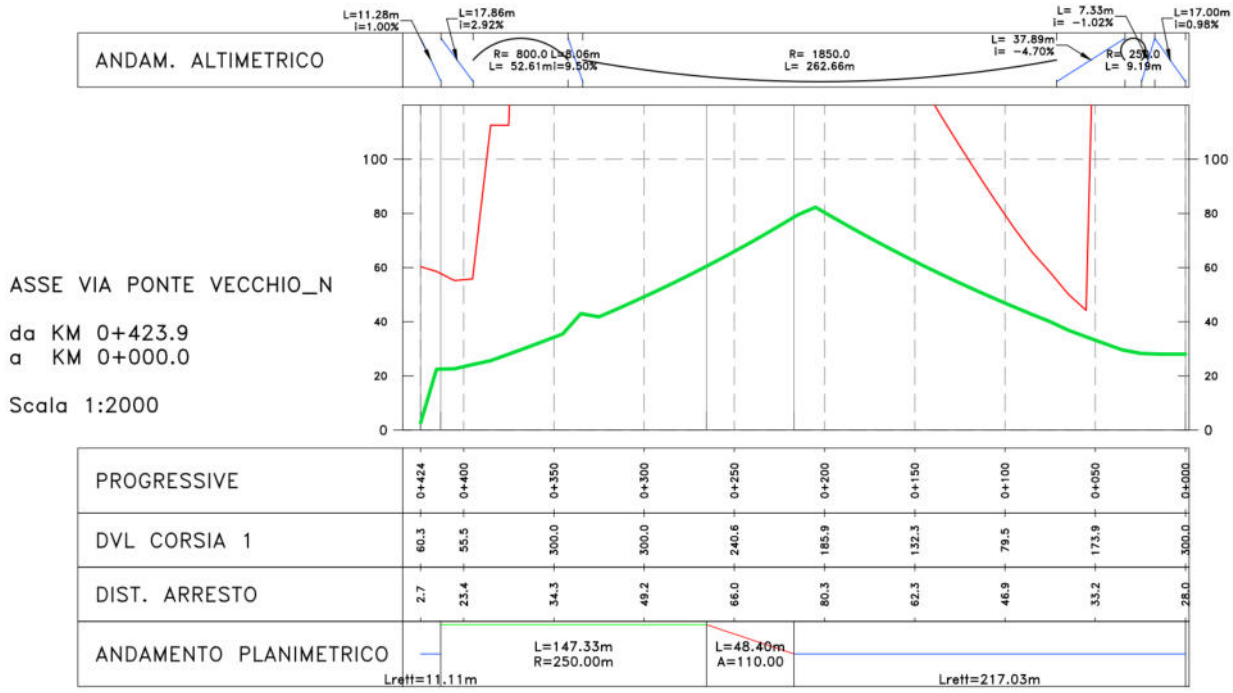


Figura 80: . Diagramma visibilità Via Ponte Vecchio Nord - Ritorno

6.17 Via Ponte Vecchio Sud

L'intervento consiste nella deviazione di Via Ponte Vecchio, che attualmente termina con una intersezione a T con la S.S. 28, per costituire il ramo sud della rotatoria Impero.

Il tracciato avrà una lunghezza L ≅ 369,10 m, con una **sezione tipo E** con corsie da 3,50 m per il transito di mezzi pubblici.

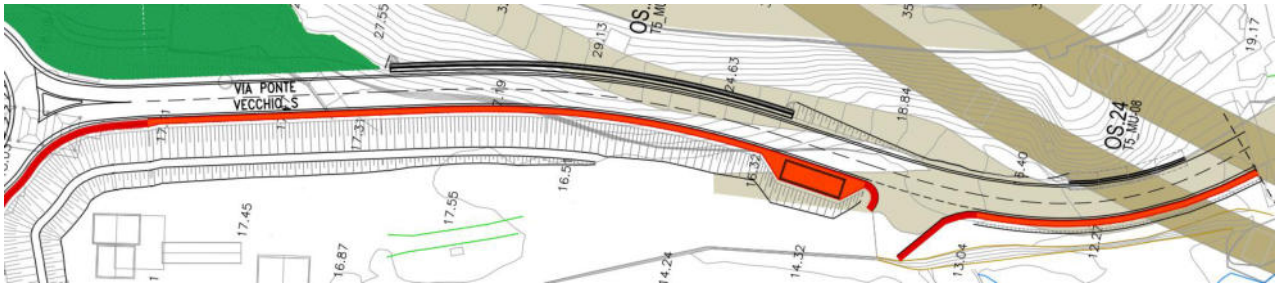


Figura 81: . Viabilità Via Ponte Vecchio Sud



6.17.1 Andamento planimetrico e altimetrico

Gli elementi compositivi del tracciato planimetrico dell'asse sono in linea con la normativa.

Anche l'andamento altimetrico, a sua volta, è coerente con le indicazioni di normativa, sia per quanto riguarda le livellette, sia i raccordi verticali.

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, con una piattaforma avente una pendenza minima del 2.5% e massima del 3,50%.

Si rimanda al §6.18 per le verifiche plano-altimetriche.

6.17.2 Diagramma di velocità

Il diagramma delle velocità è stato redatto per ogni senso di marcia.

A tal proposito si precisa che, poiché il tracciato inizia in corrispondenza della rotatoria Caramagna, la velocità di progetto finale è stata posta V_P = 30 km/h.

La velocità finale è vincolata dalla presenza di un raccordo altimetrico, immediatamente successivo al tratto in cui si interviene, di raggio 180 m, tale da limitare la V_P di sicurezza a 40 km/h.

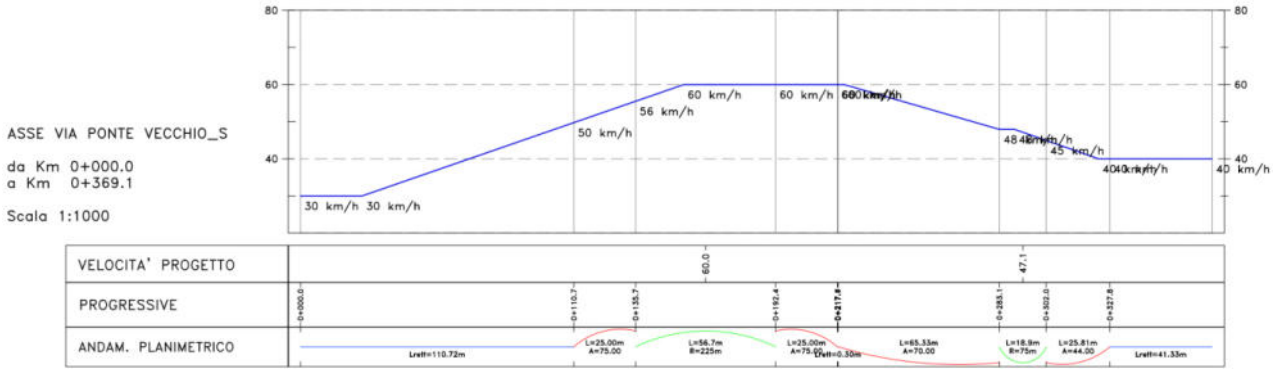


Figura 82: . Diagramma velocità Via Ponte Vecchio Sud

6.17.3 Verifiche di visibilità

Lungo tutto il tracciato dev'essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.
Tenendo conto che l'asse è inquadrato come una Tipo E e che quindi Vp,max=60 km/h<70 km/h (limite per istallazione barriere) e che per i marciapiedi posti oltre le banchine sono previsti cigli non sormontabili alti 15 cm, non è stato ritenuto necessario l'inserimento di barriere di sicurezza anche nei casi in cui l'altezza del rilevato sia maggiore di 1,00 m.

