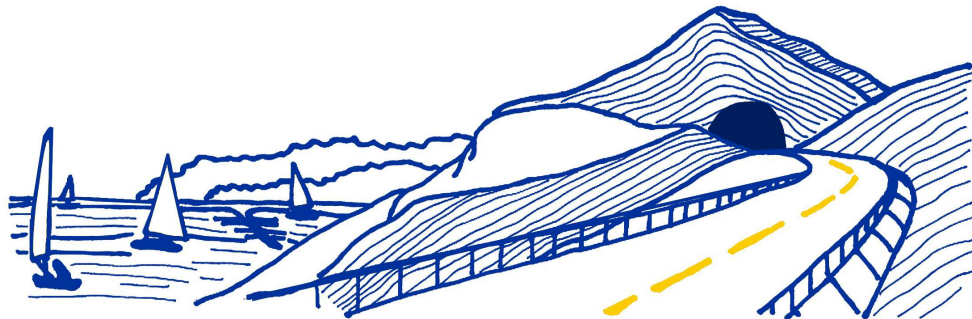


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA  
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

**PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GE265**



VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

**PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA  
ASSE PRINCIPALE  
RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000\_P01PS01TRARE01\_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P01PS01TRARE01

A

-

C					
B					
A	EMISSIONE	Marzo 2021	E. Giraudò	M. Barale	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



INDICE	Pag.
1. PREMESSA .....	1
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	2
3. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA.....	4
4. ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE.....	1
4.1 Sezioni stradali tipo.....	1
4.2 Velocità di progetto.....	4
4.3 Elementi marginali e di arredo della sede stradale .....	11
5. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE .....	12
5.1 Andamento planimetrico.....	12
5.2 Andamento altimetrico.....	15
5.3 Coordinamento plano-altimetrico .....	16
5.4 Pendenze trasversali e allargamenti in curva .....	17
5.5 Ottimizzazioni plano-altimetriche .....	18
6. ANALISI DELLE VELOCITÀ DI SICUREZZA CONSENTITE .....	19
6.1 Diagramma di velocità.....	19
6.2 Distanze di visibilità per l'arresto .....	20
6.3 Distanze di visibilità per il sorpasso .....	22
7. INTERSEZIONI E SVINCOLI.....	23
7.1 Configurazione degli svincoli .....	23
7.2 Sezioni tipo delle rampe.....	24
7.3 Geometria degli assi stradali delle rampe .....	25
8. Andamento plano-altimetrico .....	25
9. Corsie specializzate .....	28
9.1 Ottimizzazioni plano-altimetriche .....	33
9.2 Rotatorie.....	34
10. Rotatoria Svincolo Melara.....	34
10.1 Distanze di visibilità lungo le rampe degli svincoli.....	35
11. SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	36
11.1 Pavimentazioni stradali di progetto .....	36
11.2 Dimensionamento sovrastruttura stradale.....	38

12.	Traffico di progetto.....	38
13.	Metodo di verifica Aashto interim guide.....	40
14.	SEGNALETICA STRADALE.....	43
14.1	Segnaletica orizzontale .....	44
14.2	Segnaletica verticale .....	44
15.	BARRIERE DI SICUREZZA .....	46
15.1	Normativa di riferimento .....	46
15.2	Criteri di scelta delle barriere stradali.....	47
16.	Barriera H2W4 bordo rilevato .....	48
17.	Barriera H3W6 bordo ponte (per Viadotti, Ponti e Opere d'arte).....	49
18.	Barriera H4bW4 bordo ponte (per Viadotti, Ponti e Opere d'arte).....	49
19.	Barriera integrata H4aW6 bordo ponte .....	50
20.	Barriera integrata H2W4 bordo ponte (viabilità locale).....	51
20.1	Attenuatori d'urto.....	52

**Allegati:**

1	VERIFICHE DI TRACCIATO ASSE PRINCIPALE
2	DIAGRAMMA DI VISIBILITÀ
3	TRATTI DI UTILIZZO DELLE BARRIERE STRADALI
4	TRATTI DI UTILIZZO DEGLI ATTENUATORI D'URTO

## 1. Premessa

La presente Relazione Tecnica sul Progetto Stradale viene redatta nell'ambito del Contratto applicativo per la progettazione esecutiva dell'intervento S.S. 1 "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale - Progetto Esecutivo di Stralcio e completamento C – 3° tratto".

L'infrastruttura è in avanzata fase realizzativa, nel seguito, dopo una generale descrizione dell'infrastruttura, verranno descritte le opere oggetto del Progetto di completamento.

Nella progettazione dell'infrastruttura da realizzare, non si sono potuti apportare modifiche sostanziali alle opere, realizzate in una parte significativa, così come precedentemente autorizzate in sede di approvazione della Progettazione Definitiva e successivamente progettate nella sede della Progettazione Esecutiva e Costruttiva.

Non sono stati pertanto variati i tracciati stradali, le caratteristiche stradali della Variante nonché i dati di tracciamento delle opere, sia per l'asta principale che per gli svincoli.

La presente Relazione Tecnica illustra le caratteristiche principali del progetto, con riferimento all'asse principale SS1 Aurelia e allo svincolo di Melara.

In particolare, sono evidenziati in dettaglio gli aspetti relativi a:

- dimensionamento e relative verifiche del tracciato oggetto di progettazione;
- dimensionamento delle rampe di svincolo, delle corsie di accelerazione e decelerazione;
- verifiche di visibilità e descrizione degli eventuali provvedimenti mitigativi da adottare;
- dimensionamento della sovrastruttura stradale;
- indicazioni sulle motivazioni della scelta dei dispositivi di ritenuta ed individuazione delle loro caratteristiche prestazionali;
- indicazioni sulla segnaletica stradale orizzontale e verticale.

Lo stato di avanzamento dei lavori è stato desunto dalla documentazione di As-Built trasmessaci.

## 2. Normative di riferimento

Il quadro normativo principale di riferimento per la progettazione stradale è il seguente:

- Norma CNR 78-1980 - Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extra urbane.
- D.M. 05/11/01 n. 6792 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/04 – Modifica del decreto 5 novembre 2001 n. 6792 recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.Lgs. 30/04/92 n. 285 e successive modificazioni - “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n.495 e ss.mm.ii. “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada”;
- D.M. LL.PP. 19/04/06 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- Circolare LL.PP. n. 7938/99 “Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano merci pericolose”;
- D.M. n. 223 del 18/02/1992 e ss.mm.ii. (D.M. 03.06.1998, D.M. 11.06.1999 e D.M. 21.06.2004) “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”.
- Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9/03/2011 "Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione”;
- Direttiva 2004/54/CE 29.04.04 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea;
- D.M. LL.PP. 05.06.01 – “Sicurezza nelle gallerie stradali”;
- “Linee guida A.N.A.S. per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali” - edizione 2009.

È da evidenziare che alla data della redazione del progetto definitivo, la Norma che definiva le caratteristiche geometriche della strada in progetto era la CNR 78/1980.

Pertanto, la definizione degli standard progettuali della Variante alla S.S.1 Aurelia si è svolta in una fase di “transizione” del riferimento normativo, con il risultato che il criterio seguito è stato quello di utilizzo delle Norme CNR 80 (riferimento normativo alla data di redazione del progetto definitivo), tenendo comunque conto delle indicazioni di cui al D.M. 05/11/2001.

In sede di Progettazione Esecutiva tale problematica normativa era stata superata effettuando, ovunque possibile, gli approfondimenti e le verifiche della geometria stradale

mediante i criteri del D.M. 05/11/2001. Per memoria si ricorda che tale normativa ha introdotto, rispetto alla CNR 80, tutta una serie di novità, quali modifiche agli intervalli della velocità di progetto VP (l'intervallo adottato per il dimensionamento degli elementi geometrici del tracciato è  $60 \leq VP \leq 100$  Km/h, mentre in precedenza era  $80 \leq VP \leq 100$  Km/h), una più rigida impostazione della geometria dell'asse stradale (introduzione del concetto di lunghezza minima dei rettifili, diverse limitazioni nelle relazioni tra rettifili interposti tra due curve, etc...), criteri di inserimento e verifica delle curve di transizione ecc.

Per completezza si è ritenuto di riportare nel seguito le verifiche stradali eseguite in sede di Progettazione Esecutiva dai progettisti della Lotti&Associati S.p.A., alle quali necessariamente si deve far riferimento in quanto le opere e le parti d'opera realizzate fanno riferimento a tale fase progettuale.

### 3. Inquadramento generale dell'opera

Il tracciato del Lotto III, nel suo complesso, completa la tratta della variante relativa alla creazione della Viabilità di accesso all'Hub portuale di La Spezia.

Ha origine dall'imbocco galleria "Castelletti" (km. 0+047,11) che era in precedenza stata realizzata nell'ambito del Lotto II e termina collegando il Raccordo autostradale

La sezione stradale è tipo C1 con larghezza della piattaforma 10,50 m, larghezza delle corsie (una per senso di marcia) 3,75 m e larghezza delle banchine 1,50 m.

L'asse principale ha uno sviluppo complessivo di 3.933,23 m oltre ai 4 svincoli e si sviluppa per il 64% in galleria.

Immediatamente dopo l'inizio della Variante (Lato ponente), si innesta lo svincolo di "Via del Forno"; il tracciato, dopo aver sovrappassato la valle del Torrente Dorgia con il viadotto "Via del Forno" (L = 120 m), aggira il borgo di "Felettino" dove è prevista la galleria naturale "Pellizzarda" (L=927.54 m), che termina poco prima dello svincolo del "Buonviaggio", tratto nel quale è inserito il viadotto "Buonviaggio" (L=250 m). Nel Tratto successivo è presente la galleria naturale "Felettino I" (L=777.28 m), che termina nella zona dello svincolo di "San Venerio".

Da questo punto inizia la parte di tracciato denominato "Stralcio C" che sarà oggetto del Contratto attuativo da formalizzare.

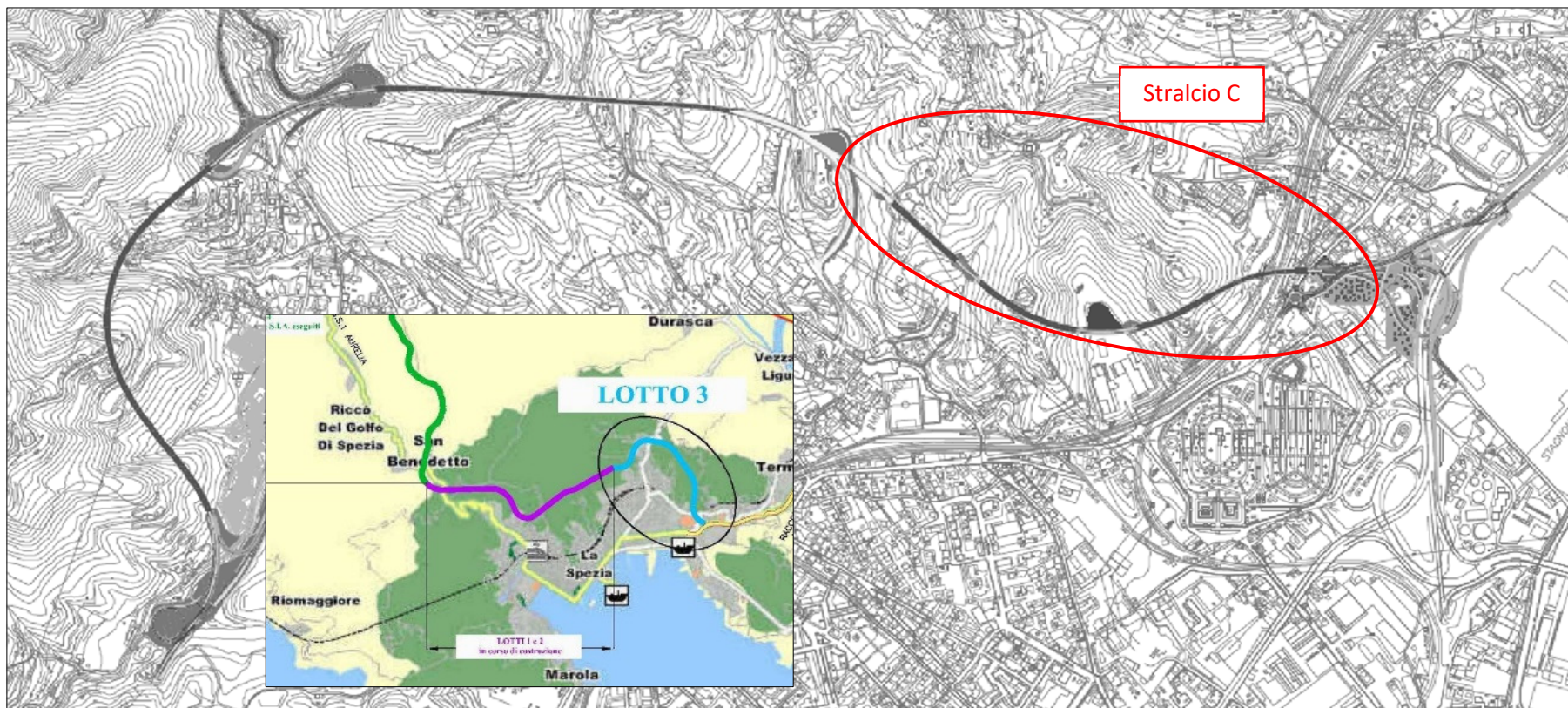
Nel tratto iniziale è presente il viadotto "San Venerio II" (L=114m) e lo svincolo di San Venerio.

Il tracciato prosegue poi con tre gallerie, intervallate da due brevi tratti in sede naturale: la galleria artificiale "Felettino II" (L=191,30 m), la galleria naturale "Felettino III" (L=245 m) e la galleria naturale "Fornaci I" (L=447.34 m).

Successivamente, nel tratto terminale, sono previste le rampe dello svincolo "Melara" di collegamento col "Raccordo autostradale". Delle rampe che si dipartono dalla galleria artificiale "Fornaci II", due proseguono in galleria naturale: galleria naturale "Fornaci III" (L=86.50 m) e "Fornaci IV" (L=165 m). Successivamente le rampe si innalzano per portarsi alla quota del viadotto autostradale esistente, al quale si vanno ad affiancare con viadotti che realizzano le corsie di entrata ed uscita al Raccordo autostradale.

Lo "Stralcio C" inizia appena prima della spalla Nord del Viadotto "San Severio II", indicativamente alla Progressiva km 2+780 (ex Sez. N. 140), fino a tutto lo Svincolo Melara.