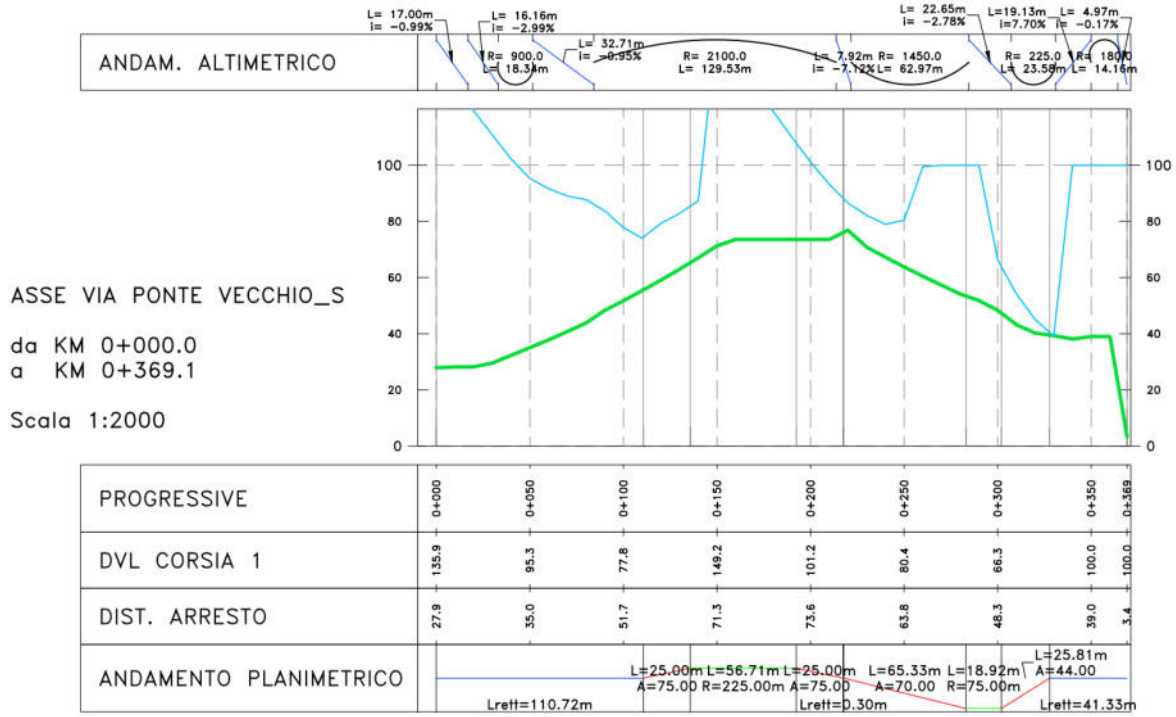


Figura 83: . Diagramma visibilità Via Ponte Vecchio Sud – Andata

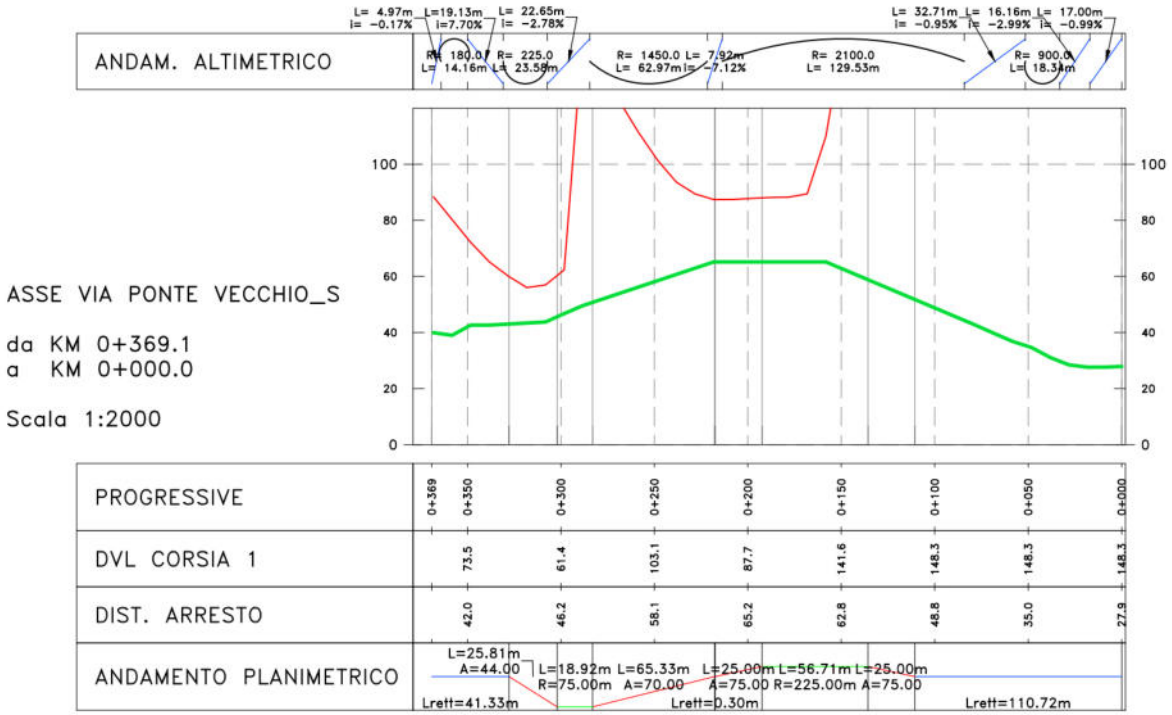


Figura 84: . Diagramma visibilità Via Ponte Vecchio Sud – Ritorno

6.18 Verifiche rispondenza al D.M. 05/11/2001

6.18.1 Andamento planimetrico

WBS	Curva N.	Verso	Transizione	Interposto (C/F/R)	R	Vp	CURVE DI TRANSIZIONE: Clotoide minima $A_{C,min}$	$A^*_{C,min}$	$A_{min,ott}$	$A_{min.Di}$	Clotoide max A_R	Val. Effettivo A_{PROG}	VER	A_1/A_2	VER	RETTIFILI: L_{MAX}	L_{min}	$L_{MAX,fl}$	Val. Effettivo L_{PROG}	VER	CURVE CIRCOLARI: Raggio minimo $R_{min,Vp}$	L_R	$R_{min,Lr}$	VER	Sviluppo Sv_{min}	Val. Effettivo Sv_{PROG}	VER	NOTE
					m	km/h	m	m	m	m	m	*m*													m.	*m.*		
BALN				R		50,6										1320	40	4,7	***1,2***	***V***								
	1	S			**1150**	57,9															52,0	*2*	*2*	***V***	40,2	*110,8*	***V***	
				R		83,0										1320	90	31,2	***1,8***	***V***								
LITT	1	S			**134**	57,0															52,0		*52*	***V***	39,6	*17,8*	***X***	Curva esistente
			1.A.2		134	53,7	60,6	59,1	44,7	10,8	134,2	***60,0***	V															
				R		100,0									X	1320	150	16,0	***636,9***	***V***								
			2.A.1		75	61,7	79,9	73,9	25,0	49,4	75,0	***140,0***	X	1,18														
	2	D			**75**	49,6									V						52,0		*52*	***V***	34,4	*15,7*	***X***	Adeguamento esistente
			2.A.2		75	49,6	51,7	49,7	25,0	35,2	75,0	***51,0***	V															
				R		41,3									V	1320	30	6,8	***1,1***	***V***								
			3.A.1		85	40,1	33,8	32,0	28,3	33,7	85,0	***34,0***	V															
	3	S			**85**	36,6								1,00	V						52,0		*52*	***V***	25,4	*22,9*	***X***	Adeguamento esistente
			3.A.2		85	30,6	19,7	18,2	28,3	29,4	85,0	***34,0***	V															
				R		30,0									V	1320		5,9	***18,9***									
MART	1	S			**40**	30,5															52,0		*52*	***V***	21,2	*42,3*	***V***	
			1.A.2		40	34,8	25,4	24,4	13,3	21,5	40,0	***25,0***	V															
				R		34,9								0,71	V	1320		4,8	***1,6***	***V***								
			2.A.1		90	38,7	31,5	29,7	30,0	34,1	90,0	***35,0***	V															
	2	D			**90**	43,8									V						52,0		*52*	***V***	30,4	*18,6*	***X***	Adeguamento esistente
TERZ	1	S			**150**	43,6															52,0		*52*	***V***	30,3	*98,8*	***V***	
			1.A.2		150	47,8	48,0	45,1	50,0	48,9	150,0	***50,5***	V	0,88														
				R		48,2									V	1320	30	8,6	***1,8***	***V***								
			2.A.1		160	53,1	59,2	56,0	53,3	53,2	160,0	***57,0***	V															
	2	D			**160**	57,2								0,79	V						52,0	*39*	*39*	***V***	39,7	*16,7*	***X***	Adeguamento esistente
			2.A.2		160	60,0	75,6	72,1	53,3	56,6	160,0	***72,1***	V															
				R		60,0										1320	50	5,8	***39,3***	***X***								Rettifilo in rotatoria
PON-S				R		50,0										1320	40	6,0	***110,7***	***V***								
			1.A.1		225	56,0	65,9	64,7	75,0	59,2	225,0	***75,0***	V															
	1	S			**225**	60,0								1,00	V						52,0	*111*	*111*	***V***	41,7	*56,7*	***V***	
			1.A.2		225	60,0	75,6	74,2	75,0	61,2	225,0	***75,0***	V															
				R		60,0									V	1320	50	11,6	***0,4***	***V***								
			2.A.1		75	60,0	75,6	73,2	25,0	38,7	75,0	***70,0***	X															Collegamento esistente
	2	D			**75**	47,8								1,59	X						52,0	*41*	*41*	***V***	33,2	*18,9*	***X***	Curva esistente
			2.A.2		75	45,0	42,5	40,8	25,0	33,5	75,0	***44,0***	V															
				R		40,0										1320	30	20,3	***41,3***	***V***								

WBS	Curva N.	Verso	Transizione	Interposto (C/F/R)	R	Vp	CURVE DI TRANSIZIONE: Clotoide minima $A_{C,min}$	$A^*_{C,min}$	$A_{min,ot}$	$A_{min,Di}$	Clotoide max A_R	Val. Effettivo A_{PROG}	VER	A_1/A_2	VER	RETTIFILI: L_{MAX}	L_{min}	$L_{MAX,fl}$	Val. Effettivo L_{PROG}	VER	CURVE CIRCOLARI: Raggio minimo $R_{min,Vp}$	L_R	$R_{min,Lr}$	VER	Sviluppo Sv_{min}	Val. Effettivo Sv_{PROG}	VER	Allargam. Iscr.Curva	NOTE
					m	km/h	m	m	m	m	m	*m*																		
PON-N				R		68										2200	50	8,8	***217,0***	V									
			1.A.1		250	66	91,5	73,6	83,3	93,3	250,0	***110,0***	V																
	1	S			**250**	55																			*V*	38,3	*147,3*	*V*	---	
				R		25										2200	-	7,8	***11,1***	V									
STRA				R		33										2200	-	3,3	***35,5***	V									
			1.A.1		65	39	32,6	27,9	21,7	36,8	65,0	***41,0***	V																
	1	S			**65**	51								0,63	V									*V*	35,4	*63,4*	*V*	0,35	
			1.A.2		65	58	70,2	64,9	21,7	44,5	65,0	***65,0***	V																
				R		53									V	2200	40	8,8	***50,6***	V									
			2.A.1		65	42	37,0	32,3	21,7	38,0	65,0	***44,5***	V																
	2	D			**65**	40								1,44	V						45,0	*51*	*51*	*V*	27,8	*8,2*	*X*	0,35	Adeguamento esistente
			2.A.2		65	40	33,6	28,9	21,7	25,5	65,0	***31,0***	V																
				C		74										2200	65	9,4	***1,5***	V									

WBS	Curva N.	Verso	Transizione	Interposto (C/F/R)	R	Vp	CURVE DI TRANSIZIONE: Clotoide minima $A_{C,min}$	$A^*_{C,min}$	$A_{min,ott}$	$A_{min,Di}$	Clotoide max A_R	Val. Effettivo A_{PROG}	VER	A_1/A_2	VER	RETTIFILI: L_{MAX}	L_{min}	$L_{MAX,fl}$	Val. Effettivo L_{PROG}	VER	CURVE CIRCOLARI: Raggio minimo $R_{min,Vp}$	L_R	$R_{min,Lr}$	VER	Sviluppo Sv_{min}	Val. Effettivo Sv_{PROG}	VER	Allargam. Iscr.Curva	NOTE
					m	km/h	m	m	m	m	m	*m*																		
LITT-N				R		25,1										1320	-	2,0	***16,5***	V									
			1.A.1		62	28,0	16,5	15,3	20,7	24,1	62,0	***24,5***	V																
	1	S			**62**	35,8								0,67	V						20,0	*17*	*17*	*V*	24,9	*25,4*	*V*	0,36	
			1.A.2		62	42,4	37,8	36,3	20,7	29,6	62,0	***36,5***	V																
				R		43,2									V	1320	30	6,8	***2,6***	V									
			2.A.1		56	48,0	48,4	46,8	18,7	29,9	56,0	***48,0***	V																
	2	D			**56**	41,7								0,92	V						20,0	*35*	*35*	*V*	29,0	*35,0*	*V*	0,40	
			2.A.2		56	50,0	52,5	50,8	18,7	30,6	56,0	***52,0***	V																
				R		47,1										1320	30	6,6	***35,2***	V									
			3.A.1		36	35,3	26,2	25,2	11,8	20,4	35,5	***30,0***	V																
	3	S			**36**	29,6								1,28	V						20,0	*35*	*35*	*V*	20,6	*37,7*	*V*	0,63	

6.18.2 Andamento altimetrico

VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI (5.3.2 - 5.3.3 - 5.3.4 del D.M. 2001)