**Figura 1 – Schema planimetrico Viabilità di accesso all'Hub portuale di La Spezia - 3° Lotto**

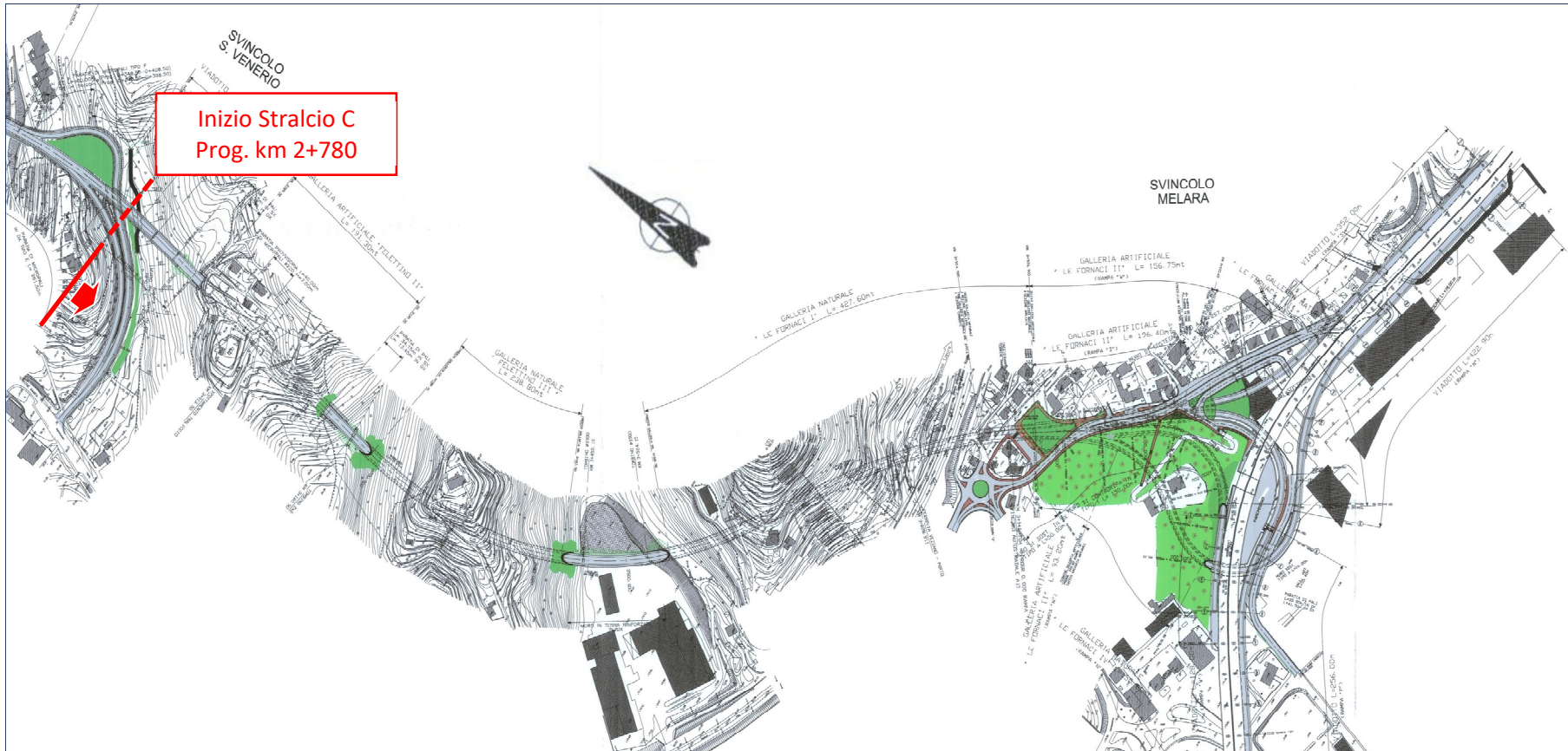
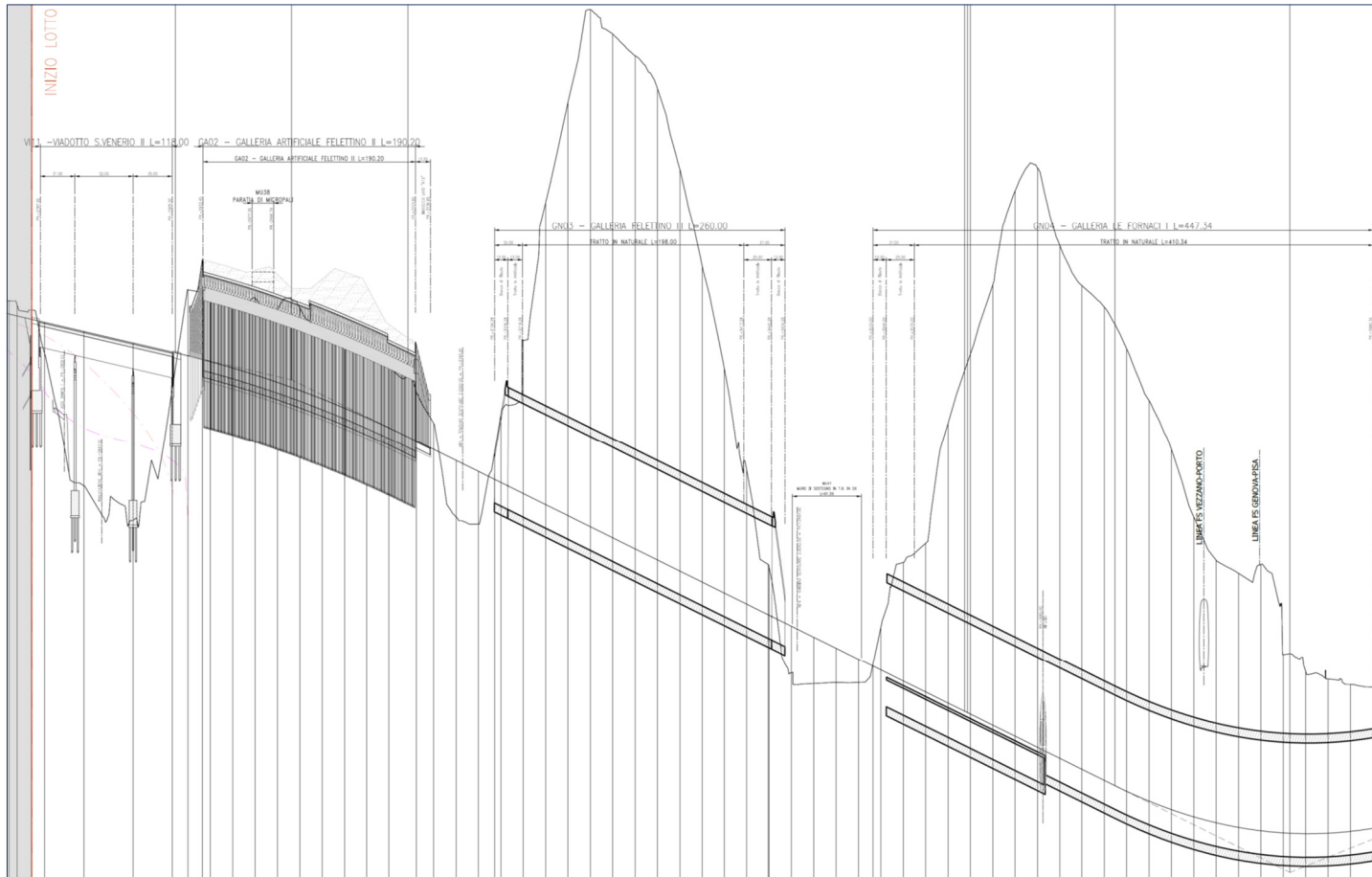


Figura 2 – Schema planimetrico dello Stralcio “C” oggetto del progetto di completamento

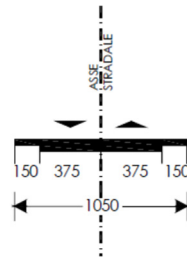


**Figura 3 – Profilo longitudinale dello Stralcio “C” oggetto del progetto di completamento**

## 4. Organizzazione della sede stradale

### 4.1 Sezioni stradali tipo

Conformemente a quanto previsto all'art.2 del "Codice della strada" (D. L.vo 285/92 e suoi aggiornamenti successivi), l'asse stradale di progetto è classificato come "Strada extraurbana secondaria" e la sezione tipo prevista per la variante alla S.S.1 Aurelia è di categoria C1.



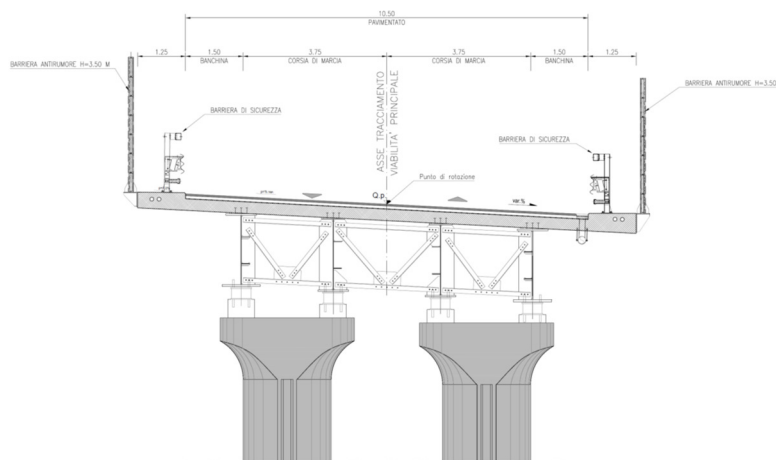
Per una strada di categoria C1, le Norme Funzionali e Geometriche prevedono i seguenti parametri:

- intervallo di velocità di progetto:  $60 < V < 100$  Km/h
- larghezza corsia = 3.75mt
- larghezza minima banchina = 1.50mt

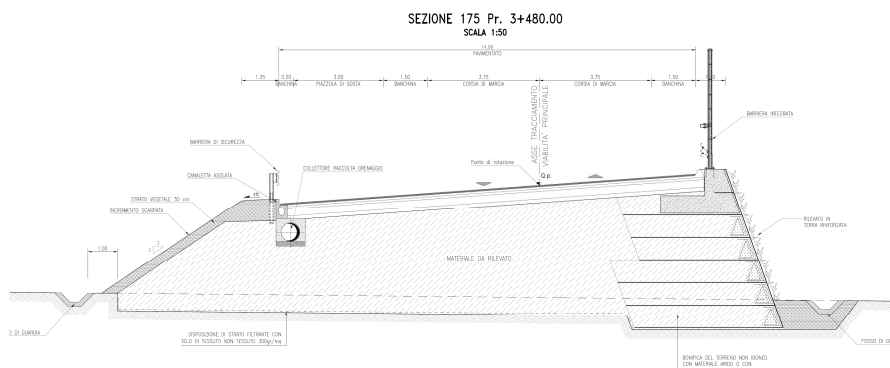
Tale dimensione della piattaforma di 10,50 m rimane invariata sia nelle sezioni all'aperto che in quelle in viadotto e in galleria.

Relativamente alle zone di svincolo, si presentano sezioni maggiori risultanti dalla presenza della corsia di accelerazione/decelerazione, o di entrambe.

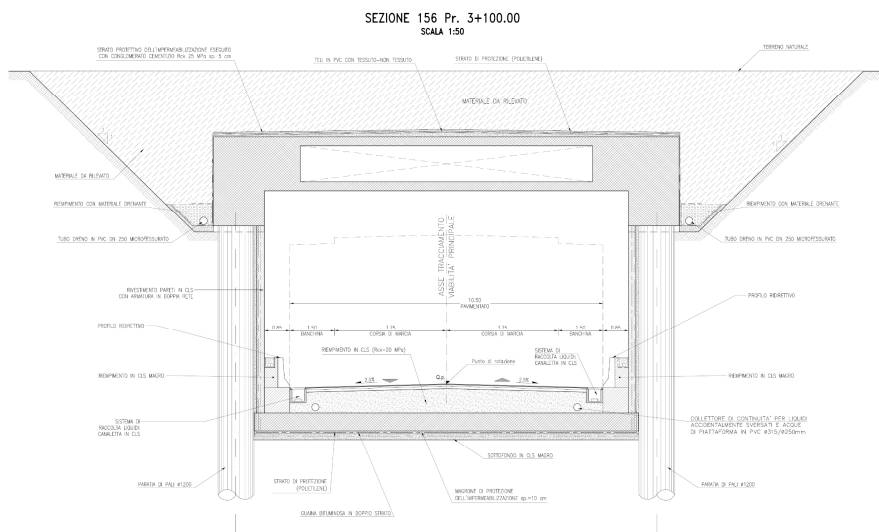
L'organizzazione della piattaforma, nei diversi tratti, è riportata nelle seguenti figure:



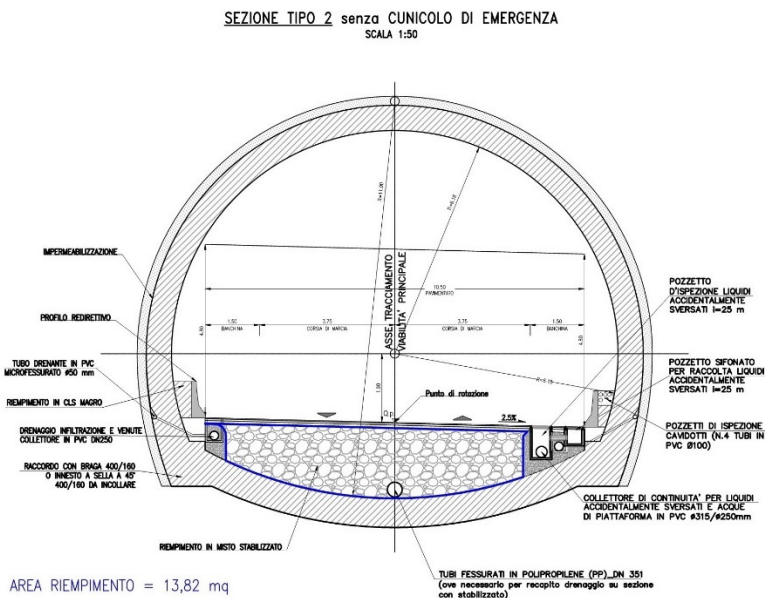
**Figura 4 – Sezione tipo in viadotto**



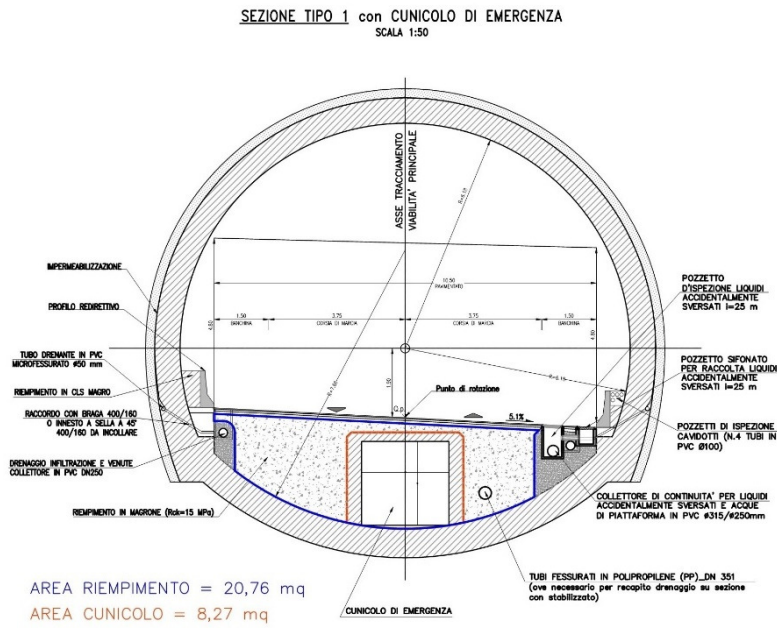
**Figura 5 – Sezione tipo in rilevato**



**Figura 6 – Sezione tipo galleria artificiale**



**Figura 7 – Sezione tipo galleria naturale**



**Figura 8 – Sezione tipo galleria naturale con cunicolo di emergenza**

## 4.2 Velocità di progetto

Alla data di redazione del Progetto Definitivo, gli standard progettuali in vigore erano quelli delle Norme CNR 80. In base a tali norme, l'intervallo adottato per il dimensionamento degli elementi geometrici del tracciato era pari a 80-100 km/h, relativo ad una strada di categoria IV.

In sede di Progetto Esecutivo, è stata effettuata una verifica del tracciato stradale dell'asse principale sulla base della nuova normativa vigente ("Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade" D.M. 05-11-2001), quindi rispetto all'intervallo 60-100 km/h, relativo ad una strada di tipo C1.