WBS	N.	pendenze		Tipo raccordo	Δi	R_v	L_{racc}	V_p	DVL	Rmin	Verifica	NOTE
		i_1	i_2			m	m.	Km/h		m.		
LITT	1	0,36%	2,02%	Concavo	1,66%	**2000**	33	40	**40**	-	OK	
MART	1	1,64%	-9,00%	Convesso	10,64%	**250**	27	29	**27**	176	OK	
	2	-9,00%	-2,55%	Concavo	6,45%	**700**	45	39	**41**	695	ATT.	(*)
TERZ	1	-0,60%	-3,17%	Convesso	2,57%	**800**	21	60	**72**	-	OK	
	2	-3,17%	5,14%	Concavo	8,31%	**800**	66	53	**62**	1217	ATT.	(*)
	3	5,14%	1,83%	Convesso	3,31%	**350**	12	33	**32**	-	OK	
PON-S	1	-2,99%	-0,95%	Concavo	2,04%	**900**	18	36	**36**	-	OK	
	2	-0,95%	-7,12%	Convesso	6,17%	**2100**	130	60	**74**	1460	OK	
	3	-7,12%	-2,78%	Concavo	4,34%	**1450**	63	60	**77**	1592	OK	

VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI (5.3.2 - 5.3.3 - 5.3.4 del D.M. 2001)

Tipologia strada		Vmin	Vmax	Aderenza	Tipo di	**A**	Arresto		
Cat.	**Tipo**	Km/h	Km/h	autostradale	verifica	**S**	Sorpasso	**h1**	**h2**
F	E	**40**	**100**	NO	A	**C**	Cambio Co	1,1	0,1

WBS	N.	pendenze		Tipo raccordo	Δi	R_v	L_{racc}	V_p	DVL	Rmin	Verifica	NOTE
		i_1	i_2			m	m.	Km/h		m.		
PON-N	1	-1,02%	-4,70%	Convesso	3,68%	**250**	9	32	**30**	-	OK	
	2	-4,70%	9,50%	Concavo	14,20%	**1850**	263	54	**68**	1360	OK	(**)
	3	9,50%	2,92%	Convesso	6,58%	**800**	53	38	**39**	416	OK	
STRAT	1	-2,00%	-10,00%	Convesso	8,00%	**480**	38	40	**42**	477	OK	
	2	-10,00%	-8,60%	Concavo	1,40%	**2000**	28	48	**56**	-	OK	

VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI (5.3.2 - 5.3.3 - 5.3.4 del D.M. 2001)

Tipologia strada		Vmin	Vmax	Aderenza	Tipo di	**A**	Arresto		
Cat.	**Tipo**	Km/h	Km/h	autostradal	verifica	**S**	Sorpasso	**h1**	**h2**
F	U	**25**	**60**	NO	A	**C**	Cambio Corsia	1,1	0,1

WBS	N.	pendenze		Tipo raccordo	Δi	R_v	L_{racc}	V_p	DVL	Rmin	Verifica	NOTE
		i_1	i_2			m	m.	Km/h		m.		
LITT-N	1	-0,06%	-1,47%	Convesso	1,41%	**200**	3	22	**-**	-	OK	
	2	-1,47%	9,00%	Concavo	10,47%	**330**	35	27	**25**	330	OK	
	3	9,00%	-10,00%	Convesso	19,00%	**690**	131	45	**47**	598	OK	(**)
	4	-10,00%	-2,08%	Concavo	7,92%	**250**	20	23	**-**	-	OK	

(*) Raccordo concavo su strada illuminata.

(**) Per la verifica è stata considerata la Vp media sul raccordo in quanto esso si collocata in un tratto a velocità variabile.

7 PAVIMENTAZIONE STRADALE

7.1 PREMESSA

Nel presente capitolo sarà sviluppato il dimensionamento delle pavimentazioni stradali previste nel progetto.
Il calcolo è finalizzato a verificare che le pavimentazioni abbiano una resistenza a fatica tale da rimanere in efficienza durante tutta la vita utile prevista e che se ne debba prevedere il rifacimento integrale solo al termine di quest'ultima.
Le verifiche sono state eseguite con la metodologia semi-empirica dell'AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.

7.2 METODO AASHTO

Il metodo AASHTO permette di ricavare il numero totale di passaggi di assi equivalenti da 8.2t ($N_{8,2max}$ [ESALS]) che una pavimentazione di assegnate caratteristiche meccaniche riesce a sopportare prima di raggiungere un grado di ammaloramento, cioè un livello di funzionalità accettabile, in relazione alla "Affidabilità" richiesta.
Il numero ricavato è confrontato con quello dei passaggi di assi standard alla fine della "Vita utile" ($N_{8.2}$), calcolati attraverso lo spettro di traffico indicato nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali CNR.
L'obiettivo si sostanzia attraverso la definizione dei seguenti parametri:

- La "Vita utile", intesa come il numero di anni durante il quale la pavimentazione deve assicurare, attraverso normali operazioni di manutenzione, condizioni di funzionalità superiori allo stato limite;
- Lo "stato limite", cioè il livello minimo di funzionalità della sovrastruttura ritenuto accettabile, superato il quale è necessario intervenire. Nel metodo empirico si fa riferimento al PSI (Present Serviceability Index);
- L'"affidabilità", cioè la probabilità che la sovrastruttura sia in grado di assicurare, con normali operazioni di manutenzione, condizioni di circolazione superiori allo stato limite per l'intera durata della vita utile.

7.2.1 Valutazione del traffico veicolare

Il traffico veicolare è stato desunto dallo studio di traffico allegato al presente progetto.
Ai fini del dimensionamento della pavimentazione, il TGM considerato è quello al primo anno di apertura della nuova strada (2029), riportato nelle figure e tabelle seguenti, rispettivamente per i veicoli leggeri e per quelli pesanti.



	TGM BIDIREZIONALE			%
TRATTA	**LEGGERI**	**PESANTI**	**TOTALE**	**PESANTI**
1- SS1 – ponte Prino	10945	1732	12677	13.7%
2- Ponte Prino	4808	759	5567	13.6%
3- Casello Imperia Ovest – Caramagna	6121	939	7059	13.3%
4- Caramagna – Artallo	9553	845	10398	8.1%
5- Artallo – Strato	15208	941	16149	5.8%
6- Strato – rotatoria via Ponte Vecchio	11129	603	11732	5.1%
7- Rotatoria via Ponte vecchio – rotatoria SS28	16285	956	17241	5.5%

7.2.2 Numero dei passaggi di veicoli commerciali previsto alla fine della "Vita utile"

La vita utile della pavimentazione è pari a 25 anni per tutti i pacchetti di pavimentazione previsti.

Il numero di passaggi cumulati di veicoli commerciali alla fine della Vita utile è fornito dalla seguente espressione:

$$T^N = N_{vca} \cdot \frac{(1+R)^N - 1}{R}$$

N è la vita utile della sovrastruttura espressa in anni;

R è il tasso di incremento annuo del traffico commerciale;

N_{vca} è il numero dei passaggi di veicoli commerciali che si prevede transiterà durante il primo anno successivo all'apertura della strada, ed è definito da:

$$N_{vca} = TGM_{tot} \cdot p_c \cdot p_{sm} \cdot p_{corsia} \cdot d \cdot gg_{comm}$$

TGM_{tot} il traffico giornaliero medio TGM in veicoli/giorno, che transita o si presume che transiterà nell'infrastruttura durante il primo anno di vita utile;

p_c la percentuale di veicoli commerciali di peso non inferiore a 3 ton sul traffico totale;

p_{sm} aliquota di traffico nella direzione più carica;

p_{corsia} la percentuale dei veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale;

d coefficiente di dispersione delle traiettorie;

gg_{comm} numero di giorni commerciali per anno.

Noto il numero dei veicoli commerciali transitanti sulla corsia più lenta alla fine della vita utile, il calcolo del numero di assi standard equivalenti è stato eseguito ricorrendo ai coefficienti di equivalenza definiti da AASHTO e agli spettri di traffico suggeriti nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali:

Tipi di veicoli commerciali, numero d'assi, distribuzione dei carichi per asse																		
Tipologie di veicoli commerciali		Numero totale	Numero di assi distribuiti per peso	Peso assi (kN)														
				10	20	20	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
1	Autocarri leggeri	2		1	1													
2	Autocarri leggeri	2			1	1												
3	Autocarri medi e pesanti	2					1				1							
4	Autocarri medi e pesanti	2						1						1				
5	Autocarri pesanti	3					1				2							
6	Autocarri pesanti	3							1				2					
7	Autotreni e autoarticolati	4					1				2	1						
8	Autotreni e autoarticolati	4							1				3					
9	Autotreni e autoarticolati	5					1				4							
10	Autotreni e autoarticolati	5							1			2	2					
11	Autotreni e autoarticolati	5					1				3		1					
12	Autotreni e autoarticolati	5							1			3		1				
13	Mezzi d'opera	5						1							1	3		
14	Autobus	2					1				1							
15	Autobus	2							1				1					
16	Autobus	2						1			1							

Veicoli commerciali, numero di assi, distribuzione dei carichi per asse (Catalogo Pavimentazioni CNR)

Spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada																		
Tipo di strada		Categoria strada	Tipo di veicolo															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Autostrade extraurbane	AE	12.20	0.00	24.40	14.60	2.40	12.20	2.40	4.90	2.40	4.90	2.40	4.90	0.10	0.00	0.00	12.20
2	Autostrade urbane	AU	18.20	18.20	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	18.20	27.30	0.00
3	Strade extraurbane principali e secondarie	B	0.00	13.10	39.50	10.50	7.90	2.60	2.60	2.50	2.60	2.50	2.60	2.60	0.50	0.00	0.00	10.50
4	Strade extraurbane secondarie ordinarie	C	0.00	0.00	58.80	29.40	0.00	5.90	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	2.90
5	Strade extraurbane secondarie turistiche	FE	24.50	0.00	40.80	16.30	0.00	4.15	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	12.20
6	Strade urbane di scorrimento	D	18.20	18.20	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	18.20	27.30	0.00
7	Strade urbane di quartiere e locali	E	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
	Strade urbane locali	FU	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00
8	Corsie preferenziali	PR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.00	53.00	0.00

Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada (Catalogo Pavimentazioni CNR)

In definitiva, si pone:

$$N_{8,2} = T^N \cdot C_{SN} \cdot n_a$$

in cui n_a è il numero medio di assi per veicolo commerciale; C_{SN} un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, di peso P_i e tipologia T_i, e l'asse singolo standard da 8,2 ton, ed è definito dalla seguente espressione:

$$C_{SNi} = C_{SN}\left(P_i, T_i, PSF_f\right) = 10^{-A}$$

$$A = \left\{4.79 \cdot [log(18+1) - log(0.225 \cdot P_i + T_i)] + 4.33 \cdot log(T_i) + \frac{G}{B_i} - \frac{G}{B^*}\right\}$$

$$G = log\frac{PSI_i - PSI_f}{2.7}$$

$$B_i = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (0.225 \cdot P_i + T_i)^{3.23}}{\left(\frac{SN}{2.54} + 1\right)^{5.19} \cdot T_i^{3.23}}$$

PSI_i è il Present Serviceability Index all'apertura della strada, assunto pari a 4.2 per tenere conto delle inevitabili imperfezioni costruttive;

PSI_f è il Present Serviceability Index al termine della vita utile, assunto in funzione del tipo di strada e scelto in base alle indicazioni del Catalogo delle Pavimentazioni CNR:

SN è l'Indice Strutturale relativo alla sovrastruttura, meglio definito nel seguito.