La verifica ha evidenziato come alcuni degli elementi geometrici dell'asse non risultino soddisfare le limitazioni imposte dalla Norma DM 2001, come mostra il seguente estratto dal tabulato di verifica, relativo esclusivamente agli elementi fuori norma dell'asse:

Dati generali sul tracciato SS1_Aurelia					
Progressiva Iniziale (m):	0.0000	Lunghezza (m):	3980.3422		
Progressiva Finale (m):	3980.3422				
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 60 ≤ Vp ≤ 100					
Curva 1 Destra ProgI 0.0000 - ProgF 54.0859					
Coordinate vertice X:	66853.0885	Coordinate I punto Tg X:	66826.8735		
Coordinate vertice Y:	86758.9407	Coordinate I punto Tg Y:	86752.2203		
Coordinate II punto Tg X:	66879.8174	Coordinate II punto Tg Y:	86763.1787		
Tangente Prim. 1:	27.0627	TT1 Tangente 1:	27.0627		
Tangente Prim. 2:	27.0627	TT2 Tangente 2:	27.0627		
Alfa Ang. al Vert.:	175	Numero Archi:	1		
Arco ProgI 0.0000 - ProgF 54.0859					
Coordinate vertice X:	66853.0885	Coordinate I punto Tg X:	66826.8735		
Coordinate vertice Y:	86758.9407	Coordinate I punto Tg Y:	86752.2203		
Coordinate centro curva X:	66970.2074	Coordinate II punto Tg X:	66879.8174		
Coordinate centro curva Y:	86193.1002	Coordinate II punto Tg Y:	86763.1787		
Raggio:	577.2000	Angolo al vertice:	5		
Tangente:	27.0627	Sviluppo:	54.0859		
Saetta:	0.6334	Corda:	54.0661		
Pt (%):	5.9				
Vp (Km/h) = 100.0					
R >= Rmin =	118.110 OK				
Sv >= Smin =	69.430 No				
Pt >= Ptmin =	5.862 OK	R =	577.200	R >= Rmins =	182.500 OK
		R		R <= Rmaxs =	1150.000 OK

Clotoide di Continuità 2      ProgI 54.0859 - ProgF 77.9273			
Coordinate vertice	X:	66892.5556	Coordinate I punto Tg X: 66879.8174
			Coordinate I punto Tg Y: 86763.1787
Coordinate vertice	Y:	86765.1985	Coordinate II punto Tg X: 66903.4480
			Coordinate II punto Tg Y: 86766.3193
Raggio Iniziale	:	577.2000	Angolo Iniziale : 2
Raggio Finale	:	350.0000	Angolo Finale : 5
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga : 12.8974
Parametro A	:	145.5992	Tangente corta : 10.9499
Sviluppo	:	23.8414	
Pti (%)	:	-5.9	Ptf (%) : -7.0
Vp (Km/h) = 94.2			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 169.200 No			
A >= radq(Bi*(q1-qf)/((1/Ri-1/Rf)*dimax/100))= 72.800 OK			
A >= Rmax/3 = 192.400 No			
A <= Rmin = 350.000 OK			

Curva 3 Destra      ProgI 77.9273 - ProgF 98.5331			
Coordinate vertice	X:	66913.6998	Coordinate I punto Tg X: 66903.4480
			Coordinate I punto Tg Y: 86766.3193
Coordinate vertice	Y:	86767.3741	Coordinate II punto Tg X: 66923.9958
			Coordinate II punto Tg Y: 86767.8240
Tangente Prim. 1:		10.3059	TT1 Tangente 1: 10.3059
Tangente Prim. 2:		10.3059	TT2 Tangente 2: 10.3059
Alfa Ang. al Vert.:		177	Numero Archi : 1

Arco      ProgI 77.9273 - ProgF 98.5331			
Coordinate vertice	X:	66913.6998	Coordinate I punto Tg X: 66903.4480
Coordinate vertice	Y:	86767.3741	Coordinate I punto Tg Y: 86766.3193
Coordinate centro curva	X:	66939.2729	Coordinate II punto Tg X: 66923.9958
Coordinate centro curva	Y:	86418.1575	Coordinate II punto Tg Y: 86767.8240
Raggio	:	350.0000	Angolo al vertice : 3
Tangente	:	10.3059	Sviluppo : 20.6058
Saetta	:	0.1516	Corda : 20.6028
Pt (%)	:	7.0	
Vp (Km/h) = 91.5			
R >= Rmin	=	118.110 OK	R = 350.000      R >= Rminp = 255.440 OK
Sv >= Smin	=	63.570 No	R <= Rmaxp = 100000.000 OK
Pt >= Ptmin	=	7.000 OK	R = 350.000      R >= Rmins = 161.000 OK
			R <= Rmaxs = 660.000 OK

Clotoide 4      ProgI 98.5331 - ProgF 150.6054			
Coordinate vertice	X:	66941.3459	Coordinate I punto Tg X: 66923.9958
			Coordinate I punto Tg Y: 86767.8240
Coordinate vertice	Y:	86768.5820	Coordinate II punto Tg X: 66976.0545
			Coordinate II punto Tg Y: 86767.5152
Raggio	:	350.0000	Angolo : 4
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga : 34.7250
Parametro A	:	135.0012	Tangente corta : 17.3666
Scostamento	:	0.3227	Sviluppo : 52.0724
Pti (%)	:	-7.0	Ptf (%) : 0.0
Vp (Km/h) = 93.5			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 144.600 No			
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 112.800 OK			
A >= R/3 = 116.700 OK			
A <= R = 350.000 OK			



Clotoide 5      ProgI 150.6054 - ProgF 220.7029					
Coordinate vertice	X:	67022.8086	Coordinate I punto Tg X: 67046.0882		
			Coordinate I punto Tg Y: 86768.5098		
Coordinate vertice	Y:	86766.0782	Coordinate II punto Tg X: 66976.0545		
			Coordinate II punto Tg Y: 86767.5152		
Raggio	:	260.0000	Angolo	:	8
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	46.7762
Parametro A	:	135.0012	Tangente corta	:	23.4063
Scostamento	:	0.7869	Sviluppo	:	70.0974
Pti (%)	:	-7.0	Ptf (%)	:	0.0
Vp (Km/h) = 93.5					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 144.600 No					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 112.800 OK					
A >= R/3 = 116.700 OK					
A <= R = 350.000 OK					
Curva 8 Destra      ProgI 606.6105 - ProgF 1216.9976					
Coordinate vertice	X:	67407.9987	Coordinate I punto Tg X: 67293.8313		
			Coordinate I punto Tg Y: 87028.3624		
Coordinate vertice	Y:	87426.8601	Coordinate II punto Tg X: 67716.5524		
			Coordinate II punto Tg Y: 87358.5386		
Tangente Prim. 1:		282.2047	TT1 Tangente 1:		414.5295
Tangente Prim. 2:		282.2047	TT2 Tangente 2:		316.0272
Alfa Ang. al Vert.:		94	Numero Archi	:	1
Clotoide in entrata      ProgI 606.6105 - ProgF 873.5739					
Coordinate vertice	X:	67343.3665	Coordinate I punto Tg X: 67293.8313		
			Coordinate I punto Tg Y: 87028.3624		
Coordinate vertice	Y:	87201.2633	Coordinate II punto Tg X: 67403.4425		
			Coordinate II punto Tg Y: 87269.2151		
Raggio	:	300.0000	Angolo	:	25
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	179.8568
Parametro A	:	283.0000	Tangente corta	:	90.7005
Scostamento	:	9.8288	Sviluppo	:	266.9633
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	7.0
Vp (Km/h) = 100.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 164.700 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 125.800 OK					
A >= R/3 = 100.000 OK					
A <= R = 300.000 OK					
Arco      ProgI 873.5739 - ProgF 1168.9976					
Coordinate vertice	X:	67510.0369	Coordinate I punto Tg X: 67403.4425		
Coordinate vertice	Y:	87389.7836	Coordinate I punto Tg Y: 87269.2151		
Coordinate centro curva	X:	67628.1992	Coordinate II punto Tg X: 67669.4409		
Coordinate centro curva	Y:	87070.5082	Coordinate II punto Tg Y: 87367.6598		
Raggio	:	300.0000	Angolo al vertice	:	56
Tangente	:	160.9320	Sviluppo	:	295.4237
Saetta	:	35.6359	Corda	:	283.6309
Pt (%)	:	7.0			
Vp (Km/h) = 86.0					
R >= Rmin = 118.110 OK					
Sv >= Smin = 59.710 OK					
Pt >= Ptmin = 7.000 OK					

Clotoide in uscita ProgI 1168.9976 - ProgF 1216.9976			
Coordinate vertice	X:	67685.2987	Coordinate I punto Tg X: 67669.4409
			Coordinate I punto Tg Y: 87367.6598
Coordinate vertice	Y:	87365.4589	Coordinate II punto Tg X: 67716.5524
			Coordinate II punto Tg Y: 87358.5386
Raggio	:	300.0000	Angolo
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga
Parametro A	:	120.0000	Tangente corta
Scostamento	:	0.3199	Sviluppo
Pti (%)	:	-7.0	Ptf (%)
			5
			32.0107
			16.0098
			48.0000
			-2.5
Vp (Km/h) = 91.6			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 154.300 No			
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 82.900 OK			
A >= R/3 = 100.000 OK			
A <= R = 300.000 OK			

Clotoide 20 ProgI 3566.7002 - ProgF 3658.2744			
Coordinate vertice	X:	68755.9467	Coordinate I punto Tg X: 68732.6468
			Coordinate I punto Tg Y: 85501.1150
Coordinate vertice	Y:	85481.3181	Coordinate II punto Tg X: 68807.2756
			Coordinate II punto Tg Y: 85448.1657
Raggio	:	350.0000	Angolo
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga
Parametro A	:	179.0278	Tangente corta
Scostamento	:	0.9977	Sviluppo
Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)
			7
			61.1043
			30.5746
			91.5742
			2.5
Vp (Km/h) = 100.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 184.400 No			
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 93.500 OK			
A >= R/3 = 116.700 OK			
A <= R = 350.000 OK			

Curva 23 Destra ProgI 3887.9396 - ProgF 3944.5512			
Coordinate vertice	X:	69021.1088	Coordinate I punto Tg X: 68998.9312
			Coordinate I punto Tg Y: 85321.7203
Coordinate vertice	Y:	85304.0229	Coordinate II punto Tg X: 69039.9941
			Coordinate II punto Tg Y: 85282.8475
Tangente Prim. 1:	28.3734	TT1 Tangente 1:	28.3734
Tangente Prim. 2:	28.3734	TT2 Tangente 2:	28.3734
Alfa Ang. al Vert.:	170	Numero Archi	1

Arco ProgI 3887.9396 - ProgF 3944.5512			
Coordinate vertice	X:	69021.1088	Coordinate I punto Tg X: 68998.9312
Coordinate vertice	Y:	85304.0229	Coordinate I punto Tg Y: 85321.7203
Coordinate centro curva	X:	68789.9799	Coordinate II punto Tg X: 69039.9941
Coordinate centro curva	Y:	85059.8724	Coordinate II punto Tg Y: 85282.8475
Raggio	:	335.0000	Angolo al vertice
Tangente	:	28.3734	Sviluppo
Saetta	:	1.1951	Corda
Pt (%)	:	7.0	
			10
			56.6117
			56.5443
Vp (Km/h) = 89.9			
R >= Rmin = 118.110 OK			
Sv >= Smin = 62.450 No			
Pt >= Ptmin = 7.000 OK			

Clotoide 24 ProgI 3944.5512 - ProgF 3978.5727					
Coordinate vertice	X:	69047.5441	Coordinate I punto Tg X: 69039.9941		
			Coordinate I punto Tg Y: 85282.8475		
Coordinate vertice	Y:	85274.3819	Coordinate II punto Tg X: 69061.7638		
			Coordinate II punto Tg Y: 85256.7080		
Raggio	:	335.0000	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	22.6840
Parametro A	:	106.7576	Tangente corta	:	11.3433
Scostamento	:	0.1439	Sviluppo	:	34.0214
Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 93.8					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 133.200 No					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 128.800 No					
A >= R/3 = 111.700 No					
A <= R = 335.000 OK					
Rettifilo 25 ProgI 3978.5727 - ProgF 3980.3422					
Coordinate P.to Iniziale	X:	69061.7638	Coordinate P.to Finale	X:	69062.8731
	Y:	85256.7080		Y:	85255.3293
Lunghezza	:	1.7695	Azimut	:	309
Vp (Km/h) = 94.0					
L >= Lmin = 128.8800 No Rprec = 335.0000 Rprec > Rmin = 1.7700 OK					
L <= Lmax = 2067.2470 OK					

Un'altra considerazione che va fatta riguarda i diagrammi di velocità e di visibilità: utilizzando l'intervallo di velocità 60-100 km/h, i risultati di tali diagrammi non sono soddisfacenti, nel senso che né l'uno né l'altro sono verificati per l'intero sviluppo del tracciato.

Nelle seguenti figure relative rispettivamente al diagramma delle velocità ed al diagramma di visibilità, le fasce rosse indicano i tratti in cui le varie verifiche non sono soddisfatte.

DIAGRAMMA DI VELOCITA' E VERIFICHE

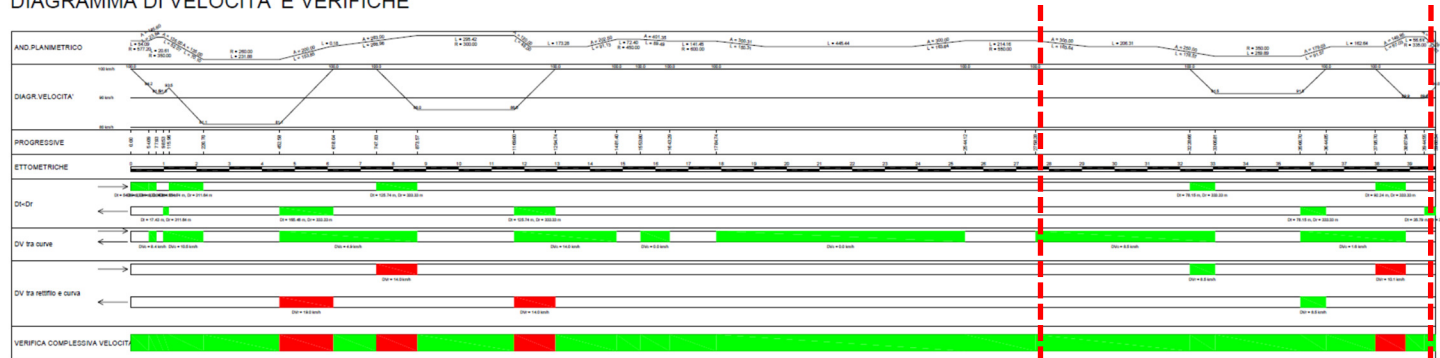


DIAGRAMMA DI VISIBILITA'

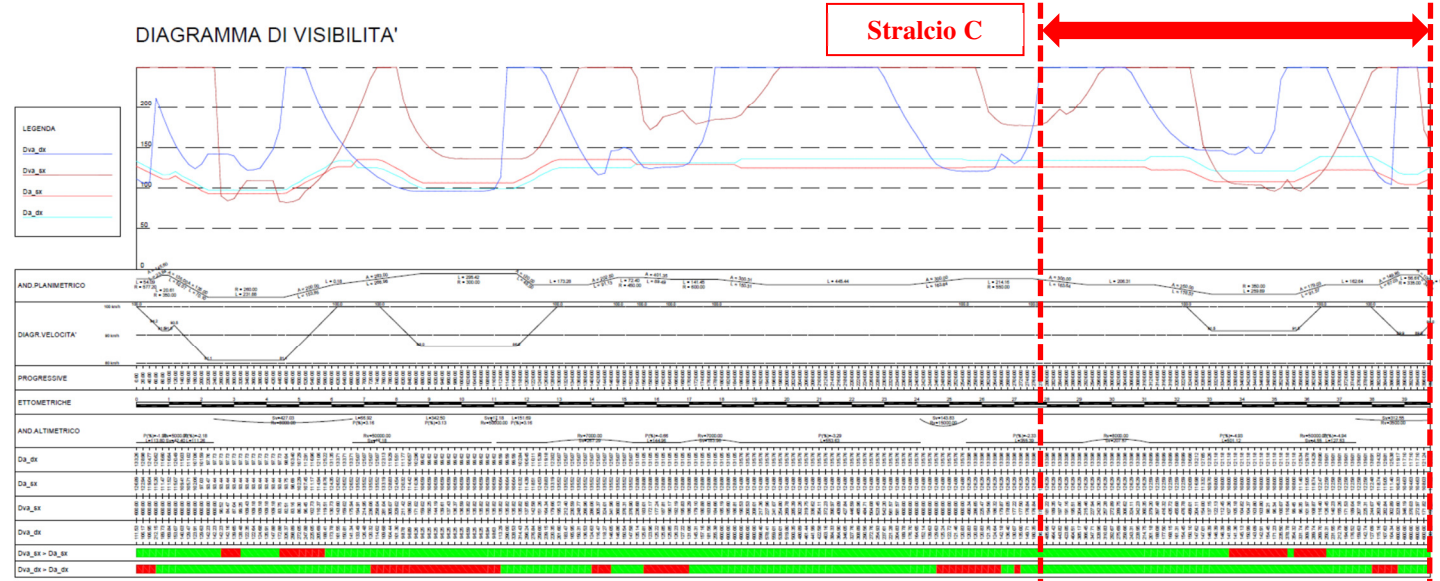


Figura 9 – Diagrammi di verifica stradale

Di contro, effettuando queste stesse verifiche rispetto alla velocità di 80km/h, conformemente con quanto già previsto dal Progetto Definitivo, i risultati sono i seguenti:

- **\*\***Per quanto concerne le verifiche degli elementi geometrici di tracciato, con una velocità di 80km/h si ottiene che tutti gli elementi geometrici siano conformi alla Normativa vigente, ad eccezione del rettilineo 25, delle curve 1 e 3, delle clotoidi 2 e 24. La causa per cui questi elementi geometrici non sono verificati è da ricercare negli stringenti vincoli morfologici e ambientali presenti nel territorio attraversato, per cui non è stato possibile ricercare soluzioni progettuali diverse. Va detto che si è ottenuto comunque il risultato di minimizzare la differenza tra i valori dei parametri fuori norma e i corrispondenti limiti normativi. La verifica completa del tracciato stradale rispetto alla velocità di 80km/h è riportata nell'Allegato 1.
- Per quanto concerne le verifiche di velocità e visibilità, esse sono sempre soddisfatte lungo l'intero sviluppo dell'asse, per una velocità di progetto di 80km/h. La descrizione più approfondita delle suddette verifiche è riportata nel seguito.