Tipo di strada		Cat. strada	Affidabilità	PSI
1	Autostrade extraurbane	AE	90%	3,00
2	Autostrade urbane	AU	95%	3,00
3	Strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico	B	90%	2,50
4	Strade extraurbane secondarie ordinarie	C	85%	2,50
5	Strade extraurbane secondarie turistiche	FE	80%	2,50
6	Strade urbane di scorrimento	D	95%	2,50
7	Strade urbane di quartiere e locali	E	90%	2,00
	Strade urbane locali	FU	90%	2,00
8	Corsie preferenziali	PR	95%	2,50

7.2.3 Indice Strutturale (o Structural Number) SN della pavimentazione

Lo "Structural Number" SN è un parametro che tiene conto della "resistenza strutturale" della pavimentazione. Esso è funzione degli spessori degli strati s_i, della "resistenza" dei materiali impiegati rappresentata, attraverso i "coefficienti strutturali di strato" a_i, e della loro sensibilità all'acqua rappresentata attraverso i "coefficienti di drenaggio" m_i. L'espressione analitica dello Structural Number è:

$$SN = \sum_i a_i \cdot s_i \cdot m_i$$

- i è il numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;
- a_i è un coefficiente che esprime la capacità relativa dei materiali impiegati nei vari strati della pavimentazione a contribuire come componenti strutturali alla funzionalità della sovrastruttura. Tali coefficienti sono funzione del tipo e proprietà del materiale;
- s_i è lo spessore dello strato i-esimo della sovrastruttura in pollici (inch);
- m_i è un coefficiente funzione della qualità del drenaggio e della percentuale di tempo durante il quale la pavimentazione è esposta a livelli di umidità prossimi alla saturazione.

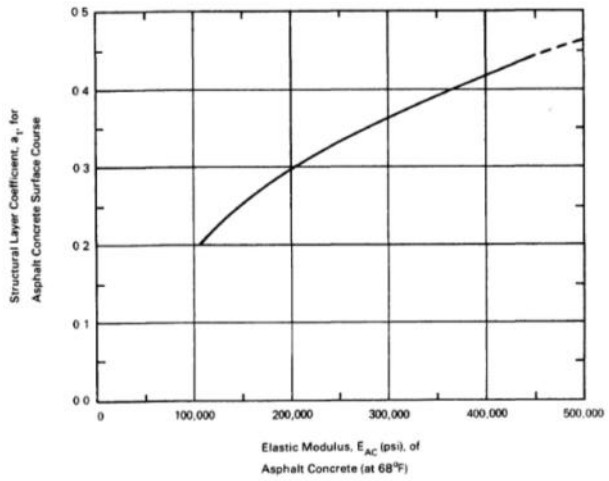
I coefficienti di struttura per gli strati di usura (a_1) e di base (a_3) si ricavano direttamente dai monogrammi presenti nell'AASHTO Guide. Il valore del coefficiente dello strato di collegamento (binder) (a_2), invece, si ricava per interpolazione lineare tra i parametri a_1 e a_3 (poiché negli Stati Uniti non è previsto tale strato), utilizzando il corrispondente valore della stabilità Marshall. Il coefficiente di struttura dello strato di fondazione a_4 in misto granulare si ricava utilizzando l'apposito nomogramma dell'AASHTO Guide in funzione del CBR della fondazione.

Il metodo AASHTO caratterizza i conglomerati bituminosi per mezzo della stabilità Marshall a 50 colpi.

Nella tabella a lato sono riportati i valori della stabilità a 75 colpi (secondo la normativa italiana), espressi in daN e della corrispondente a 50 colpi, espressa in libbre.

Stabilità Marshall			
Strato	S_{75} (daN)	S_{50} (daN)	S_{50} (lb)
usura	1100	916.67	2060.67
binder	1000	833.33	1873.33
base	800	666.67	1498.67

A questo proposito si deve rilevare che la procedura AASHTO consente la valutazione del coefficiente a_1 per mezzo di un apposito diagramma, che mette però in relazione detto parametro con il *modulo resiliente del conglomerato bituminoso*. Non essendo disponibili correlazioni dirette tra la stabilità Marshall e il modulo resiliente del conglomerato bituminoso, tali da consentire l'utilizzo diretto del diagramma di cui alla figura, le valutazioni sono state eseguite utilizzando i dati contenuti nel prospetto seguente, prendendo a riferimento e mediando i parametri evidenziati, tipici dei conglomerati bituminosi per usura, da cui risulta:



$$a_1 = 0.50*(0.425 + 0.450) \cong 0.43$$

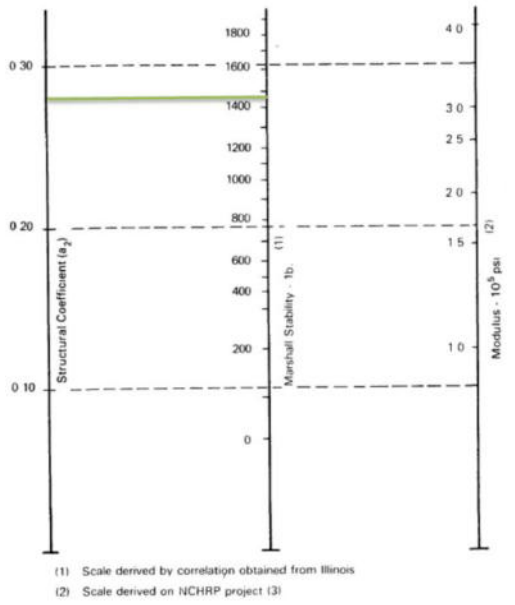
Pavement Layer	Layer Strength Coefficient a_i				
	TRL (1975)	AASHTO (1993)	Paterson (1987)	CRRI (1993b)	Cenek and Patrick (1994)
Surface Courses					
Surface Treatment (ST)			0.20 - 0.40		0.300
Surface Dressing (SSD/DSD)	0.100				
Premix Carpet (PMC)				0.180	
Semi-Dense Carpet (SDC), 25mm				0.250	
Asphalt Mixture	0.200		0.200		0.200
(cold/hot premix of low stability)					
Asphalt Concrete (AC), 25 mm	0.180				
Asphalt Concrete (AC), 40/ 25 mm				0.300	
AC, MR30 = 1500 MPa			0.300		0.300
AC, MR30 = 2500 MPa			0.400		0.400
AC, MR30 = 4000 MPa			0.500		0.450
Elastic Mod. at 68F, E = 100,000 psi		0.200			
Elastic Mod. at 68F, E = 200,000 psi		0.300			
Elastic Mod. at 68F, E = 300,000 psi		0.350			
Elastic Mod. at 68F, E = 400,000 psi		0.425			
Base Courses					
GB, CBR = 30%	0.070	0.095	0.00-0.07		
GB, CBR = 50%	0.100	0.110	0.00-0.10		
GB, CBR = 70%	0.120	0.125	0.10-0.12		
CBR = 90%	0.135	0.130	0.12-0.13		
CBR = 110%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam (WBM)				0.140	0.140
CB, UCS = 0.7 MPa	0.100	0.100	0.100		
CB, UCS = 2.0 MPa	0.150	0.140	0.150		
CB, UCS = 3.5 MPa	0.200	0.175	0.200		
CB, UCS = 5.0 MPa	0.245	0.205	0.240		
Bituminous Base Material			0.320		
Dense Bituminous Macadam/				0.200	
Built-Up Spray Grout (BUSG)				0.160	
Thin Bituminous Layer, BT				0.140	
AB, Marshall Stability, 200 lb		0.120			
AB, Marshall Stability, 400 lb		0.160			
AB, Marshall Stability, 800 lb		0.200			
AB, Marshall Stability, 1200 lb		0.240			
Sub-base Courses					
GB, CBR = 5%	0.055	0.040	0.060		
GB, CBR = 15%	0.085	0.090	0.090		
GB, CBR = 25%	0.100	0.100	0.100		
GB, CBR = 50%	0.120	0.130	0.120		
GB, CBR = 100%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam, Oversized				0.140	
Brick Soling				0.120	
Brick Ballast/ Aggregates				0.120	
Local Gravel/ Kankar				0.100	
Cemented Materials,			0.140		

Source: Chakrabarti and Bennett (1994)

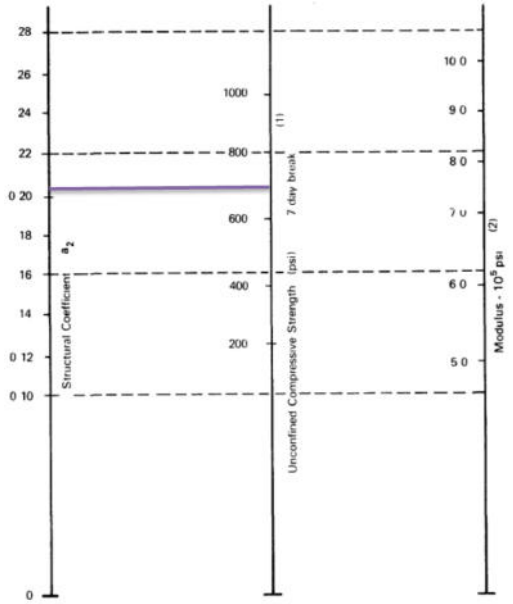
Il coefficiente di struttura a_3 per lo strato di base (che corrisponde ad a_2 nella metodologia AASHTO, dato che nei paesi anglosassoni non si usa distinguere il binder) è stato desunto dall'apposito nomogramma, valutato con riferimento alla specifica stabilità Marshall ($S_{50} \cong 1498$ lb), da cui risulta $a_3 = 0.28$.

Per quanto detto in precedenza, il coefficiente di struttura dello strato di collegamento (binder) è stato calcolato per interpolazione lineare tra a_1 e a_3, ognuno con il proprio valore di stabilità Marshall, da cui risulta $a_2 = 0.38$.

Il coefficiente di struttura per lo strato in misto cementato è stato ottenuto utilizzando l'apposito nomogramma AASHTO, che in questo caso mette in relazione questo parametro con la resistenza a compressione a 7 gg. Il capitolato ANAS indica un range 2.5 – 5.5 MPa ed è stato scelto il valore di 5.00 MPa. Pertanto, risulta $a_4 = 0.20$.