L'insieme di queste considerazioni, valutate in relazione con la brevità del tracciato e la sua importanza all'interno della rete viaria del Comune e dell'area metropolitana in cui essa si sviluppa, ha comportato la conferma dell'adozione su tutto il tracciato della velocità di 80 Km/h. L'adozione di una velocità costante su tutto il tracciato favorisce la regolarità del flusso veicolare e quindi un'elevata capacità e un adeguato livello di servizio piuttosto che una elevata velocità di percorrenza, anche perché l'adozione di velocità maggiori di 80 Km/h nei brevi tratti ove consentito, non apporterebbe significativi risparmi di tempo.

### 4.3 Elementi marginali e di arredo della sede stradale

Si definisce “Margine esterno” la parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo. Le banchine sono raccordate con gli elementi marginali contigui dello spazio stradale mediante elementi di raccordo che possono essere costituiti, a seconda delle situazioni, da arginelli (destinati ad accogliere eventuali dispositivi di ritenuta) o elementi di arredo (sostegni della segnaletica e dell’eventuale illuminazione).

In rilevato, gli elementi marginali sono costituiti da arginelli, che alloggianno le barriere di sicurezza, delimitati a bordo piattaforma da cordolo in conglomerato bituminoso. In conformità a quanto previsto dalla Normativa vigente, la dimensione degli arginelli è ricavata dalla somma delle dimensioni relative ai suoi elementi costitutivi. In particolare, i valori forniti dalle norme per strade di categoria C sono i seguenti:  $cr > 0,75\text{m}$  e  $d = 1\text{m}$ .

La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, ha una pendenza strutturale massima del 2/3 con banca di 1.50 m per altezze del rilevato superiori a 5.00.

In trincea, l'elemento marginale è costituito da una cunetta ad L con sottostante collettore di drenaggio (ove necessario); la scarpata ha pendenza congruente con le condizioni di stabilità degli scavi con banca di 1.00 m per altezze dello scavo superiori a 3.00 m.

La trincea è protetta al ciglio di un fosso di guardia. Nell’eventualità di muri di controripa, essi sono posti al di là della cunetta e sono rivestiti in pietra locale, ovvero con paramenti in c.a. con superficie disegnata.

Per le sezioni in viadotto, nella sezione tipo è mantenuta la stessa larghezza della piattaforma della sede stradale (10,50 m), con due marciapiedi laterali, esterni alle banchine, da 1,25 m (larghezza netta interna 0,75 m).

In galleria naturale e artificiale, si è adottata una sezione che prevede una banchina a raso di 1,50 m più un marciapiede per lato. Tale marciapiede e la zona sovrastante sono zone di alloggiamento degli impianti e della segnaletica verticale, nonché percorso pedonale di emergenza. I ventilatori, di tipo longitudinale, sono alloggiati in calotta ove sono previsti anche i corpi illuminanti. Sono altresì previste nicchie per alloggiare le apparecchiature per chiamate di emergenza. Il sistema è completato dalle opere di drenaggio.

## 5. Geometria dell'asse stradale

### 5.1 Andamento planimetrico

L'andamento planimetrico è definito come la proiezione dell'asse stradale su un piano orizzontale. Secondo tale impostazione, il tracciato planimetrico è costituito dalla successione dei seguenti elementi geometrici:

- rettifili;
- curve circolari;
- raccordi a raggio variabile.

Il tracciato dell'asse principale del 3° lotto della variante SS1 Aurelia, oggetto della presente relazione, va dal Km 0+000.00 al Km 3+980.3422.

E' bene precisare che la progressiva iniziale del tracciato è situata all'interno della galleria esistente Castelletti (dove finisce il 2° lotto), attualmente chiusa al traffico e di cui l'asse di progetto è il naturale proseguimento; la sezione che corrisponde alla fine della galleria esistente ed al successivo tratto all'aperto dell'asse SS1 si trova alla progressiva 0+047.11.

Un'ulteriore nota riguarda la progressiva finale del tracciato: essa coincide con la sezione da cui si dipartono le quattro rampe costituenti lo svincolo di Melara.

Gli standard progettuali adottati si basano sulle Norme CNR 80 [riferimento normativo alla data di redazione del progetto definitivo], ma tenendo comunque conto delle indicazioni fornite dalle nuove Norme [rappresentate dal D.M. 05/11/2001].

La seguente tabella riporta i parametri caratteristici di ciascun elemento del tracciato (rettifilo, curva, clotoide):

Elemento	Progr. inizio (m)	Progr. fine (m)	Lunghezza (m)	Parametro A / Raggio R
curva	2544,12	2758,28	214,16	550
clotoide	2758,28	2921,91	163,64	300
rettifilo	2921,91	3128,23	206,31	
clotoide	3128,23	3306,80	178,57	250
curva	3306,80	3566,70	259,89	350
clotoide	3566,70	3658,27	91,57	179,02
rettifilo	3658,27	3820,91	162,64	
clotoide	3820,91	3887,94	67,02	149,84
curva	3887,94	3944,55	56,61	335
clotoide	3944,55	3978,57	34,02	106,75
rettifilo	3978,57	3980,34	1,77	

La verifica del tracciato stradale dell'asse principale, rispetto alla velocità di progetto di 80km/h, ha prodotto i seguenti risultati (vedi, inoltre, il tabulato dell'Allegato 1):

### Verifica dei Rettifili

Tutti i rettifili hanno lunghezze contenute all'interno dei valori massimi e minimi imposti dalla vigente Normativa, ad eccezione del rettifilo 25 (vedi tabulato contenuto nell'Allegato 1). In particolare:

- per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna tutti i rettifili progettati hanno una lunghezza  $L_r$  contenuta nel seguente limite ( $V_p \text{ Max}$  è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, pari a 80 km/h)

$$L = 22 \cdot V_{r p \text{ Max}} = 1760 \text{ [m]}$$

- per poter esser percepito come tale dall'utente, i rettifili di progetto hanno una lunghezza non inferiore al valore di 90m (corrispondente ad una velocità pari a 80km/h).

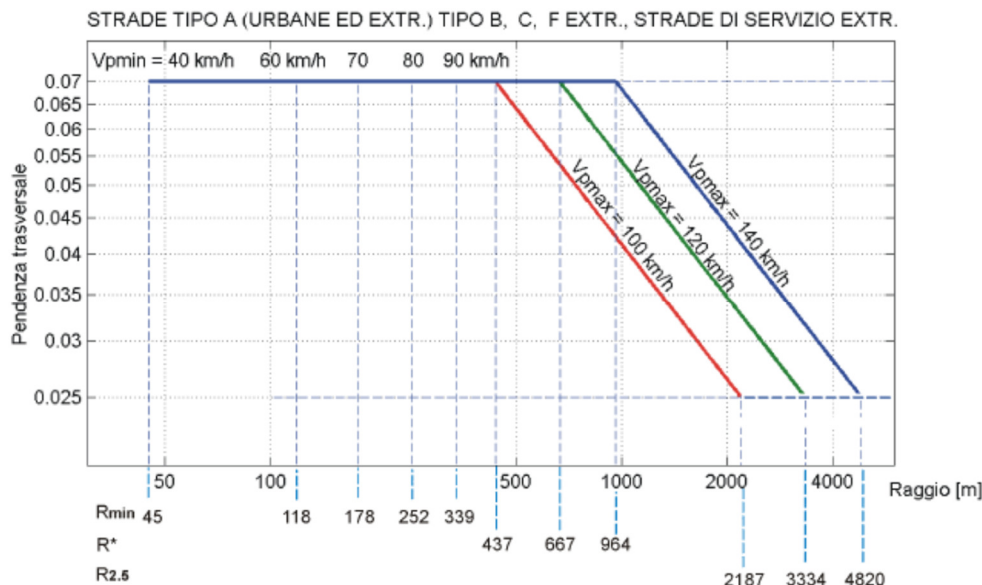
L'unico rettifilo che non rispetta le limitazioni normative è il rettifilo 25 (vedi Allegato 1). Esso funge da congiunzione tra l'ultima clotoide di uscita dell'asse principale e l'inizio delle quattro rampe dello svincolo Melara. Dato che tre rampe su quattro hanno come primo elemento geometrico un rettifilo e dato che la restante quarta rampa inizia con una curva sinistrorsa (opposta all'ultima curva destrorsa del tracciato principale) e quindi è possibile assimilare il rettifilo in oggetto ad un flesso, si può considerare il rettifilo 25 come un elemento geometrico di raccordo per il quale non vale il requisito minimo fissato dalla normativa.

### Verifica delle Curve circolari

Le curve circolari inserite sono di raggio compreso tra 260 e 600 m, quindi all'interno dell'intervallo compatibile con le velocità di progetto della strada, compreso tra i seguenti valori:

- raggio planimetrico minimo  $R_{min} = 252 \text{ m}$  ( associato alla  $V_{pmin}=80 \text{ Km/h}$  e ad una pendenza trasversale del 7.00% in condizioni di equilibrio dinamico in curva).
- raggio planimetrico massimo  $R_{max} = 2187 \text{ m}$  ( associato alla  $V_{pmax}=100 \text{ Km/h}$  e ad una pendenza trasversale del 2.50% in condizioni di equilibrio dinamico in curva).





Inoltre, i rapporti dei raggi delle curve circolari contigue che si succedono lungo il tracciato soddisfano i valori riportati nell'abaco di Koppel, ricadendo sempre nella zona "buona".

L'altro parametro geometrico da verificare è lo sviluppo della curva circolare. A tal proposito, la nuova Normativa afferma che "una curva circolare, per poter essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi, valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva". La verifica effettuata rispetto alla velocità di 80km/h determina uno sviluppo minimo richiesto pari a 55m, valore limite che è sempre rispettato ad eccezione delle curve 1 e 3. Per quanto concerne la prima curva, è possibile osservare dai tabulati (vedi Allegato 1) come la differenza tra sviluppo di progetto e sviluppo minimo sia trascurabile (pari a 0,91m). Per quanto concerne la seconda curva, la causa di ciò è da ricercare sia negli stringenti vincoli morfologici e ambientali presenti nel territorio attraversato, sia nei vincoli geometrici di tracciato rappresentati da una parte dalla curva di uscita dalla galleria esistente Castelletti, dall'altro dalla curva che introduce l'imbocco alla galleria Pellizzarda. Per tali ragioni, non è stato possibile ricercare soluzioni progettuali diverse. Va detto che, utilizzando la velocità di 80km/h, si è comunque ottenuto il risultato di minimizzare la differenza tra lo sviluppo di progetto della curva e il limite minimo consentito.

Infine, i rettili inclusi tra le curve circolari soddisfano le condizioni richieste dalla normativa, che sono:

- per  $L_r \leq 300 \text{ m} \rightarrow R \geq L_r$
- per  $L_r > 300 \text{ m} \rightarrow R \geq 400 \text{ m}$

### Verifica delle Curve a raggio variabile

Le clotoidi interposte tra gli elementi a curvatura costante (rettifili e cerchi) sono state progettate utilizzando un parametro ampio, nella maggior parte dei casi pari a  $R/2$ , sulla base dei valori minimi imposti dalla Normativa vigente, in riferimento cioè al criterio della limitazione del contraccollo, al criterio della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata ed al criterio ottico.

La verifica dei parametri delle clotoidi di progetto, effettuata rispetto alla velocità 80km/h, è sempre verificata ad eccezione delle clotoidi 2 e 24. Tali clotoidi non rispettano la sola limitazione del contraccollo, mentre si è comunque garantito il rispetto degli altri due criteri. D'altra parte, non è stato possibile trovare soluzioni progettuali alternative, data la conformazione estremamente articolata e variabile dell'asse stradale, che ha dovuto adattarsi alla viabilità esistente ed alla particolare orografia del territorio connotata da forti vincoli ambientali.

## 5.2 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico è definito come la linea piana in cui si trasforma l'asse stradale per effetto dell'intersezione tra il terreno e una superficie cilindrica a generatrici verticali avente per direttrice il tracciato orizzontale. Secondo tale impostazione, il profilo longitudinale è costituito dalla successione dei seguenti elementi geometrici:

- livellette;
- raccordi concavi o convessi.

L'andamento altimetrico dell'asse principale di progetto è costituito dalle seguenti livellette:

n°	Progressiva (m)	Quota (m)	i [%]	Dislivello (m)	Lunghezza (m)
7	2481,72	53,61	-3,29	-23,61	717,89
8	3012,87	41,24	-2,33	-12,38	531,29
9	3620,00	11,31	-4,93	-29,93	607,87
10	3906,04	-2,82	-4,94	-14,13	286,39
11	4105,72	5,17	4,00	7,99	199,84
12	4260,88	15,22	6,48	10,05	155,48
13	4389,42	14,28	-0,73	-0,94	128,55

Facendo riferimento alla Normativa vigente, si osserva come tutte le pendenze delle livellette abbiano valori inferiori alla pendenza massima pari al prescritto 7% per strade di categoria C.

Queste livellette sono collegate dai seguenti raccordi verticali:

n°	Tipo	Raggio Verticale (m)	i [%]	Sviluppo (m)	Progressiva Iniziale (m)	Progressiva Finale (m)
8	Circolare	8000,00	-2,60	207,71	2909,0313	3116,6035
9	Circolare	50000,00	-0,01	4,55	3617,7263	3622,2736
10	Circolare	3500,00	8,94	312,65	3749,7992	4062,3463
11	Circolare	2000,00	2,48	49,46	4081,0101	4130,4028
12	Circolare	900,00	-7,21	64,81	4228,5271	4293,2948

I valori di tutti i suddetti raggi sono tali da garantire condizioni di sicurezza ottica (come descritto nelle verifiche di visibilità), e dinamica (come prescritto dalla Normativa, l'accelerazione verticale  $a_v$  non supera il valore limite alim di  $0,6m/s^2$ ).

### 5.3 Coordinamento plano-altimetrico

Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, l'andamento planimetrico dell'asse è stato opportunamente coordinato con il profilo longitudinale.

A tale scopo, la progettazione è stata eseguita facendo riferimento ai principi basilari di corretta percezione della strada ed in particolare alle raccomandazioni contenute nella normativa.

Analizzando nel dettaglio l'andamento plano-altimetrico è possibile osservare che si è cercato sempre di:

- posizionare i raccordi verticali in corrispondenza ai tratti planimetrici con sviluppo in rettilineo anche se non sempre è stato possibile rispettare tale norma, a causa dell'andamento planimetrico piuttosto accidentato. Si è cercato, quindi, di far coincidere il vertice del raccordo verticale con quello della curva planimetrica.
- gli inizi dei raccordi convessi sono stati posizionati all'interno di elementi a curvatura costante, o comunque a conveniente distanza dall'inizio delle clotoidi, al fine di non mascherare cambiamenti di direzione.

- i raccordi concavi, comunque di raggio particolarmente ampio, al fine di non disturbare la visione prospettica percependo restringimenti e false pieghe nell'andamento dei cigli, non sono stati posizionati agli inizi di clotoidi.
- non si riscontrano perdite di tracciato dovute alla successione di un raccordo convesso e uno concavo, in quanto essi sono posti a conveniente distanza, e comunque i raggi adottati assicurano distanze di visibilità adeguate ad evitare questo difetto ottico.

Infine, la posizione degli svincoli lungo il tracciato non comporta dei problemi di riconoscibilità degli stessi, in quanto i tratti delle rampe in affiancamento all'asse principale in quasi tutti i casi si trovano ubicati in elementi a curvatura costante, e comunque i tratti in approccio presentano distanze di visibilità tali da evitare l'effetto sorpresa e da consentire di percepire, riconoscere ed eventualmente effettuare la manovra. E' stata prevista comunque la presenza dell'opportuna segnaletica di preavviso e indicazione delle immissioni ed uscite, al fine di segnalare con opportuno anticipo la presenza delle stesse.

#### 5.4 Pendenze trasversali e allargamenti in curva

Per quanto riguarda la pendenza trasversale della piattaforma, si sono adottati valori del 7% per raggi minori del raggio minimo in corrispondenza della  $V_{pmax}$ . Per raggi superiori, si è invece adottata la pendenza indicata dall'abaco della norma. Lungo gli elementi a curvatura variabile, quando lungo una clotoide la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5 % necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, si è imposto che la pendenza longitudinale  $\Delta_i$  dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore  $\Delta_{imin}$  dato da:  $\Delta_{imin} = 0.1 \cdot B[\%]$ .

Conformemente a quanto definito dalla Normativa vigente e riportato nella seguente figura:

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

nei tratti dell'asse principale che ricadono all'interno delle gallerie naturali Pellizzarda e Felettino I, al fine di ottimizzare il deflusso delle acque e ridurre l'utilizzo di dispositivi idraulici, è stato previsto di mantenere la piattaforma stradale a falda unica, rispettivamente

tra le progressive 1+216,99 / 1+390,27 e 1+885,05 / 2+430,49. In conseguenza di quanto detto, dato che entrambe le gallerie si sviluppano inizialmente con curve destrorse, si prevede di conservare anche nei seguenti rettifili un'unica pendenza trasversale, pari al 2,5%; il ciglio più basso è quello dx.

Infine, non è stato necessario prevedere allargamenti della carreggiata, in quanto i raggi adottati sono superiori al valore del raggio in cui la norma prevede l'allargamento, che risulta essere pari a 225 m.

## 5.5 Ottimizzazioni plano-altimetriche

Lo sviluppo della progettazione esecutiva ha comportato l'introduzione di alcune ottimizzazioni planimetriche, con conseguenti adeguamenti altimetrici, come descritto di seguito (si riportano i dati del solo Stralcio C).

L'ottimizzazione dell'asse principale, che riguarda la galleria Fornaci I, si è resa necessaria per risolvere l'interferenza della galleria stessa con il camerone della linea ferroviaria RFI, non correttamente individuato nel progetto definitivo, unitamente a quella con un'abitazione su via Sarzana, ubicata in una zona a bassa copertura, dove è stato ricavato il necessario franco per la realizzazione della paratia di micropali a protezione della stessa. Tale variante ha inizio e si esaurisce all'interno della galleria Le Fornaci I, in particolare inizia alla Progressiva 3+566.7002 (ex 3+562.7840) e termina alla progressiva 3+950.0766 (ex 3+946.6950). In tale modo, lo sviluppo dell'asse principale SS1 Aurelia ha una riduzione di lunghezza pari a 0.5296m rispetto al tracciato del Progetto Definitivo.

Il relativo adeguamento altimetrico consiste nel contenere la variante all'interno del tratto di galleria, mediante l'inserimento di un vertice altimetrico poco prima del raccordo verticale di raggio R=3500m, per connettere la livelletta di progetto traslata di 3.9163 (derivante dalla variante planimetrica Pellizzarda) con quella traslata di 3.3866 (derivante dalla variante planimetrica Le Fornaci I).

Inoltre, è stata apportata un'ulteriore modifica al tracciato, solo di carattere formale-convenzionale, consistente nella scelta di far proseguire l'asse principale fino alla sezione in cui si realizza il passaggio da naturale ad artificiale della galleria Le Fornaci I. La modifica è consistita nel raccordare tramite una clotoide l'originario arco circolare avente raggio R=900m ad un nuovo breve rettifilo, termine del nuovo asse principale. In tale modo, la progressiva della sezione finale della SS1 Aurelia è pari a 3+980.3422, cioè la nuova progressiva di fine variante Fornaci I.

## 6. Analisi delle velocità di sicurezza consentite

Oltre all'analisi precedentemente effettuata delle caratteristiche geometriche della strada, atta ad assicurare la rispondenza delle stesse a quelle che la norma indica per la categoria di strada cui appartiene l'asse stradale di progetto, bisogna analizzare e verificare che tali caratteristiche geometriche adottate risultino essere compatibili con le condizioni di sicurezza da assicurare.

Questa ulteriore analisi e verifica è stata condotta dapprima costruendo il diagramma di velocità del tracciato, sulla base dei soli vincoli dinamici, ed in particolare, come consentito dalla norma, sui vincoli planimetrici, dati dalla combinazione dei raggi e delle pendenze trasversali delle curve circolari che vincolano la velocità di percorrenza. In seguito, si sono analizzate le distanze di visibilità consentite dalla geometria del tracciato, distanze che sono vincolate essenzialmente dai raggi delle curve e dalla larghezza dei franchi laterali alle corsie, nonché dai raggi dei raccordi verticali. Verificata la rispondenza delle distanze di visibilità alle velocità consentite dal tracciato, si è effettuata la verifica dello sviluppo delle corsie di accelerazione e decelerazione presenti lungo il tracciato, che, come già discusso in precedenza, risultano avere uno sviluppo necessariamente limitato a causa degli stringenti vincoli ambientali e morfologici.

### 6.1 Diagramma di velocità

Conformemente alla Normativa vigente, l'asse stradale principale, oggetto della presente relazione, ha un intervallo di velocità di progetto pari a  $60 < V < 100$  Km/h.

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

Per redigere tale diagramma e quindi per analizzare l'andamento delle velocità di progetto lungo il tracciato, è necessario elencare e chiarire le ipotesi sulle quali esso è basato:

- in rettilineo, sugli archi di cerchio con raggio non inferiore a R2,5, e nelle clotoidi, la velocità di progetto tende al limite superiore dell'intervallo; gli spazi di accelerazione conseguenti all'uscita da una curva circolare, e quelli di decelerazione per l'ingresso a detta curva, ricadono soltanto negli elementi considerati (rettilineo, curve ampie con  $R > R_{2,5}$  e clotoidi);
- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a R2,5, e si determina dai relativi abachi;
- i valori dell'accelerazione e della decelerazione restano determinati in  $0.8 \text{ m/s}^2$ .

All'interno del diagramma delle velocità sono riportati:

- la relazione tra la distanza di transizione DT (spazio percorso da un veicolo affinché la sua velocità aumenti o diminuisca da  $v_{p1}$  a  $v_{p2}$ ) e la distanza di riconoscimento Dr (lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli o avvenimenti). Al fine di garantire la sicurezza della circolazione, è necessario che  $DT < Dr$ .
- le differenze tra le velocità di percorrenza di due elementi successivi lungo il tracciato, differenza che la norma indica che devono essere:
- nel passaggio da tratti caratterizzati da  $V_{pmax}=100$  Km/h a curve a velocità inferiore, la differenza non deve superare 10 Km/h;
- tra due curve successive la differenza di velocità deve essere comunque sotto i 20 Km/h.

Dall'elaborazione del diagramma rispetto all'intervallo di velocità  $60 < V < 100$  Km/h, è risultato che le suddette limitazioni siano interamente soddisfatte, a meno di alcuni brevi tratti del tracciato in cui non sono verificate le condizioni di passaggio da un elemento geometrico all'altro (Prog. 3+795 - Prog. 3+887).

D'altra parte, a fronte delle considerazioni già effettuate al paragrafo 3.1, si è effettuata una nuova analisi delle velocità, questa volta imponendo una velocità di progetto costante, pari a 80km/h.

Avendo adottato una velocità costante lungo tutto il tracciato, le limitazioni imposte dalle norme non hanno più ragion d'essere.

## 6.2 Distanze di visibilità per l'arresto

La presenza di opportune visuali libere, sia sulla strada sia in corrispondenza delle intersezioni, costituisce primaria ed inderogabile condizione della sicurezza stradale.

La distanza di visuale libera Dva è definita dalla Normativa come la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé indipendentemente dalle condizioni di traffico e dalle condizioni atmosferiche e illuminazione.

Nella stesura del progetto, tale distanza è stata confrontata con la distanza di visuale libera per l'arresto Da (cioè lo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto) e la distanza di visibilità per il sorpasso (che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto).

Da un punto di vista operativo, le distanze oggetto di verifica sono state calcolate ed elaborate, mediante software, lungo l'intero sviluppo dell'asse viario. I dati di input sono

quelli caratteristici di una strada di categoria C e sono desunti dalla Normativa di riferimento. In particolare, si è assunto quanto segue:

- Vi – velocità del veicolo, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità;
- fl – quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura. Si è adottato un valore di fl riferito alle autostrade. Si è ritenuto opportuno utilizzare i coefficienti di aderenza longitudinale previsti per le strade di categoria maggiore, in quanto per la nostra strada, come vedremo più avanti, si è adottata per i tratti all'aperto una pavimentazione con strato di usura drenante. Anche nei tratti in galleria si sono adottati tali coefficienti, in quanto i coefficienti della normativa sono stati misurati per superficie bagnata, e quindi in galleria, trovandoci all'asciutto, i coefficienti saranno sicuramente maggiori;
- posizionamento del conducente al centro della corsia, con l'altezza dell'occhio a 1,10 m dal piano viabile, e l'ostacolo a 0,10 m dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente.

Le distanze di visibilità così misurate sono state confrontate con le distanze di arresto, calcolate con le velocità desunte dal diagramma di velocità precedentemente ottenuto.

Il risultato di questo confronto, effettuato sia in direzione San Benedetto-Raccordo autostradale (indicata per convenzione direzione dx) sia in direzione Raccordo autostradale-San Benedetto (indicata per convenzione direzione sx), mostra che le verifiche non sono soddisfatte in alcuni tratti. In particolare, la costruzione del diagramma di visibilità ha evidenziato la presenza di tre situazioni in cui la verifica non è soddisfatta (in altri brevi tratti, la verifica di visibilità per l'arresto non è soddisfatta per pochi metri, il che porterebbe a considerare comunque idonea la soluzione di progetto dal punto di vista della sicurezza), precisamente:

- Direzione Raccordo Autostradale - San Benedetto: tratto da Km 0+425 a Km 0+575 (uscita galleria Pellizzarda presso svincolo Via del Forno)
- Direzione San Benedetto - Raccordo Autostradale: tratto da km 0+775 a km 1+125 (interno galleria Pellizzarda)
- Direzione Raccordo Autostradale - San Benedetto: tratto da km 3+375 a km 3+625 (uscita galleria Fornaci I – entrata galleria Felettino III).

Di conseguenza, si è effettuata una nuova verifica di visibilità, questa volta imponendo una velocità di progetto costante, pari a 80km/h. Tale seconda verifica ha dato esito positivo lungo l'intero sviluppo dell'asse principale (vedi Allegato 4). Pertanto, nei tratti ove la verifica non risulta essere soddisfatta, è necessario provvedere a disporre dei limiti di velocità. D'altra parte, l'insieme dei limiti di velocità introdotti dalle verifiche effettuate, assieme all'estrema variabilità del tracciato (sia come successione di elementi plano-altimetrici, sia nella presenza di elementi di tracciato, come le gallerie e gli svincoli, che



portano naturalmente a condizionamenti sul comportamento dei guidatori), portano a ritenere di vincolare la velocità a 80 Km/h su tutta l'estensione del tracciato. In questo modo, oltre a ripristinare le inderogabili condizioni di sicurezza, si ottiene di mantenere la regolarità del flusso veicolare, nell'ottica innanzitutto di massimizzare la capacità della strada.

### 6.3 Distanze di visibilità per il sorpasso

Per quanto riguarda la possibilità o meno di effettuare manovre di sorpasso, è necessario fare le seguenti considerazioni. I vincoli ambientali e morfologici della zona interessata dal tracciato, che hanno portato ad una particolare conformazione del tracciato, composto da una successione di gallerie (dove per motivi di sicurezza si prescrive di interdire la manovra di sorpasso) e di brevi tratti all'aperto lungo i quali si sviluppano prevalentemente le rampe di immissione ed uscita degli svincoli (dove il Codice della Strada espressamente interdice la manovra di sorpasso), rendono non possibile realizzare zone per consentire la manovra di sorpasso. La natura e il ruolo della strada all'interno della rete viaria, e la natura relativamente breve degli spostamenti che interesseranno il tracciato, rendono questo deficit poco influente rispetto agli obiettivi da perseguire e ai vincoli di varia natura che interessano il progetto. In sintesi, dovrà essere interdetta, con opportuna segnaletica di divieto, la manovra di sorpasso lungo tutto lo sviluppo del tracciato (e ovviamente anche lungo le rampe).

## 7. Intersezioni e svincoli

Il tracciato del 3° lotto della variante Aurelia, oggetto della presente relazione, ha origine all'imbocco della galleria Castelletti (posto al Km 2+400 circa del II° lotto), si sviluppa per più del 60% in galleria, emergendo in superficie in corrispondenza agli svincoli di Via del Forno, del Buonviaggio e di San Venerio e termina in corrispondenza dello svincolo Melara di collegamento con l'autostrada La Spezia – S. Stefano Magra. Questi quattro svincoli consentono la completa connessione e l'interscambio di flussi di traffico tra l'asse stradale di progetto e la viabilità locale esistente, senza che si verifichi alcuna intersezione tra le traiettorie veicolari.

L'adozione in sede progettuale di soluzioni differenti da quelle a livelli sfalsati, come svincoli a raso o in rotatoria, solitamente adottate per gli svincoli delle strade di questa categoria, avrebbero abbassato certamente il livello di sicurezza della strada, senza apportare significativi miglioramenti, o addirittura apportando peggioramenti, del livello di servizio e della velocità media di percorrenza.

### 7.1 Configurazione degli svincoli

Di seguito si espongono gli schemi di sistemazione dello Svincolo Melara, unico presente nello Stralcio C.

Rappresenta il collegamento al Raccordo Autostradale esistente. La sua estensione comprende, oltre al complesso delle quattro rampe di collegamento, anche la galleria artificiale Le Fornaci II. Il collegamento avviene a ridosso di un quartiere periferico che si sviluppa lungo Via Melara.

L'intero svincolo è stato oggetto di un accurato studio architettonico, mirato a ridurre l'impatto visivo, producendo un inserimento che fosse il più armonico possibile. Anche a tal fine, si è studiata una revisione della viabilità locale, con la realizzazione di una strada principale (Via Melara Nuova) di collegamento con Via Sarzana. Il nuovo asse locale si sviluppa parallelamente a Via Melara, la quale avrà la funzione di servizio per gli abitati; esso contribuisce da un lato ad allontanare visivamente l'infrastruttura di svincolo ed il raccordo autostradale dagli abitati, dall'altro a produrre un passaggio armonico tra le infrastrutture della viabilità autostradale e di svincolo, da quella locale di servizio (Via Melara).

Con riferimento alla configurazione di progetto dello svincolo, i rami principali dello svincolo sono:

- Rampa N
- Rampa P
- Rampa S
- Rampa W

Per quanto concerne l'interferenza dello svincolo con la viabilità locale, le strade locali interrotte dalla galleria artificiale le Fornaci II vengono ripristinate. La loro posizione plano-altimetrica è il risultato delle esigenze legate agli accessi ed alla riconnessione con la rete stradale cittadina con i vincoli imposti dalla galleria artificiale Fornaci II. Ciò ha comportato che qualche tratto di strada abbia livellette con pendenze piuttosto elevate, ma sufficientemente contenute in sviluppo ed accettabili per la tipologia di strada. Gli assi viari esistenti ripristinati sono i seguenti:

- Rampa J
- Rampa O
- Rampa V
- Rampa X (suddivisa nei tratti X1 e X2)
- Rampa Z

Nell'ambito del progetto esecutivo delle suddette sistemazioni superficiali è stata eseguita l'ottimizzazione della rotatoria a cinque bracci prevista all'intersezione tra via Sarzana e via del Camposanto, sulla quale si attesta anche via Melara Nuova. All'uopo è stato eseguito il disassamento ed il ridimensionamento dell'isola centrale, per aumentare la deflessione delle traiettorie, nonché l'eliminazione di due "by-pass", che hanno consentito la realizzazione di una rotatoria più funzionale, compatta ed in linea con la normativa vigente.