Nomogramma per il calcolo di a_3

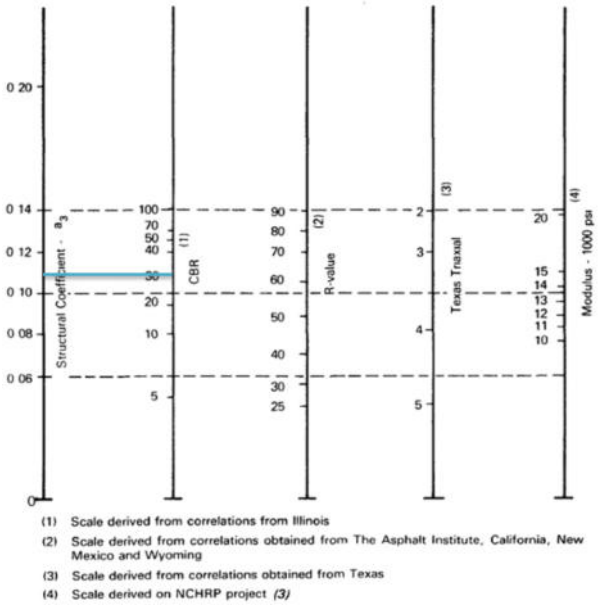


Nomogramma per il calcolo di a_4

Il coefficiente di struttura a_5 per lo strato in misto granulare stabilizzato granulometricamente è stato ricavato ancora mediante un nomogramma AASHTO in funzione del CBR. Il bollettino CNR sulle pavimentazioni richiede che, per questo strato, debba essere CBR ≥ 30%, da cui a_5 = 0.11.

In sintesi, i coefficienti di struttura sono i seguenti:

STRATO	COEFFICIENTE DI STRUTTURA
Usura	a_1 = 0.43
Binder	a_2 = 0.38
Base	a_3 = 0.28
Sub - base	a_4 = 0.20
Fondazione	a_5 = 0.11



7.2.4 Affidabilità percentuale R1 e fattore di Affidabilità Zr

Per "Affidabilità" s'intende la probabilità che la sovrastruttura sia in grado di assicurare, con normali operazioni di manutenzione, condizioni di circolazione superiori allo stato limite per l'intera durata della vita utile. Il Catalogo delle Pavimentazioni Stradali del CNR suggerisce, per una strada extraurbana secondaria, un'affidabilità percentuale R_1 pari all'85%. Tuttavia, considerata l'importanza dell'infrastruttura, detto parametro è stato posto pari al 90%. Definita R_1, si determina il fattore di affidabilità Z_r da inserire nella formula per il calcolo del numero massimo di passaggi di assi equivalenti (paragrafo 7.2.6):

Fattore di Affidabilità Z_r				
R_1	80%	85%	90%	95%
Z_r	-0.841	-1.037	-1.282	-1645

Fattore di affidabilità Z_r

7.2.5 Portanza del sottofondo

La "portanza" di un terreno è la sua capacità di sopportare i carichi senza che si verifichino eccessive deformazioni, che risultano essere di tipo elasto – plastico - viscoso.

Il parametro d'interesse da impiegare nel calcolo della pavimentazione con il metodo empirico è il Modulo Resiliente M_R. Per la sua valutazione sono state utilizzate le seguenti correlazioni:

$$Md = \frac{CBR_{LAB}}{0.20}$$

$$M_R = 2555 \cdot (CBR_{LAB})^{0,64}\ (psi)$$

in cui:

M_d Modulo di deformabilità, ottenuto attraverso prove di carico su piastra di 300 mm;

CBR Indice di CBR del sottofondo.

Tenuto conto che il CSA ANAS prescrive che: "*L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà presentare un grado di costipamento pari, o superiore, al 95%; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 50÷150 kPa (0.15 - 0.25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato*", nei calcoli si è assunto un valore del modulo di deformazione del sottofondo pari a **M_D = 50 MPa.**

7.2.6 Numero massimo di passaggi di assi equivalenti da 8,2 ton.

Il numero massimo di passaggi di assi equivalenti che la pavimentazione può sopportare ($N^*_{8,2max}$) è ricavabile dalla seguente espressione:

$$log\left(N^*_{8,2max}\right) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot log(SN+1) - 0.20 + \frac{log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot log(M_r) - 8.07$$

essendo:

ΔPSI la differenza tra l'indice di funzionalità della pavimentazione e al termine della vita utile;

S_0 la deviazione standard relativa all'aleatorietà delle previsioni di traffico e delle prestazioni della pavimentazione, assunta pari a 0.45;

M_R il modulo resiliente del sottofondo, espresso in psi;

SN l'indice strutturale della pavimentazione precedentemente definito

Occorre poi valutare la correzione per la temperatura (*R*), al fine di considerare il diverso comportamento dei materiali che si trovano in zone climatiche differenti da quelle in cui è stato validato il modello:

$$log(N_{8.2max}) = log\left(N^*_{8,2max}\right) - logR$$

7.2.7 Verifica della pavimentazione – Fattore di sicurezza a fatica FS

I risultati delle verifiche sono espressi attraverso il "fattore di sicurezza a fatica FS", dato dal rapporto tra il numero massimo ($N_{8.2max}$) di passaggi di assi equivalenti sopportabili dalla struttura nell'arco della vita utile e il numero di assi effettivamente transitanti sulla pavimentazione $N_{8.2}$ nel medesimo intervallo temporale:

$$FS = \frac{N_{8.2max}}{N_{8.2}}$$

7.3 ASSE PRINCIPALE E RAMPE DI SVINCOLO

Dato il volume di traffico e il relativo mix di progetto, è stato scelto un pacchetto di pavimentazione semi-rigida con uno spessore totale di 55 cm. costituito da:

- Usura in CB: 4 cm.
- Binder CB caldo: 6 cm.
- Base CB caldo. 10 cm.
- Sub base in misto cementato 20 cm.
- Fondazione in misto granulare: 15 cm.

Tra lo strato d'usura e il binder è prevista una mano d'attacco con bitume modificato hard, mentre tra lo strato di binder e la base sarà stesa una mano d'attacco con emulsioni bituminose non modificate.
Nella tabella seguente sono sintetizzati i dati d'ingresso utilizzati per le verifiche; sono stati considerati i tratti più critici:

Dati di ingresso	Tratto			
		Tratto 1	Tratto 3	Tratto 7
Vita utile	anni	25	25	25
TGM_{iniz}	Veic/giorno	6338	7060	17241
Percentuale veicoli pesanti	%	13.7%	13.3%	5.54%
Split	%	60%	60%	60%
Incremento traffico commerciale	%/anno	1.40%	1.40%	1.40%
M_D	MPa	50	50	50

Le verifiche, come risulta dai prospetti seguenti, hanno dato esito positivo.
Il coefficiente di sicurezza a fine vita utile, nella situazione più gravosa, è pari a **FS = 1.46**.

LAVORO: PAVIMENTAZIONI PER STRADE DI CATEGORIA C

VERIFICA PAVIMENTAZIONE STRADALE - AASHTO GUIDE DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

Parametri fondamentali	**Var**	**unità**	
Tipo di strada di progetto	Cat.		C
Tipo di strada di progetto (Catalogo Pavimentazioni Stradali CNR)			3
Vita utile della pavimentazione	Vu	anni	25
Present Serviceability Index (PFI) iniziale	PSI_i		4.2
Present Serviceability Index (PFI) finale	PSI_f		2.5

Portanza del sottofondo	**Var**	**unità**	
Modulo deformabilità da prove di carico su piastra D300	Md	MPa	50
Valore del CBR del sottofondo	CBR	%	10
Modulo resiliente del sottofondo in MPa	Mr	MPa	**77**
Modulo resiliente del sottofondo in psi	Mr	psi	**11168**

Structural Number caratteristico della pavimentazione	**sp (cm)**	**(inch)**	**ai**	**mi**	**SN (inch)**
Strato di Usura drenante	4	1.57	0.43	1.0	0.68
Strato di Binder	6	2.36	0.38	1.0	0.90
Strato di Base	10	3.94	0.28	1.0	1.10
Sub-base in misto cementato	20	7.87	0.20	1.0	1.57
Fondazione in misto granulare stabilizzato	15	5.91	0.11	1.0	0.65
	55			**Totale**	**4.90**

Structural Number caratteristico della pavimentazione + sottofondo	SN	inch	**4.90**

Numero di passaggi di veicoli commerciali previsto nella Vita utile	**Var**	**unità**	
Traffico giornaliero medio all'attualità	TGM	veicoli/giorno	6338
Percentuale di veicoli commerciali di peso superiore a 3 ton	p_c	%	14.00%
Percentuale di traffico nel senso di marcia	p_{sm}	%	60%
Percentuale dei veicoli commerciali sulla corsia di calcolo	p_{corsia}	%	100%
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	d	%	80%
Numero giorni commerciali per settimana	gg_{sett}	gg	7
Numero settimane commerciali per anno	s_{anno}	sett.	52
numero di veicoli commerciali in transito durante il primo anno di vita utile	N_{vco}	num.	155,033
Numero medio di assi per veicolo commerciale	n_a	num.	2.12
incremento annuo di traffico commerciale	R	%	1.40%
Traffico giornaliero medio al termine della vita utile	TGM_f	veicoli/giorno	8972
numero di veicoli commerciali transitanti nell'arco della vita utile	T^N	num.	4,602,552

Numero di passaggi di assi standard equivalenti alla fine della Vita utile	**Var**	**unità**	
Coefficiente di equivalenza	C_{sN}		1.958
Numero di passaggi di assi equivalenti da 8.2 ton: $n_a x T^N$ x CsN	**$N_{8.2}$**		**19,104,957**

Affidabilità di progetto	**Var**	**unità**	
Affidabilità percentuale di progetto	R_1	%	85%
fattore di affidabilità	Z_R		-1.037
deviazione standard relativa all'aleatorietà delle prev. Di traffico e prest. Pav.	S_0		0.45

Condizioni climatiche	**Var**	**unità**	
Coefficiente di correzione	R		1.00

Calcolo del traffico sopportabile - $N_{8.2max}$

	Var	**unità**

$$log(N^*_{8.2max}) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot log(SN+1) - 0.20 + \frac{log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot log(M_r) - 8.07$$

log ($N^*_{8.2max}$)	log ($N^*_{8.2max}$)	7.48
traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	$N^*_{8.2max}$	29,939,189

Traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	**$N_{8.2max}$**	**29,939,189**

107

Coefficiente di sicurezza N8.2max / N8.2	**FS**	**1.57**
Status Check	**Ch**	**OK**

LAVORO: PAVIMENTAZIONI PER STRADE DI CATEGORIA C

VERIFICA PAVIMENTAZIONE STRADALE - AASHTO GUIDE DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

Parametri fondamentali	**Var**	**unità**	
Tipo di strada di progetto	Cat.		C
Tipo di strada di progetto (Catalogo Pavimentazioni Stradali CNR)			3
Vita utile della pavimentazione	Vu	anni	25
Present Serviceability Index (PFI) iniziale	PSI_i		4.2
Present Serviceability Index (PFI) finale	PSI_f		2.5

Portanza del sottofondo	**Var**	**unità**	
Modulo deformabilità da prove di carico su piastra D300	Md	MPa	50
Valore del CBR del sottofondo	CBR	%	10
Modulo resiliente del sottofondo in MPa	Mr	MPa	**77**
Modulo resiliente del sottofondo in psi	Mr	psi	**11168**

Structural Number caratteristico della pavimentazione	**sp (cm)**	**(inch)**	**ai**	**mi**	**SN (inch)**
Strato di Usura drenante	4	1.57	0.43	1.0	0.68
Strato di Binder	6	2.36	0.38	1.0	0.90
Strato di Base	10	3.94	0.28	1.0	1.10
Sub-base in misto cementato	20	7.87	0.20	1.0	1.57
Fondazione in misto granulare stabilizzato	15	5.91	0.11	1.0	0.65
	55			**Totale**	**4.90**

Structural Number caratteristico della pavimentazione + sottofondo	SN	inch	**4.90**

Numero di passaggi di veicoli commerciali previsto nella Vita utile	**Var**	**unità**	
Traffico giornaliero medio all'attualità	TGM	veicoli/giorno	7060
Percentuale di veicoli commerciali di peso superiore a 3 ton	p_c	%	13.30%
Percentuale di traffico nel senso di marcia	p_{sm}	%	60%
Percentuale dei veicoli commerciali sulla corsia di calcolo	p_{corsia}	%	100%
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	d	%	80%
Numero giorni commerciali per settimana	gg_{sett}	gg	7
Numero settimane commerciali per anno	s_{anno}	sett.	52
numero di veicoli commerciali in transito durante il primo anno di vita utile	N_{vco}	num.	164,059
Numero medio di assi per veicolo commerciale	n_a	num.	2.12
incremento annuo di traffico commerciale	R	%	1.40%
Traffico giornaliero medio al termine della vita utile	TGM_f	veicoli/giorno	9994
numero di veicoli commerciali transitanti nell'arco della vita utile	T^N	num.	4,870,514

Numero di passaggi di assi standard equivalenti alla fine della Vita utile	**Var**	**unità**	
Coefficiente di equivalenza	C_{sN}		1.958
Numero di passaggi di assi equivalenti da 8.2 ton: $n_a x T^N$ x CsN	**$N_{8.2}$**		**20,217,253**

Affidabilità di progetto	**Var**	**unità**	
Affidabilità percentuale di progetto	R_1	%	85%
fattore di affidabilità	Z_R		-1.037
deviazione standard relativa all'aleatorietà delle prev. Di traffico e prest. Pav.	S_0		0.45

Condizioni climatiche	**Var**	**unità**	
Coefficiente di correzione	R		1.00

Calcolo del traffico sopportabile - $N_{8.2max}$

	Var	**unità**

$$log(N^*_{8.2max}) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot log(SN+1) - 0.20 + \frac{log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot log(M_r) - 8.07$$

log ($N^*_{8.2max}$)	log ($N^*_{8.2max}$)	7.48
traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	$N^*_{8.2max}$	29,939,189

Traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	$N_{8.2max}$	**29,939,189**

Coefficiente di sicurezza N8.2max / N8.2	**FS**	**1.48**
Status Check	**Ch**	**OK**

LAVORO: PAVIMENTAZIONI PER STRADE DI CATEGORIA C

VERIFICA PAVIMENTAZIONE STRADALE - AASHTO GUIDE DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

Parametri fondamentali	**Var**	**unità**	
Tipo di strada di progetto	Cat.		C
Tipo di strada di progetto (Catalogo Pavimentazioni Stradali CNR)			3
Vita utile della pavimentazione	Vu	anni	25
Present Serviceability Index (PFI) iniziale	PSI_i		4.2
Present Serviceability Index (PFI) finale	PSI_f		2.5

Portanza del sottofondo	**Var**	**unità**	
Modulo deformabilità da prove di carico su piastra D300	Md	MPa	50
Valore del CBR del sottofondo	CBR	%	10
Modulo resiliente del sottofondo in MPa	Mr	MPa	**77**
Modulo resiliente del sottofondo in psi	Mr	psi	**11168**

Structural Number caratteristico della pavimentazione	**sp (cm)**	**(inch)**	**ai**	**mi**	**SN (inch)**
Strato di Usura	4	1.57	0.43	1.0	0.68
Strato di Binder	6	2.36	0.38	1.0	0.90
Strato di Base	10	3.94	0.28	1.0	1.10
Sub-base in misto cementato	20	7.87	0.20	1.0	1.57
Fondazione in misto granulare stabilizzato	15	5.91	0.11	1.0	0.65
	55			**Totale**	**4.90**

Structural Number caratteristico della pavimentazione + sottofondo	SN	inch	**4.90**

Numero di passaggi di veicoli commerciali previsto nella Vita utile	**Var**	**unità**	
Traffico giornaliero medio all'attualità	TGM	veicoli/giorno	17241
Percentuale di veicoli commerciali di peso superiore a 3 ton	p_c	%	5.54%
Percentuale di traffico nel senso di marcia	p_{sm}	%	60%
Percentuale dei veicoli commerciali sulla corsia di calcolo	p_{corsia}	%	100%
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	d	%	80%
Numero giorni commerciali per settimana	gg_{sett}	gg	7
Numero settimane commerciali per anno	s_{anno}	sett.	52
numero di veicoli commerciali in transito durante il primo anno di vita utile	N_{vco}	num.	166,884
Numero medio di assi per veicolo commerciale	n_a	num.	2.12
incremento annuo di traffico commerciale	R	%	1.40%
Traffico giornaliero medio al termine della vita utile	TGM_f	veicoli/giorno	24407
numero di veicoli commerciali transitanti nell'arco della vita utile	T^N	num.	4,954,396

Numero di passaggi di assi standard equivalenti alla fine della Vita utile	**Var**	**unità**	
Coefficiente di equivalenza	C_{sN}		1.958
Numero di passaggi di assi equivalenti da 8.2 ton: $n_a x T^N$ x CsN	**$N_{8.2}$**		**20,565,440**

Affidabilità di progetto	**Var**	**unità**	
Affidabilità percentuale di progetto	R_1	%	85%
fattore di affidabilità	Z_R		-1.037
deviazione standard relativa all'aleatorietà delle prev. Di traffico e prest. Pav.	S_0		0.45

Condizioni climatiche	**Var**	**unità**	
Coefficiente di correzione	R		1.00

Calcolo del traffico sopportabile - $N_{8.2max}$

$$log(N^*_{8.2max}) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot log(SN+1) - 0.20 + \frac{log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot log(M_r) - 8.07$$

log ($N^*_{8.2max}$)	log ($N^*_{8.2max}$)	7.48
traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	$N^*_{8.2max}$	29,939,189

Traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	$N_{8.2max}$	**29,939,189**

109

Coefficiente di sicurezza N8.2max / N8.2	**FS**	**1.46**
Status Check	**Ch**	**OK**

7.4 STRADE SECONDARIE

Per le strade secondarie è stata scelta una pavimentazione flessibile avente spessore totale pari a 45 cm. così costituita:

- Usura in CB chiuso: 3 cm.
- Binder CB semichiuso: 6 cm.
- Base CB aperto: 15 cm.
- Fondazione: misto granulare: 21 cm.

Tra lo strato d'usura e il binder e tra lo strato di binder e la base sono previste mani d'attacco con emulsioni bituminose non modificate.

La verifica è stata eseguita ipotizzando, a favore di sicurezza, che le viabilità secondarie siano assimilabili a strade di tipo **C**.

Stabilità Marshall			
Strato	S_{75} (daN)	S_{50} (daN)	S_{50} (lb)
usura	1000	833.33	1873.33
binder	900	750.00	1686.00
base	800	666.67	1498.67

Per la stabilità Marshall dei conglomerati bituminosi sono stati scelti i valori di riferimento di cui alla tabella a lato.

Per definire il coefficiente a_1 sono stati utilizzati i dati contenuti nel prospetto a lato, prendendo a riferimento i parametri con caratteristiche meccaniche immediatamente inferiori a quelle usate per l'asse principale e mediando i corrispondenti valori dei coefficienti di struttura:

$$a_1 = 0.50*(0.40 + 0.35) \cong 0.38$$

Il coefficiente di struttura a_3 per lo strato di base è stato desunto dallo stesso nomogramma usato per l'asse principale, valutato con riferimento alla medesima stabilità Marshall ($S_{50} \cong 1498$ lb), da cui risulta $a_3 = 0.28$.

Il coefficiente di struttura del binder è stato calcolato per interpolazione lineare tra a_1 e a_3, ognuno con il proprio valore di stabilità Marshall, da cui risulta $a_2 = 0.34$.

Il coefficiente di struttura per lo strato in misto granulare stabilizzato granulometricamente è lo stesso usato per l'asse principale, per cui risulta $a_4 = 0.11$.

Pavement Layer	Layer Strength Coefficient a_i				
	TRL (1975)	AASHTO (1993)	Paterson (1987)	CRRI (1993b)	Cenek and Patrick (1994)
Surface Courses					
Surface Treatment (ST)			0.20 - 0.40		0.300
Surface Dressing (SSD/DSD)	0.100				
Premix Carpet (PMC)				0.180	
Semi-Dense Carpet (SDC), 25mm				0.250	
Asphalt Mixture (cold/hot premix of low stability)	0.200		0.200		0.200
Asphalt Concrete (AC), 25 mm	0.180				
Asphalt Concrete (AC), 40/ 25 mm				0.300	
AC, MR30 = 1500 MPa			0.300		0.300
AC, MR30 = 2500 MPa			0.400		0.400
AC, MR30 = 4000 MPa			0.500		0.450
Elastic Mod. at 68F, E = 100,000 psi		0.200			
Elastic Mod. at 68F, E = 200,000 psi		0.300			
Elastic Mod. at 68F, E = 300,000 psi		0.350			
Elastic Mod. at 68F, E = 400,000 psi		0.425			
Base Courses					
GB, CBR = 30%	0.070	0.095	0.00-0.07		
GB, CBR = 50%	0.100	0.110	0.00-0.10		
GB, CBR = 70%	0.120	0.125	0.10-0.12		
CBR = 90%	0.135	0.130	0.12-0.13		
CBR = 110%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam (WBM)				0.140	0.140
CB, UCS = 0.7 MPa	0.100	0.100	0.100		
CB, UCS = 2.0 MPa	0.150	0.140	0.150		
CB, UCS = 3.5 MPa	0.200	0.175	0.200		
CB, UCS = 5.0 MPa	0.245	0.205	0.240		
Bituminous Base Material			0.320		
Dense Bituminous Macadam/				0.200	
Built-Up Spray Grout (BUSG)				0.160	
Thin Bituminous Layer, BT				0.140	
AB, Marshall Stability, 200 lb		0.120			
AB, Marshall Stability, 400 lb		0.160			
AB, Marshall Stability, 800 lb		0.200			
AB, Marshall Stability, 1200 lb		0.240			
Sub-base Courses					
GB, CBR = 5%	0.055	0.040	0.060		
GB, CBR = 15%	0.085	0.090	0.090		
GB, CBR = 25%	0.100	0.100	0.100		
GB, CBR = 50%	0.120	0.130	0.120		
GB, CBR = 100%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam, Oversized				0.140	
Brick Soling				0.120	
Brick Ballast/ Aggregates				0.120	
Local Gravel/ Kankar				0.100	
Cemented Materials,			0.140		

Source: Chakrabarti and Bennett (1994)

In sintesi, i coefficienti di struttura sono i seguenti:

STRATO	COEFFICIENTE DI STRUTTURA
Usura	a1 = 0.38
Binder	a2 = 0.34
Base	a3 = 0.28
Fondazione	a4 = 0.11

In analogia con l'asse principale, è stato scelto un modulo di deformabilità M_D del sottofondo pari a 50 MPa e una percentuale annua di accrescimento del traffico pari dello 1.0%.