## 7.2 Sezioni tipo delle rampe

In conformità a quanto previsto dalla Norma CNR 78-1980, le rampe di svincolo utilizzate per raccordare l'asse principale alla viabilità autostradale (nel caso dello svincolo di Melara) sono organizzate come di seguito descritto:

- Rampe monodirezionali: una piattaforma da 6,50m, composta da una corsia da 4,00m più una banchina in sx da 1,00m e una banchina da 1,50m in dx. Tale dimensione di piattaforma viene mantenuta in tutte le situazioni, cioè anche in galleria e in viadotto
- Rampe bidirezionali: una piattaforma da 9,00m, composta da due corsie da 4,00m più due banchine laterali da 0,50m

### 7.3 Geometria degli assi stradali delle rampe

Le rampe utilizzate per l'effettuazione dei collegamenti tra le strade oggetto della presente relazione, situate a diversa quota, sono state studiate mediante criteri progettuali adeguati a mettere in conto una serie di problematiche tra loro interconnesse.

La conformazione plano-altimetrica delle rampe richiede innanzitutto la determinazione degli intervalli di velocità da adottarsi. In base a quanto indicato nelle "Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", l'intervallo cinematico di progetto da abbinare alla tipologia di rampe oggetto della presente relazione è di  $40 < V < 60$  Km/h (per le rampe dirette e semidirette), di 40km/h (per le rampe indirette in uscita dalla strada di livello gerarchico superiore) e di 30km/h (per le rampe indirette in entrata sulla strada di livello gerarchico superiore).

## 8. Andamento plano-altimetrico

E' bene ricordare che il criterio seguito dal Progettista è stato quello di adottare gli standard progettuali delle Norme CNR 80 [riferimento normativo alla data di redazione del progetto definitivo], ma tenendo comunque conto delle indicazioni fornite dallo studio prenormativo a base delle nuove Norme [rappresentate dal D.M. 05/11/2001]

Le Norme italiane vigenti ["Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" D.M. 19-04-2006] forniscono i valori di riferimento per i parametri geometrici delle rampe di interconnessione. Tali parametri sono indicati nella seguente tabella.

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max in salita	(%)	10	7,0			5,0	
Pendenza max in discesa	(%)	10	8,0			6,0	
Raggi minimi verticali convessi	(m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi	(m)	250	500	750	1000	1400	2000
Distanza di visuale minima	(m)	25	35	50	70	90	115

D'altra parte, le Norme adottate in sede di Progetto Definitivo [Norma CNR 78-1980 - Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extra urbane] prevedono che, quando la più importante delle due strade che si intersecano è di tipo IV, si debbano adottare i seguenti parametri:

- Raggio planimetrico minimo d'asse: 35m
- Pendenza massima in salita: 7%
- Pendenza massima in discesa: 8%

- Raggio verticale minimo convesso: 800m
- Raggio verticale minimo concavo: 400m

### ***Andamento planimetrico***

Le rampe sono state tracciate secondo le seguenti modalità:

- *Secondo il ciglio esterno destro della piattaforma:* rampe A, B, C, D (svincolo di via del Forno); rampe G, H, I, M (svincolo Buonviaggio); rampe R, T (svincolo San Venerio);
- *Secondo il ciglio esterno destro della carreggiata:* rampe N, P, S, W, X<sub>1</sub> (svincolo Melara);
- *Secondo l'asse di simmetria:* deviazione di via del Forno (svincolo di via del Forno); rampe F, L, Braccio L, Braccio VL (svincolo Buonviaggio); rampe J, O, V, X<sub>2</sub>, Z (svincolo Melara).

Lo sviluppo planimetrico delle rampe è indicato nella seguente tabella (le progressive iniziali e finali si riferiscono alla rampa vera e propria, dal punto di attacco o stacco, senza considerare le corsie specializzate):

<b>Rampa</b>	<b>Progressiva iniziale (m)</b>	<b>Progressiva finale (m)</b>	<b>Sviluppo (m)</b>
N	72,94	767,40	694,46
P	10,06	631,84	621,78
S	62,71	515,06	452,35
W	0,00	427,39	427,39
J	0,00	241,19	241,19
O	0,00	130,08	130,08
V	6,14	95,24	89,10
X	0,00	378,07	378,07
Z	0,00	462,99	462,99

Dalla verifica degli elementi geometrici che costituiscono le varie rampe, emerge quanto segue.

Per quel che concerne i raggi delle curve circolari, sono stati utilizzati dei valori che verificano le norme vigenti, ad eccezione di sette curve (tra tutte quelle che sono contenute all'interno del tracciamento delle rampe), che comunque verificano il valore limite di 35m fornito dalle norme CNR 78-1980. Nel caso dello svincolo di Melara, si è cercato di mantenere i raggi planimetrici al di sopra dei 70m, visto che lo stesso svincolo è di collegamento con il raccordo autostradale.

Per quanto riguarda le clotoidi, in conformità con le norme vigenti, non sempre è stato possibile rispettare la limitazione del contraccollo, a causa della conformazione estremamente articolata e variabile del territorio, connotato da forti vincoli ambientali. D'altra parte, si è comunque sempre garantito il rispetto degli altri due criteri, per quanto riguarda la sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata (criterio costruttivo) e la percezione ottica del raccordo (criterio ottico). Non va dimenticato che le Norme adottate in sede di Progetto Definitivo sono le CNR 78-1980 e che si deve tener conto di una sorta di "sovrapposizione" tra le diverse normative.

Nell'Allegato 2 della presente relazione sono riportati, per ogni rampa, i tabulati relativi ai dati di tracciamento piano-altimetrico.

### ***Andamento altimetrico***

Per quel che riguarda le pendenze longitudinali utilizzate per le livellette stradali delle rampe degli svincoli, in conformità a quanto previsto dalle norme vigenti, si sono sempre previsti valori inferiori al 7% in salita e al 8% in discesa, ad eccezione di tre casi (una livelletta della rampa A, una della rampa C, tre della rampa M). Nonostante gli stringenti vincoli morfologici, occorre precisare come tali livellette superino di pochi punti percentuali le pendenze del 7% e che comunque il loro sviluppo è molto breve, in modo tale da avere una pendenza media a norma, nell'intorno del valore precedentemente indicato.

Per quel che riguarda i raggi verticali, la quasi totalità dei raccordi verticali verificano le norme vigenti. Nei casi in cui ciò non avviene, essi rientrano comunque nei limiti di 800m per quelli convessi e 400m per quelli concavi, in conformità alle norme CNR 78-1980. Nel caso dello svincolo di Melara, si è cercato di utilizzare raccordi verticali di raggio più ampio, visto che lo stesso svincolo è di collegamento con il raccordo autostradale.

Nell'Allegato 3, sono riportate le tabelle relative rispettivamente alle livellette e ai raccordi verticali di ogni rampa di progetto.

## 9. Corsie specializzate

Le corsie specializzate, destinate ai veicoli che si accingono ad effettuare le manovre di svolta a destra ed a sinistra, e che consentono di non arrecare eccessivo disturbo alla corrente di traffico principale, possono essere di entrata (o di immissione), di uscita (o di diversione) e di accumulo per la svolta a sinistra.

Le corsie specializzate si sviluppano, generalmente, in affiancamento alla strada cui afferiscono. In particolare, le corsie di entrata e di accumulo assumono una configurazione parallela all'asse principale della strada; quelle in uscita possono essere realizzate con tipologia in parallelo vero mediante l'adozione della soluzione "ad ago".

In conformità a quanto riportato nella normativa vigente ["Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" D.M. 19-04-2006], per la tipologia di nodi di intersezione oggetto della presente relazione, è prevista una soluzione in cui l'incrocio tra le correnti principali va risolto sfalsando i livelli, mentre possono ammesse manovre a raso. Nello specifico, per quanto riguarda le corsie specializzate, nel caso in cui la strada principale è di tipo C, sono ammesse solo le corsie di uscita e non le corsie di entrata.

D'altra parte, l'adozione in sede di progetto definitivo di soluzioni che non prevedessero corsie di entrata (e quindi di accelerazione), avrebbero abbassato certamente il livello di sicurezza della strada.

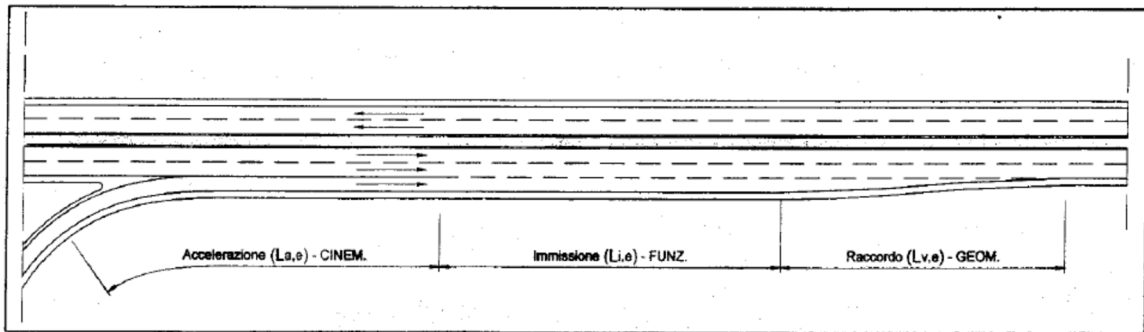
Si è stabilito, quindi, di progettare sia le corsie di uscita (corsie di decelerazione) sia le corsie di immissione (corsie di accelerazione), in corrispondenza ad ognuno degli svincoli previsti lungo il tracciato, facendo riferimento alle indicazioni delle norme C.N.R. contenute nel B.U. n° 90 del 15/04/1983.

Questo ha comportato che la definizione geometrica degli elementi costitutivi le corsie specializzate sia avvenuto prendendo a riferimento le Norme CNR 78-1980.

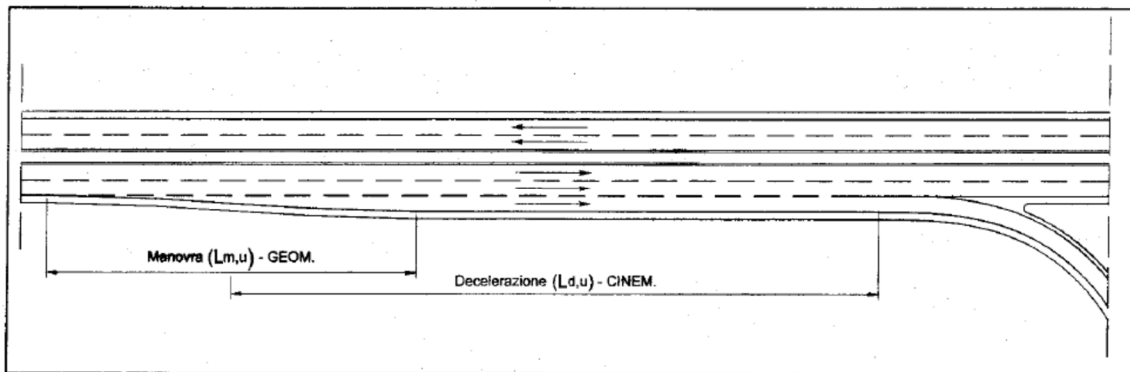
In particolare, per quanto riguarda la sezione trasversale, le corsie specializzate hanno una larghezza della corsia pari a 3.50mt ed una larghezza della banchina pari a 0.50mt (ad eccezione della rampa D che nel tratto finale, di immissione nella rampa B, ha una larghezza corsia pari a 3,75m più una banchina da 0,50m), in conformità a quanto previsto dalle Norme CNR 78-1980.

Invece, per quanto riguarda le lunghezze dei vari tronchi che costituiscono le corsie specializzate, calcolate tramite criteri cinematici, si è tenuto conto anche delle indicazioni progettuali contenute nelle Norme vigenti ("Norme Funzionali e Geometriche per la

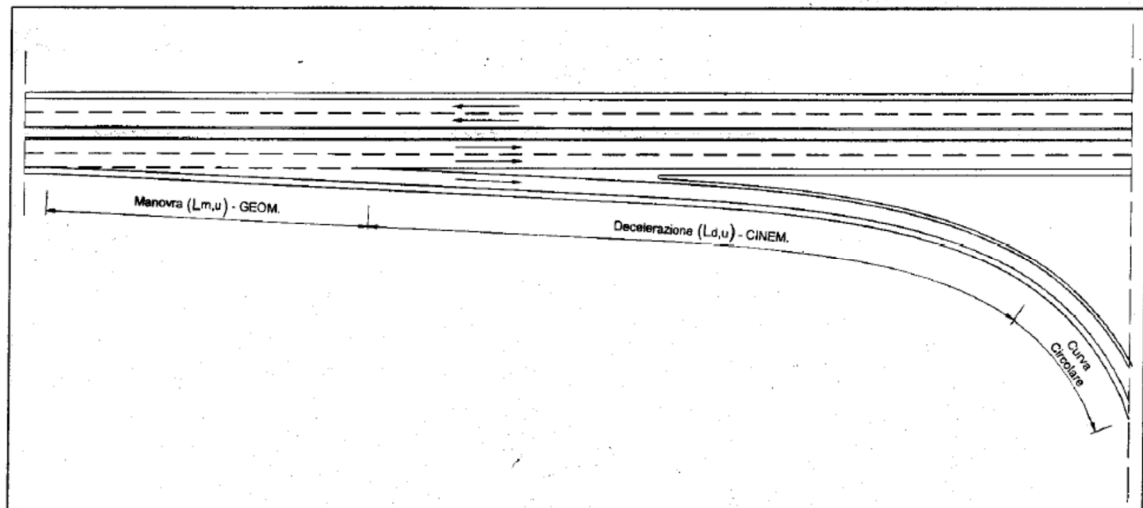
costruzione delle intersezioni stradali” D.M. 19-04-2006).



Corsia di immissione

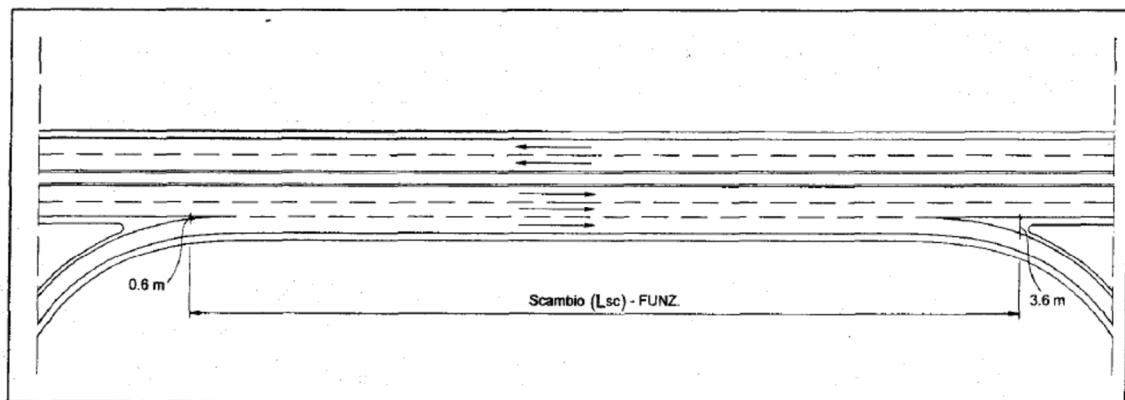


Corsia di uscita, nella tipologia parallela



Corsia di uscita, nella tipologia "ad ago"





Corsia di scambio

L'esito di queste considerazioni è illustrato di seguito.