La vita utile è stata posta pari a 25 anni.

Per il traffico, in assenza di dati specifici sulle viabilità secondarie, è stata fatta una verifica "a capacità", ossia si evince che tale pavimentazione presenta un coefficiente di sicurezza >1 con valori di traffico di 4.000 veh/g e percentuale di veicoli commerciali del 10%, valore certamente estremamente cautelativo.

Nel prospetto seguente sono riportati i dati di verifica con i relativi risultati, i quali evidenziano come la pavimentazione prevista per le strade secondarie sia idonea a sopportare il traffico di progetto, conservando riserve di resistenza anche a fronte di consistenti variazioni del TGM, sia come volume sia come composizione.

LAVORO: PAVIMENTAZIONI PER STRADE DI CATEGORIA F

VERIFICA PAVIMENTAZIONE STRADALE - AASHTO GUIDE DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

Parametri fondamentali	**Var**	**unità**	
Tipo di strada di progetto	Cat.		F
Tipo di strada di progetto (Catalogo Pavimentazioni Stradali CNR)			4
Vita utile della pavimentazione	Vu	anni	25
Present Serviceability Index (PFI) iniziale	PSI_i		4.2
Present Serviceability Index (PFI) finale	PSI_f		2.0

Portanza del sottofondo	**Var**	**unità**	
Modulo deformabilità da prove di carico su piastra D300	Md	MPa	50
Valore del CBR del sottofondo	CBR	%	10
Modulo resiliente del sottofondo in MPa	Mr	MPa	**77**
Modulo resiliente del sottofondo in psi	Mr	psi	**11168**

Structural Number caratteristico della pavimentazione	**sp (cm)**	**(inch)**	**ai**	**mi**	**SN (inch)**
Strato di Usura	3	1.18	0.38	1.0	0.45
Strato di Binder	6	2.36	0.34	1.0	0.80
Strato di Base	15	5.91	0.28	1.0	1.65
Sub-base in misto cementato	0	0.00	0.20	1.0	0.00
Fondazione in misto granulare stabilizzato	21	8.27	0.11	1.0	0.91
	45			**Totale**	**3.81**

Structural Number caratteristico della pavimentazione + sottofondo	SN	inch	**3.81**

Numero di passaggi di veicoli commerciali previsto nella Vita utile	**Var**	**unità**	
Traffico giornaliero medio all'attualità	TGM	veicoli/giorno	4000
Percentuale di veicoli commerciali di peso superiore a 3 ton	p_c	%	10.00%
Percentuale di traffico nel senso di marcia	p_{sm}	%	50%
Percentuale dei veicoli commerciali sulla corsia di calcolo	p_{corsia}	%	100%
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	d	%	80%
Numero giorni commerciali per settimana	gg_{sett}	gg	7
Numero settimane commerciali per anno	s_{anno}	sett.	52
numero di veicoli commerciali in transito durante il primo anno di vita utile	N_{vco}	num.	58,240
Numero medio di assi per veicolo commerciale	n_a	num.	2.12
incremento annuo di traffico commerciale	R	%	1.00%
Traffico giornaliero medio al termine della vita utile	TGM_f	veicoli/giorno	5130
numero di veicoli commerciali transitanti nell'arco della vita utile	T^N	num.	1,644,884

Numero di passaggi di assi standard equivalenti alla fine della Vita utile	**Var**	**unità**	
Coefficiente di equivalenza	C_{sN}		2.295
Numero di passaggi di assi equivalenti da 8.2 ton: $n_a x T^N$ x CsN	**$N_{8.2}$**		**8,001,297**

Affidabilità di progetto	**Var**	**unità**	
Affidabilità percentuale di progetto	R_1	%	85%
fattore di affidabilità	Z_R		-1.037
deviazione standard relativa all'aleatorietà delle prev. Di traffico e prest. Pav.	S_0		0.45

Condizioni climatiche	**Var**	**unità**	
Coefficiente di correzione	R		1.00

Calcolo del traffico sopportabile - $N_{8.2max}$

$$log\left(N^*_{8.2max}\right) = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot log(SN+1) - 0.20 + \frac{log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot log(M_r) - 8.07$$

log ($N^*_{8.2max}$)	log ($N^*_{8.2max}$)	6.92
traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	$N^*_{8.2max}$	8,300,073

Traffico sopportabile in termini di assi standard da 8.2 ton equivalenti	**$N_{8.2max}$**	**8,300,073**

Coefficiente di sicurezza N8.2max / N8.2	**FS**	**1.04**
Status Check	**Ch**	**OK**

8 ALLEGATI

8.1 ASSE PRINCIPALE

8.1.1 Tabulato di tracciamento

AP01

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0	4858122.3638968	419334.3682587912
End:	101.94580520592134	4858188.794970845	419411.69781071256

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	101.94580520592134	Course:	N 49° 20' 07.06021532479042" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	101.94580520592134	4858188.794970845	419411.69781071256
SPI:		4858201.404076773	419426.3755278136
SC:	130.94792384998934	4858208.56532644	419432.89043794426

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	29.002118644068	L Tan:	19.350062831581837
Radius:	118	S Tan:	9.681299025244845
Theta:	07° 02' 27.95077488977597"	P:	0.29684652700857716
X:	28.958350168813552	K:	14.49376253386684
Y:	1.1867457464969066	A:	58.5000000000002
Chord:	28.982657044269334	Course:	N 46° 59' 18.82391394183344" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting

SC:	130.94792384998934	4858208.56532644	419432.89043794426
RP:		4858287.971963241	419345.60592596186
PT:	232.08275113544835	4858301.969341184	419462.7727873635

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	49° 06' 24.369109121644214"	Type:	LEFT
Radius:	117.9999999999649		
Length:	101.134827285459	Tangent:	53.90853532094455
Mid-Ord:	10.670210651174812	External:	11.73099159588024
Chord:	98.06765661187306	Course:	N 17° 44' 26.92488583541376" E

AP02

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0	4858302.34664767	419469.44179930165
RP:		4858619.467584746	418789.784303744
CS:	181.91332000048	4858474.869298437	419525.71319677395

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	13° 53' 49.75427155245143"	Type:	LEFT
Radius:	749.9999999999666		
Length:	181.91332000048	Tangent:	91.40522451513148
Mid-Ord:	5.508653005932262	External:	5.549412724715156
Chord:	181.4677299241744	Course:	N 18° 03' 52.84026200153107" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	181.91332000048	4858474.869298437	419525.713196774
SPI:		4858502.133938595	419531.070263579

ST:	265.246653333813	4858557.166733123	419538.739006347

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	83.333333333333	L Tan:	55.56453985490532
Radius:	750	S Tan:	27.785945506686026
Theta:	03° 10' 59.15590261641892"	P:	0.385759945192661
X:	83.30761684387322	K:	41.66238034006122
Y:	1.5428696961360655	A:	249.99999999999952
Chord:	83.32190270895872	Course:	N 08° 59' 38.42604717301924" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	265.246653333813	4858557.166733123	419538.739006347
End:	435.6417785219031	4858725.931199412	419562.25609813624

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	170.39512518809013	Course:	N 07° 55' 58.80722367003273" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	435.6417785219031	4858725.931199412	419562.25609813624
SPI:		4858769.0967566585	419568.2711580255
SC:	500.97511185523615	4858790.235614397	419573.60907212295

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65.333333333333	L Tan:	43.58263734352242
Radius:	300	S Tan:	21.80239971676722
Theta:	06° 14' 19.945569128158382"	P:	0.592588527387659
X:	65.25591149335437	K:	32.65376019102836
Y:	2.3693504470441966	A:	139.99999999999966
Chord:	65.29891120743437	Course:	N 10° 00' 44.70405858294839" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	500.97511185523615	4858790.235614397	419573.60907212295
RP:		4858716.786166167	419864.47876555076
PT:	631.0080308560512	4858905.608056031	419631.35584967146

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	24° 50' 04.049478061426726"	Type:	RIGHT
Radius:	300.00000000007253		
Length:	130.032919000815	Tangent:	66.05385812336097
Mid-Ord:	7.017701689695919	External:	7.185794223919244
Chord:	129.01740776830104	Course:	N 26° 35' 20.777532191590353" E

AP03

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0	4858905.141154442	419631.9427923692
RP:		4857917.638327084	420878.11218934494
CS:	305.96491409226	4859125.23819555	419843.799587817

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	11° 01' 31.69416579255767"	Type:	RIGHT
Radius:	1589.9999999999127		
Length:	305.96491409226	Tangent:	153.4562891863907
Mid-Ord:	7.35395732335633	External:	7.388128380469235
Chord:	305.4930676788475	Course:	N 43° 54' 25.629254404066728" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	305.96491409226	4859125.238195551	419843.79958781646
SPI:		4859163.557333656	419888.538659995
ST:	482.63158075892704	4859235.099455057	419982.12186750536

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	176.666666666667	L Tan:	117.79682449239996
Radius:	1590	S Tan:	58.90620447417474
Theta:	03° 10' 59.15590261648607"	P:	0.81781108380848
X:	176.61214770901225	K:	88.32424632093033
Y:	3.270883755808497	A:	530.0000000000004
Chord:	176.64243374285246	Course:	N 51° 32' 31.01341676223683" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	482.63158075892704	4859235.099455057	419982.12186750536
End:	1170.6830252586664	4859652.977103128	420528.74153557495

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	688.0514444997395	Course:	N 52° 36' 10.63223974670052" E

AP04

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0	4859652.977101802	420528.7415365329
End:	128.50088979180955	4859728.229008221	420632.90309017704

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	128.50088979180955	Course:	N 54° 09' 13.065710762962226" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	128.50088979180955	4859728.229008221	420632.90309017704
SPI:		4859766.496637154	420685.872056328
SC:	226.50088979180955	4859783.976222061	420713.4825288668

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	98	L Tan:	65.34617662647198
Radius:	800	S Tan:	32.6783427075036
Theta:	03° 30' 33.71938263465253"	P:	0.5001413185655026
X:	97.96324107302628	K:	48.993873086429815
Y:	2.00029723652643	A:	280
Chord:	97.98366083397559	Course:	N 55° 19' 24.171746756557013" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	226.50088979180955	4859783.976222061	420713.48252886685
RP:		4859108.042983141	421141.4010450879
CS:	408.21931180892454	4859862.980402557	420876.6946175754