***Corsie di uscita (o di decelerazione)***

La normativa suddivide l'intero tratto di manovra in :

- *tronco di manovra di lunghezza  $\geq 30$  m;*
- *tronco di decelerazione il quale a sua volta è suddiviso in due tratti:*
- *tratto parallelo all'asse del ramo dell'intersezione*
- *tratto a curvatura variabile di allontanamento e di raccordo all'elemento successivo a curvatura costante.*

Per determinare la lunghezza del tratto di variazione cinematica, si adotta la seguente espressione:

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

dove:

L (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

v1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di decelerazione;

v2 (m/s) è la velocità di uscita dal tratto di decelerazione;

d (m/s<sup>2</sup>) è la decelerazione assunta per la manovra, pari a 2,0m/s<sup>2</sup>.

Di seguito sono riportati i valori delle lunghezze delle corsie di decelerazione per le rampe degli svincoli, confrontati con i valori minimi desunti dalla Normativa:

CORSIE DI USCITA									
	V1 [km/h]	V2 [km/h]	D [m/s <sup>2</sup> ]	PROGETTO			VERIFICA		
				Lmanovra [m]	Ldec [m]	Ltot [m]	Lmanovra [m]	Ldec [m]	Ltot min [m]
RAMPA P	80	50	2	30	157	187	30	75	90
RAMPA S	80	50	2	30	203	233	30	75	90

Dal confronto emerge come tutte le corsie di progetto siano verificate.

### *Corsie di immissione (o di accelerazione)*

Nel caso delle corsie di accelerazione si considera che essa è composta da:

- *tronco di accelerazione* il quale a sua volta è suddiviso in due tratti:
  - tratto a curvatura variabile di raccordo tra l'elemento a curvatura costante della rampa da cui si esce e l'asse della strada
  - tratto parallelo all'asse del ramo dell'intersezione
- *tronco di immissione e manovra*, che si compone di un tratto rettilineo in prosecuzione del tronco di accelerazione parallelo alla carreggiata stradale di lunghezza non inferiore a 20 m e di un raccordo che si sviluppa su una lunghezza non inferiore a 30 m

Per determinare la lunghezza del tratto di variazione cinematica, si adotta la seguente espressione:

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

dove:

L (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

v1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di accelerazione;

v2 (m/s) è la velocità di uscita dal tratto di accelerazione, calcolata come l'80% della velocità di progetto dell'asse principale (secondo il DM 2006);

a (m/s<sup>2</sup>) è la accelerazione assunta per la manovra, pari a 1,0m/s<sup>2</sup> (secondo il DM 2006).

Per determinare la lunghezza del tratto di manovra, si è fatto riferimento alla Normativa vigente, secondo cui Lmanovra=50m per velocità inferiori o uguali a 80km/h.

Di seguito sono riportati i valori delle lunghezze delle corsie di accelerazione per le rampe degli svincoli, confrontati con i valori minimi desunti dalla Normativa:

CORSIE DI IMMISSIONE							
Rampa	V1 [km/h]	V2 [km/h]	a [m/s <sup>2</sup> ]	PROGETTO	VERIFICA		
				Ltot [m]	Lacc [m]	Lmanovra [m]	Ltot min [m]
rampa N	64	40	1	278	96	50	146
rampa W	64	50	1	151	62	50	112

Dal confronto emerge come tutte le corsie di progetto siano verificate, a meno delle rampe A, C, H.

D'altra parte, è necessario effettuare alcune considerazioni:

- nei casi in cui la strada principale è di tipo C, come per il progetto oggetto della presente relazione, la Normativa vigente non prevede l'utilizzo delle corsie di immissione;
- i tronchi di manovra risultano essere, in alcuni casi, più corti di quanto previsto dalla Normativa vigente, ma coerenti con quanto previsto dalle CNR 80;
- i tronchi di accelerazione sono stati valutati rispetto alla normativa vigente, cioè applicando un valore di accelerazione pari a  $1,2\text{m/s}^2$ , che è maggiore del valore previsto dal DM 2006;
- esistono molteplici vincoli morfologici ed ambientali, che non hanno consentito di adottare soluzioni differenti.

Tutte queste considerazioni permettono di affermare che le lunghezze di progetto delle corsie di immissioni siano sufficienti a garantire elevati standard di sicurezza.

## 9.1 Ottimizzazioni plano-altimetriche

Lo sviluppo della progettazione esecutiva ha comportato l'introduzione di alcune ottimizzazioni planimetriche, con conseguenti adeguamenti altimetrici, descritte di seguito:

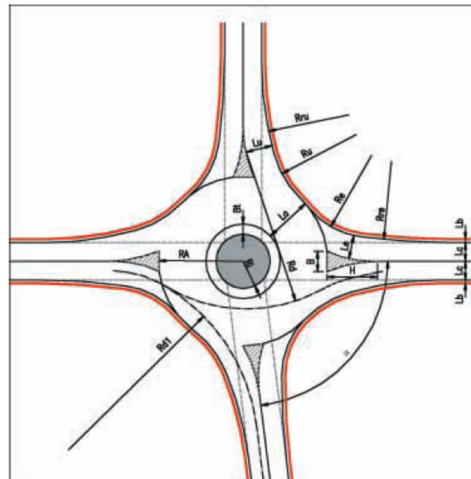
### Svincolo Melara

E' stato effettuato il ritracciamento plano-altimetrico delle quattro rampe dello svincolo (N, P, S e W), a seguito della richiesta ANAS di rastremare i nuovi viadotti in affiancamento al viadotto esistente SALT rispetto al progetto definitivo, con conseguente modifica dei tratti in accostamento al viadotto stesso. In questo contesto è stato inoltre accorciato di una campata il viadotto della rampa W, in quanto è stata constatata l'estrema difficoltà realizzativa della spalla in uscita dalla galleria naturale, così come previsto del progetto definitivo. La campata è stata quindi sostituita da un corrispondente tratto di corpo stradale, compreso tra un muro di sostegno in sx ed una paratia tirantata in dx, quest'ultima in prosecuzione di quella d'imbocco.

Nell'ambito dello stesso svincolo, inoltre, è stata prevista una variante in corrispondenza dello stabilimento Oto Melara, richiesta da ANAS su sollecitazione della Oto Melara S.p.A. al fine di ottimizzare la viabilità locale in corrispondenza dello stabilimento, garantirne completamente sia gli accessi allo stabilimento, che la fruibilità degli spazi liberi antistanti, oltre ad un sufficiente franco libero davanti agli edifici adiacenti: davanti l'edificio "Spedia", ed in prossimità dello spigolo dell'edificio "Cayman". In particolare, rispetto al progetto definitivo approvato, è stata invertita la posizione planimetrica della Rampa N con la Rampa J (strada privata Oto), con quest'ultima ora interamente prevista a quota terreno, divenendo in questo modo superflua la realizzazione della prevista galleria artificiale. Tutto ciò allo scopo di allontanare dagli edifici esistenti il muro di sostegno alla Rampa N ed offrire un maggiore franco libero a raso. Anche la Rampa P, adiacente alle rampe N e J, è stata leggermente rimodellata.

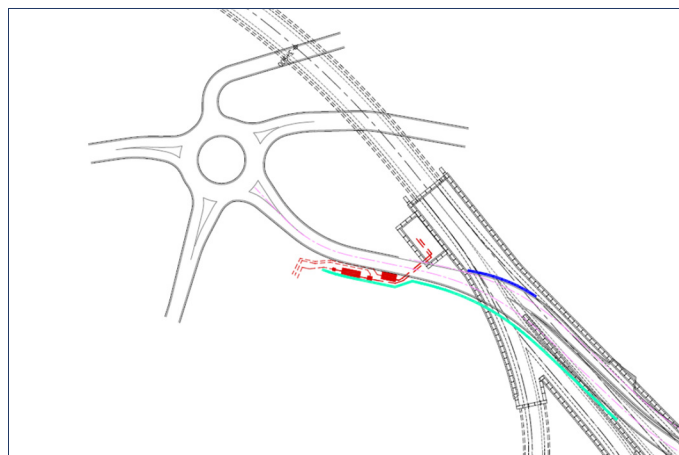
## 9.2 Rotatorie

La rotatoria è una particolare intersezione a raso, caratterizzata dalla presenza di un'area centrale circolare e inaccessibile, circondata da un anello, percorribile in una sola direzione ed in senso antiorario dal traffico proveniente da più entrate. Nella seguente figura sono indicati i principali parametri geometrici che caratterizzano una rotatoria.



## 10. Rotatoria Svincolo Melara

Nell'ambito della viabilità locale esistente dello svincolo Melara, è stata prevista la realizzazione di una rotatoria a cinque bracci all'intersezione tra via Sarzana e via del Camposanto, sulla quale si attesta anche via Melara Nuova. All'uopo è stato eseguito il disassamento ed il ridimensionamento dell'isola centrale, per aumentare la deflessione delle traiettorie, nonché l'eliminazione di due "by-pass", che hanno consentito la realizzazione di una rotatoria più funzionale, compatta ed in linea con la normativa vigente.



La rotonda oggetto di progettazione appartiene alla tipologia delle rotonde compatte, con un anello di diametro esterno pari a 35m.

Per quanto riguarda le dimensioni degli elementi modulari che la costituiscono, essi sono tutti conformi alla normativa vigente [“Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” D.M. 19-04-2006] e sono di seguito elencati:

- Parametri dell’anello circolare:
  - Raggio isola centrale = 9,5m
  - Raggio interno = 10m
  - Larghezza banchina interna = 0,5m
  - Larghezza carreggiata = 7m
  - Raggio esterno = 17m
  - Larghezza banchina esterna = 0,5m
  
- Parametri dei raccordi:
  - Larghezza di entrata = 3,5m
  - Raggi di entrata:  $R_{e,1}=50m$ ,  $R_{e,2}=10m = 7m$
  - Larghezza di uscita = 4,0m
  - Raggi di uscita:  $R_{a,1}=48m$ ,  $R_{a,2}=12m$

La deflessione delle traiettorie di ciascun ingresso risulta essere inferiore a 100m.

### 10.1 Distanze di visibilità lungo le rampe degli svincoli

Le verifiche di visibilità sono state eseguite anche in corrispondenza delle rampe degli svincoli. Gli esiti del confronto tra le distanze di visuale libera e distanze di arresto sono positivi nella maggioranza dei casi, a meno di alcune rampe che presentano raggi di curvatura inferiori ai 45 m e che, quindi, devono essere percorse alla velocità di 30 Km/h. In particolare, le rampe che necessitano di limitazioni di velocità sono le rampe A, B, C, G, I, N. Pertanto nello Stralcio C solamente la Rampa N.

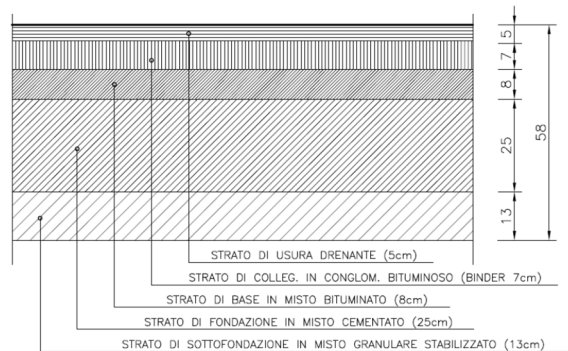
## 11. Sovrastruttura stradale

Con la dicitura pavimentazione stradale si indica sinteticamente quella struttura idonea a garantire la transitabilità del traffico veicolare secondo quanto previsto dalle indagini in fase di pianificazione.

### 11.1 Pavimentazioni stradali di progetto

Per l'asse principale è stato adottato un pacchetto sovrastrutturale dallo spessore complessivo di 58 cm così composto:

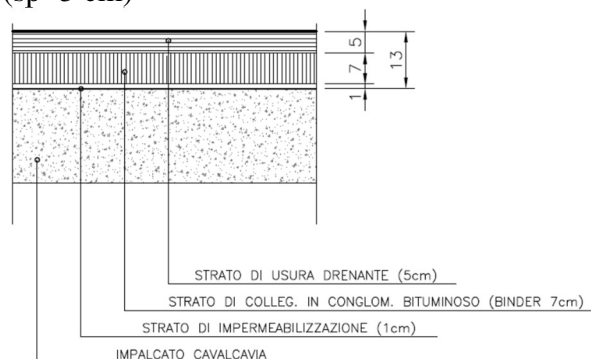
- sottofondazione in misto granulare stabilizzato (sp=13 cm)
- fondazione in misto cementato (sp=25 cm)
- base in misto bitumato (sp=8 cm)
- binder (sp=7 cm)
- usura drenante (sp=5 cm)
- 



**Figura 10 – Pacchetto di pavimentazione – Tratti all'aperto**

In corrispondenza ai tratti in viadotto, il pacchetto di pavimentazione è composto da:

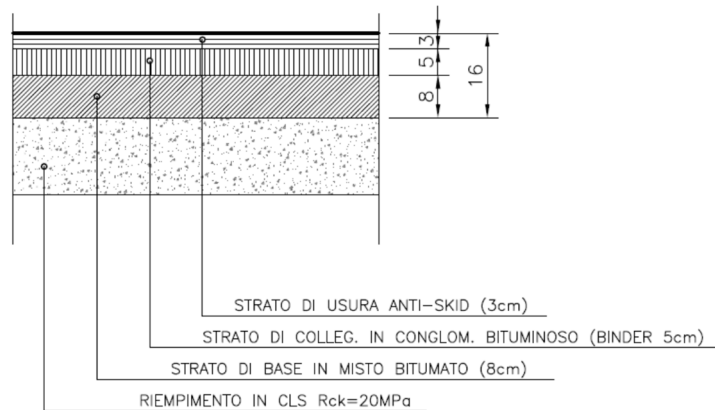
- impermeabilizzazione (sp=1 cm)
- binder (sp=7 cm)
- usura drenante (sp=5 cm)



**Figura 11 – Pacchetto di pavimentazione – Tratti in viadotto**

Lungo i tratti in galleria, il pacchetto risulta formato da:

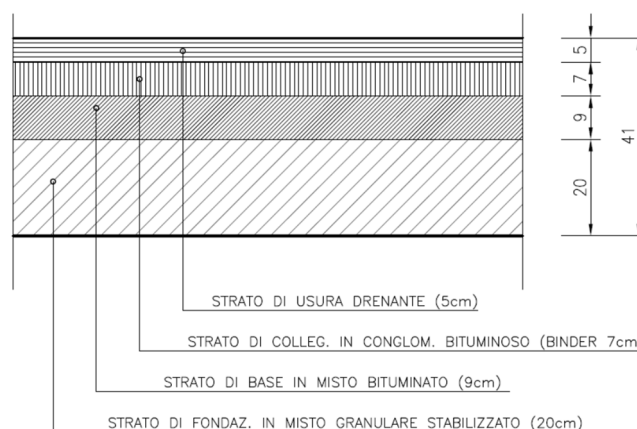
- base in misto bitumato (sp=8 cm)
- binder (sp=5 cm)
- usura anti-skid (sp=3 cm)



**Figura 12 – Pacchetto di pavimentazione – Tratti in galleria**

Per le rampe di svincolo, stante i volumi più contenuti rispetto a quelli che caratterizzano l'asse viario principale, è stato possibile adottare un pacchetto di pavimentazione con spessore minore pari a 41 cm e così composto:

- fondazione in misto granulare stabilizzato (sp=20 cm)
- base in misto bitumato (sp=9 cm)
- binder (sp=7 cm)
- usura drenante (sp=5 cm)



**Figura 13 – Pacchetto di pavimentazione – Rampe**

E' bene precisare che, come prescritto dalle norme CNR, l'utilizzo di materiale drenante per la realizzazione dello strato di usura (nei tratti all'aperto), ha implicato un incremento di 2 cm dello spessore dello strato di binder (che da 5 cm diventa 7 cm).



Nei tratti in galleria, si è invece adottato uno strato di usura con conglomerato bituminoso di tipo anti-skid, che garantisce prestazioni e durabilità maggiori, con la conseguente riduzione degli oneri di manutenzione e l'incremento delle caratteristiche di aderenza.