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	13° 00' 52.643886045507315"	Type:	RIGHT
Radius:	800.0000000009177		
Length:	181.718422017115	Tangent:	91.25190584397548
Mid-Ord:	5.154079119331329	External:	5.187500101776447
Chord:	181.32801283167825	Course:	N 64° 10' 13.107035097351627" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	408.21931180892454	4859862.980402557	420876.6946175754

SPI:		4859873.793111751	420907.53224721894
ST:	506.21931180892454	4859891.599866548	420970.4054711163

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	98	L Tan:	65.34617662647198
Radius:	800	S Tan:	32.6783427075036
Theta:	03° 30' 33.71938263465253"	P:	0.5001413185655026
X:	97.96324107302628	K:	48.993873086429815
Y:	2.00029723652643	A:	280
Chord:	97.98366083418251	Course:	N 73° 01' 02.0423252044133733" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	506.21931180892454	4859891.599866548	420970.4054711163
End:	770.2144796355785	4859963.538233315	421224.4100380491

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	263.9951678266539	Course:	N 74° 11' 13.148361432726005" E

AP05

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0	4859962.878891604	421227.56539475615
End:	739.0303037785835	4860688.864504116	421089.32401047065

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	739.0303037785835	Course:	N 10° 46' 52.06961387868546" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	739.0303037785835	4860688.864504116	421089.32401047065
SPI:		4860828.158342361	421062.7998305286
SC:	951.5590394107676	4860898.947497926	421058.1192959565

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	212.528735632184	L Tan:	141.79670480985223
Radius:	870	S Tan:	70.94372381958521
Theta:	06° 59' 53.79222822574661"	P:	2.162088339041121
X:	212.21188512062855	K:	106.21154479233554
Y:	8.643745821467154	A:	430.0000000000001
Chord:	212.387849219556	Course:	N 08° 26' 55.19989315376051" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	951.5590394107676	4860898.947497926	421058.1192959565
RP:		4860956.346022538	421926.2237881533
CS:	2012.2996075905175	4861751.590431181	421573.39758373744

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	69° 51' 26.721579362369993"	Type:	RIGHT
Radius:	869.9999999999673		
Length:	1060.74056817975	Tangent:	607.5687837868565
Mid-Ord:	156.71740052578576	External:	191.1502377289714
Chord:	996.2488309399363	Course:	N 31° 08' 45.083404050675995" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	2012.2996075905175	4861751.590431181	421573.3975837374
SPI:		4861764.752267992	421603.06339937413
ST:	2109.6340903491386	4861787.714443492	421663.7658434786

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	97.334482758621	L Tan:	64.90029449383127
Radius:	870	S Tan:	32.45449991755648
Theta:	03° 12' 18.320820326608995"	P:	0.45368500061504835
X:	97.30402915026222	K:	48.66216548372919
Y:	1.8145371958009988	A:	291.00000000000045
Chord:	97.3209465331191	Course:	N 68° 12' 40.75996631246312" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	2109.6340903491386	4861787.714443492	421663.7658434786
End:	2283.2857731321796	4861849.15361642	421826.1854696427

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	173.6516827830411	Course:	N 69° 16' 46.765014039058315" E

8.1.2 Profilo longitudinale – dati

AP01

PVI	Station	Grade Out	Curve Length
0.00	0+000.000	1.00%	
1.00	0+011.976	-1.00%	
2.00	0+027.175	-0.30%	7.002m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+023.674	Elevation:	9.552m
PVI Station:	0+027.175	Elevation:	9.517m
PVT Station:	0+030.676	Elevation:	9.507m
Low Point:	0+030.676	Elevation:	9.507m
Grade in:	-1.00%	Grade out:	-0.30%
Change:	0.70%	K:	9.99999999999796
Curve Length:	7.002m	R:	1000.000
Headlight Distance:			

3.00	0+136.578	-5.50%	72.759m

	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 0+100.198 Elevation: 9.298m PVI Station: 0+136.578 Elevation: 9.189m PVT Station: 0+172.957 Elevation: 7.190m High Point: 0+100.198 Elevation: 9.298m Grade in: -0.30% Grade out: -5.50% Change: 5.20% K: 14.0000000000001 Curve Length: 72.759m R: 1400.000 Passing Distance: 121.043m Stopping Distance: 121.043m		
4.00	0+187.235	2.00%	26.239m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 0+174.115 Elevation: 7.126m PVI Station: 0+187.235 Elevation: 6.405m PVT Station: 0+200.354 Elevation: 6.667m Low Point: 0+193.354 Elevation: 6.597m Grade in: -5.50% Grade out: 2.00% Change: 7.50% K: 3.50000000000002 Curve Length: 26.239m R: 350.000 Headlight Distance: 24.998m		
5.00	0+210.143	0.92%	
6.00	0+232.083		

AP02

PVI	Station	Grade Out	Curve Length
0.00	0+000.000	0.45%	
1.00	0+020.952	-1.50%	
2.00	0+039.372	2.70%	23.113m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 0+027.815 Elevation: 6.991m PVI Station: 0+039.372 Elevation: 6.817m PVT Station: 0+050.928 Elevation: 7.129m Low Point: 0+036.087 Elevation: 6.929m Grade in: -1.50% Grade out: 2.70% Change: 4.20% K: 5.5 Curve Length: 23.113m R: 550.000 Headlight Distance: 37.456m		

3.00	0+601.778	2.50%	9.922m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+596.817	Elevation:	21.859m
PVI Station:	0+601.778	Elevation:	21.993m
PVT Station:	0+606.739	Elevation:	22.117m
High Point:	0+606.739	Elevation:	22.117m
Grade in:	2.70%	Grade out:	2.50%
Change:	0.20%	K:	49.9999999995851
Curve Length:	9.922m	R:	5000.000
Passing Distance:	2,222.342m	Stopping Distance:	2,222.342m

4.00	0+616.318	1.00%	
5.00	0+630.990		

AP03

PVI	Station	Grade Out	Curve Length
0.00	0+014.450	-0.50%	
1.00	0+101.761	4.00%	99.024m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+052.249	Elevation:	22.458m
PVI Station:	0+101.761	Elevation:	22.211m
PVT Station:	0+151.273	Elevation:	24.192m
Low Point:	0+063.249	Elevation:	22.431m
Grade in:	-0.50%	Grade out:	4.00%
Change:	4.50%	K:	22.0000000000002
Curve Length:	99.024m	R:	2200.000
Headlight Distance:	92.822m		

2.00	0+436.247	2.55%	174.133m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+349.181	Elevation:	32.110m
PVI Station:	0+436.247	Elevation:	35.594m
PVT Station:	0+523.314	Elevation:	37.814m
High Point:	0+523.314	Elevation:	37.814m
Grade in:	4.00%	Grade out:	2.55%
Change:	1.45%	K:	119.999999999999
Curve Length:	174.133m	R:	12000.000
Passing Distance:	390.283m	Stopping Distance:	390.283m

3.00	1+126.385	0.14%	24.086m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	1+114.342	Elevation:	52.885m
PVI Station:	1+126.385	Elevation:	53.192m
PVT Station:	1+138.428	Elevation:	53.209m
High Point:	1+138.428	Elevation:	53.209m
Grade in:	2.55%	Grade out:	0.14%
Change:	2.41%	K:	10.0000000000014
Curve Length:	24.086m	R:	1000.000
Passing Distance:	194.725m	Stopping Distance:	194.725m

4.00	1+153.682	-1.36%	
5.00	1+170.681		

AP04

PVI	Station	Grade Out	Curve Length
0.00	0+000.000	-1.43%	
1.00	0+017.000	-2.90%	
2.00	0+043.420	2.95%	35.070m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+025.885	Elevation:	52.500m
PVI Station:	0+043.420	Elevation:	51.993m
PVT Station:	0+060.955	Elevation:	52.510m
Low Point:	0+043.255	Elevation:	52.249m
Grade in:	-2.90%	Grade out:	2.95%
Change:	5.85%	K:	5.99999999999916
Curve Length:	35.070m	R:	600.000
Headlight Distance:	35.678m		

3.00	0+736.357	1.99%	19.294m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+726.710	Elevation:	72.150m
PVI Station:	0+736.357	Elevation:	72.434m
PVT Station:	0+746.003	Elevation:	72.626m
High Point:	0+746.003	Elevation:	72.626m
Grade in:	2.95%	Grade out:	1.99%
Change:	0.96%	K:	20.0000000000255
Curve Length:	19.294m	R:	2000.000

	Passing Distance: 465.751m Stopping Distance: 465.751m		
4.00	0+753.214	1.36%	
5.00	0+770.214		

AP05

PVI	Station	Grade Out	Curve Length
0.00	0+017.975	-2.01%	
1.00	0+038.005	-0.91%	22.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 0+027.005 Elevation: 73.668m		
	PVI Station: 0+038.005 Elevation: 73.447m		
	PVT Station: 0+049.005 Elevation: 73.346m		
	Low Point: 0+049.005 Elevation: 73.346m		
	Grade in: -2.01% Grade out: -0.91%		
	Change: 1.10% K: 20.0000000000147		
	Curve Length: 22.000m R: 2000.000		
	Headlight Distance:		
2.00	0+136.268	-2.60%	168.643m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 0+051.946 Elevation: 73.319m		
	PVI Station: 0+136.268 Elevation: 72.548m		
	PVT Station: 0+220.589 Elevation: 70.356m		
	High Point: 0+051.946 Elevation: 73.319m		
	Grade in: -0.91% Grade out: -2.60%		
	Change: 1.69% K: 99.9999999999955		
	Curve Length: 168.643m R: 10000.000		
	Passing Distance: 345.227m Stopping Distance: 345.227m		
3.00	1+900.381	-0.30%	229.888m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 1+785.437 Elevation: 29.664m		
	PVI Station: 1+900.381 Elevation: 26.675m		
	PVT Station: 2+015.325 Elevation: 26.328m		
	Low Point: 2+015.325 Elevation: 26.328m		
	Grade in: -2.60% Grade out: -0.30%		
	Change: 2.30% K: 100.000000000002		

	Curve Length: 229.888m R: 10000.000 Headlight Distance: 431.679m		
4.00	2+248.909	2.00%	13.809m
	Vertical Curve Information:(sag curve) PVC Station: 2+242.004 Elevation: 25.645m PVI Station: 2+248.909 Elevation: 25.624m PVT Station: 2+255.813 Elevation: 25.762m Low Point: 2+243.813 Elevation: 25.642m Grade in: -0.30% Grade out: 2.00% Change: 2.30% K: 6.00000000000059 Curve Length: 13.809m R: 600.000 Headlight Distance: 90.191m		
5.00	2+266.226	-0.00%	
6.00	2+283.286		