## 11.2 Dimensionamento sovrastruttura stradale

I calcoli di progetto/verifica sono stati eseguiti utilizzando il metodo semi-empirico di dimensionamento "AASHTO Guide Design of Pavement Structures", il quale si fonda sul contributo di quattro fattori:

1. il traffico di progetto, rappresentato dal numero cumulato ( $W_{18}$ ) di assi standard (ESAL) da 8,16 t (18 kip) nel corso della vita utile della pavimentazione.
2. il grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento, espresso come probabilità che la sezione dimensionata possa mantenersi in condizioni accettabili durante tutta la vita utile;
3. il decadimento limite ammissibile della sovrastruttura, espresso per mezzo del PSI (Present Serviceability Index);
4. le caratteristiche degli strati, espresse dal "Numero di Struttura" SN, che tiene conto del contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione attraverso i coefficienti di spessore ai (tabellati), nonché delle caratteristiche di portanza del sottofondo, per mezzo del parametro SNSG, funzione del CBR.

## 12. Traffico di progetto

I dati di traffico dello scenario di progetto sono stati desunti dalle valutazioni trasportistiche effettuate nell'ambito dello "Studio di Impatto Ambientale" del Progetto Definitivo.

Nella seguente tabella, si riportano i parametri utilizzati per il calcolo del numero totale di assi equivalenti passanti previsti. In particolare, si è assunta una percentuale di veicoli commerciali pari al 29% (valore desunto dal progetto di dimensionamento degli impianti di ventilazione) ed un tasso di crescita di traffico durante la vita utile di 20 anni pari al 2%.

TGM [veic/g]		<b>25.000</b>
Numero giorni commerciali per settimana		<b>7</b>
Numero settimane commerciali per anno		<b>52</b>
Aliquota di traffico per direzione più carica	$p_d$	<b>0,6</b>
Percentuale veicoli commerciali	$p$	<b>0,29</b>
Aliquota veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale	$p_i$	<b>0,95</b>
Coefficiente di dispersione delle traiettorie	$d$	<b>0,8</b>
Numero medio di assi per veicolo commerciale		<b>2</b>
Tasso di crescita traffico durante la vita utile	$r$	<b>0,02</b>
Vita utile	$n$	<b>20</b>

Lo spettro di traffico, secondo quanto previsto nel Catalogo dalle pavimentazioni del CNR

per una strada di tipo C, è indicato nella seguente tabella:

Tipo veicolo commerciale	Percentuale	Peso assi (tonn)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	1	1											
2	13,10%		1	1										
3	39,50%				1				1					
4	10,50%					1						1		
5	7,90%				1				2					
6	2,60%						1				2			
7	2,60%				1				2	1				
8	2,50%						1				3			
9	2,60%				1				4					
10	2,50%						1			2	2			
11	2,60%				1				3		1			
12	2,60%						1			3		1		
13	0,50%					1							1	3
14	0,00%				1				1					
15	0,00%						1				1			
16	10,50%					1			1					

Tipo veicolo commerciale	Percentuale	Frequenze parziali degli assi												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%													
2	13,10%		13,1%	13,1%										
3	39,50%				39,5%				39,5%					
4	10,50%					10,5%						10,5%		
5	7,90%				7,9%				15,8%					
6	2,60%						2,6%				5,2%			
7	2,60%				2,6%				5,2%	2,6%				
8	2,50%						2,5%				7,5%			
9	2,60%				2,6%				10,4%					
10	2,50%						2,5%			5,0%	5,0%			
11	2,60%				2,6%				7,8%		2,6%			
12	2,60%						2,6%			7,8%		2,6%		
13	0,50%					0,5%							0,5%	1,5%
14	0,00%													
15	0,00%													
16	10,50%					10,5%			10,5%					
		0,0%	13,1%	13,1%	55,2%	21,5%	10,2%	0,0%	89,2%	15,4%	20,3%	13,1%	0,5%	1,5%

L'equivalenza tra assi generici e assi standard da 80 KN è data dalla relazione:

$$C_{eq} = (x/y)^4$$

in cui  $y=80$  KN ed  $x$  è il peso dell'asse generico. Per mezzo di essa si passa, quindi, dalle frequenze dei singoli assi a quelle equivalenti dell'asse standard, secondo la tabella seguente:

Peso asse	Frequenza asse	Coeff. Equivalenza	Frequenze assi da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	13,1%	0,00391	0,05%
3	13,1%	0,01978	0,26%
4	55,2%	0,06250	3,45%
5	21,5%	0,15259	3,28%
6	10,2%	0,31641	3,23%
7	0,0%	0,58618	0,00%
8	89,2%	1,00000	89,20%
9	15,4%	1,60181	24,67%
10	20,3%	2,44141	49,56%
11	13,1%	3,57446	46,83%
12	0,5%	5,06250	2,53%
13	1,5%	6,97290	10,46%
Totale	<b>253,1%</b>	Totale	<b>233,51%</b>

Essa mostra che, per la mix di traffico di cui al “Catalogo delle pavimentazioni” del CNR per una strada di tipo C, il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono a **233,51 passaggi di assi da 80 KN**, quindi con un  **$C_{eq}$  ponderale pari a 2,33**.

Da quanto sopra riportato, si evince quindi che, al termine della vita utile, il traffico di progetto, espresso in numero di assi da 80 KN, è pari a:

$$W_{18} = 365 \cdot TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \frac{(1+r)^n - 1}{r} \cong 68.276.917$$

### 13. Metodo di verifica Aashto interim guide

Il dimensionamento del pacchetto di pavimentazione dei tratti all'aperto viene eseguito facendo riferimento ai seguenti parametri:

- Traffico previsto ( numero complessivo di passaggi di veicoli commerciali previsto sulla corsia più caricata)
- Portanza del sottofondo (espressa tramite il Modulo resiliente di progetto o l'equivalente C.B.R.)

- Tipo di pavimentazione e caratteristiche dei materiali utilizzati (pavimentazione Flessibile, Semirigida, Rigida non armata, rigida ad armatura continua).

Il metodo fornisce la seguente relazione:

$$\text{Log}W_{18}^{(R)} = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \text{Log}(S_N + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{PSI_i - Pf}{(4,2 - 1,5)}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(S_N + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log(M_R) - 8,7$$

Il calcolo del numero massimo di assi  $W_{18}^R$  transitabili sulla pavimentazione in esame è stato eseguito utilizzando i seguenti parametri:

- CBR: Dalla relazione geotecnica di riferimento, si sono desunti i valori di Modulo Elastico Dinamico, da cui si è ricavato un valore di CBR pari al 14%. Dato che tale valore ricade all'interno del range 9%-15% e che tali valori rappresentano i valori minimi per cui le norme CNR differenziano i terreni di media portanza da quelli di buona portanza, a titolo prudenziale si è stabilito di utilizzare un CBR pari al 9%;
- i coefficienti di spessore  $a_i$ : anch'essi scelti in modo prudenziale, sono definiti nella seguente tabella:

Strato	Coeff. di spessore $a_i$
Sottofondazione in misto granulare stabilizzato	0,09
Fondazione in misto cementato	0,14
Base in misto bitumato	0,20
Binder in conglomerato bituminoso semi-chiuso	0,40
Usura in conglomerato bituminoso chiuso	0,45

- grado di affidabilità  $\geq 90\%$  secondo quanto indicato dalla Tabella 9 del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali del CNR per la tipologia strada in progetto (cat. C);
- $PSI_{min} \geq 2,50$ .

I calcoli sono riportati nella seguente tabella:

Grado di affidabilità		Decadimento struttura	
Reliability	$Z_R \times S_0$	PSI <sub>iniz</sub>	PSI <sub>min</sub>
90%	-0,5769	4,5	2,5

Caratteristiche strutturali e del sottofondo					
Strati	a <sub>i</sub>	spessore	mm.	coeff. Drenaggio	a <sub>i</sub> xS <sub>xd</sub>
Usura	0,45	50		1,00	0,886
Binder	0,40	70		1,00	1,103
Collegamento	0,20	80		1,00	0,630
Base	0,14	250		1,00	1,378
Fondazione	0,09	130		1,00	0,461
Tot.		580,00		Tot. 4,458	
	CBR	M <sub>R</sub>		SNSG	SN
	%	psi			
	9	12612,11			

<b>W<sup>R</sup><sub>18</sub></b>	Traffico di progetto	Traffico massimo ammissibile	<b>VERIFICATO</b>
	68.276.917	114.037.106	

Si osserva come  $W_{18} \leq W_{18}^R$  da cui si deduce che la pavimentazione prevista dal progetto è idonea a sopportare con un adeguato margine di sicurezza il transito del traffico di progetto. Pertanto la verifica della pavimentazione presa in esame risulta soddisfatta.

La verifica AASHTO Interim Guide è stata effettuata anche per gli altri tipi di pavimentazione stradale utilizzati nel presente progetto, dando sempre esito positivo.

## 14. Segnaletica stradale

La sicurezza della circolazione stradale è strettamente connessa al rapporto che ha il guidatore con la strada e, di conseguenza, al livello d'informazione che esso riceve dall'ambiente circostante.

In tale contesto, i segnali stradali (orizzontali, verticali, complementari) sono stati progettati per consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità (giorno, notte, asciutto, bagnato, ...).

Il progetto della segnaletica è stato concepito conformemente alle prescrizioni contenute nel "Nuovo Codice della Strada" (D.L. 30/04/92 n°285) e nel "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" (D.P.R. 16/12/92 n° 495), sulla base dei seguenti parametri:

- tipo di strada e caratteristiche di velocità;
- spazio di avvistamento dei segnali stradali;
- esigenze comportamentali e prestazionali;

Sono stati redatti specifici elaborati con l'indicazione del posizionamento dei segnali, nonché il riferimento normativo di individuazione del segnale stesso. Secondo quanto prescritto dall'Art. 79 (regolamento di attuazione Art. 39 Cod. str. - Visibilità dei segnali), sono state rispettate le misure minime dello spazio di avvistamento dei segnali di pericolo e di prescrizione.

Particolare attenzione è stata posta con riferimento ai seguenti aspetti:

- a) Segnalazione delle curve o delle serie di curve in successione ritenute più pericolose lungo l'asse principale;
- b) Segnalazione del limite di velocità di 70 Km/h per tutto il tratto in progetto (corrispondente a  $V_p = 80$  km/h);
- c) Segnalazione di divieto di sorpasso lungo l'intero asse principale in progetto;
- d) Segnalazione del limite di velocità di 30 Km/h nelle corsie di decelerazione;
- e) Segnalazione delle curve o delle serie di curve in successione ritenute più pericolose in prossimità di alcune corsie di decelerazione in uscita dall'asse principale, utilizzando oltre alla consueta segnaletica anche bande ottiche ed acustiche (rumble strips);
- f) Segnalazione lungo le tratte in curva ritenute più pericolose con segnali complementari di delimitazione modulare;
- g) Segnalazione delle piazzole di sosta inserite nel progetto.

Inoltre, sono state redatte specifiche tavole integrative relative alla segnaletica di sicurezza in galleria, indicatori dei percorsi sicuri, indicatori delle vie di fuga all'aperto, indicatori luminosi S.O.S., ecc.

#### 14.1 Segnaletica orizzontale

La segnaletica orizzontale serve per suddividere le aree o le piattaforme stradali nei vari elementi ed in particolare:

- a delimitare la carreggiata stradale, le corsie di marcia specializzate, le corsie di manovra e gli spazi di sosta;
- ad individuare le soglie (linee di arresto) dei rami di accesso alle aree di intersezione;
- a delimitare le parti della superficie stradale vietata alla circolazione (zebrature);
- a delimitare gli stalli di parcheggio nelle aree di sosta.

In particolare, le strisce longitudinali si suddividono in:

- strisce di separazione dei sensi di marcia;
- strisce di corsia;
- strisce di margine della carreggiata;
- strisce di raccordo;
- strisce di guida sulle intersezioni.

Le strisce longitudinali possono essere continue o discontinue; le lunghezze dei tratti e degli intervalli delle strisce discontinue sono state desunte dal Codice della Strada.

#### 14.2 Segnaletica verticale

I segnali stradali verticali hanno il compito di segnalare agli utenti un pericolo, una prescrizione o una indicazione.

Essi si dividono nelle seguenti categorie:

- segnali di pericolo: preavvisano l'esistenza di pericoli, ne indicano la natura e impongono ai conducenti di tenere un comportamento prudente;
- segnali di prescrizione: rendono noti obblighi, divieti e limitazioni cui gli utenti della strada devono uniformarsi; si suddividono in:
  - segnali di precedenza
  - segnali di divieto
  - segnali di obbligo
- segnali di indicazione: hanno la funzione di fornire agli utenti della strada informazioni necessarie o utili per la guida e per l'individuazione di località, itinerari, servizi ed impianti; vengono classificati in:
  - segnali di preavviso;

- segnali di direzione;
- segnali di conferma;
- segnali di identificazione strade;
- segnali di itinerario;
- segnali di località e centro abitato;
- segnali di nome strada;
- segnali turistici e di territorio.

I segnali verticali sono installati sul lato destro della strada. A volte, sono ripetuti sul lato sinistro ovvero installati su isole spartitraffico o al di sopra della carreggiata, quando si è reso necessario per motivi di sicurezza ovvero previsto dalle norme specifiche relative alle singole categorie di segnali.

Per ciascun segnale è stato garantito uno spazio di avvistamento, tra il conducente ed il segnale stesso, libero da ostacoli per una corretta visibilità. Nel progetto oggetto della presente relazione, la misura minima adottata dello spazio di avvistamento dei segnali di pericolo e di prescrizione è rispettivamente di 100m e di 150m. Allo stesso modo, per i segnali di preavviso è stato garantito uno spazio minimo di avvistamento pari a 150m per l'asse principale e 100m per le rampe degli svincoli.



## 15. Barriere di sicurezza

### 15.1 Normativa di riferimento

Facendo riferimento al DM 21/06/2004, all'allegato "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale", alle norme UNI EN 1317, alla Nota del Ministero dei Trasporti indirizzata agli Enti proprietari e gestori di strade ed ai Progettisti, Produttori e Installatori di barriere di sicurezza stradale n.000104862/RU/U del 15-11-2007 e alla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 62032 del 21/07/2010 è stata garantita la protezione di:

- Bordi di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna;
- Spartitraffico ove presente;
- Bordo stradale nelle sezioni in rilevato: la protezione è necessaria per tutte le scarpate con pendenza pari o superiore a 3/2;
- Ostacoli fissi potenziali pericoli per gli utenti della strada in caso di urto come pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio, alberature, pali dell'illuminazione, supporti per la segnaletica non cedevoli, edifici pubblici e privati, etc.

Inoltre, con riferimento alla Nota del Ministero dei Trasporti indirizzata agli Enti proprietari e gestori di strade ed ai Progettisti, Produttori e Installatori di barriere di sicurezza stradale (Prot. n.000104862/RU/U del 15-11-2007):

*"le omologazioni dei dispositivi di sicurezza stradale, rilasciate ai sensi della normativa antecedente il D.M. 21.06.2004, hanno mantenuto la loro validità fino al 20.08.2007. Pertanto le circolari emanate ai sensi dell'art. 9 del D.M. n. 223 del 18.02.1992, che avevano reso pubblica l'avvenuta omologazione di almeno due barriere per ciascuna destinazione e classe, e conseguentemente resa obbligatoria, trascorsi sei mesi dalla pubblicazione, l'installazione di dispositivi omologati, hanno perso la loro efficacia operativa. Dalla data del 20.08.2007, sono applicabili le disposizioni di cui al comma 6 dell'art. 3 del D.M. 21.06.2004. Pertanto gli enti appaltanti, per le opere le cui procedure di affidamento (bando di gara) non hanno avuto inizio alla data del 20.08.2007, devono richiedere dispositivi rispondenti alle norme UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4, acquisendo ai fini della verifica di rispondenza alle suddette norme, rapporti di crash test rilasciati da campi prova dotati di certificazione secondo le norme ISO EN 17025"* tutte le barriere di sicurezza adottate sono provviste della marcatura CE e dei crash test.

## 15.2 Criteri di scelta delle barriere stradali

Nella realizzazione del progetto stradale particolare attenzione è stata rivolta alla scelta e posizionamento delle barriere di sicurezza. Tali dispositivi devono garantire adeguate condizioni di sicurezza per i fruitori dell'infrastruttura, limitando sia una eventuale fuoriuscita del veicolo dalla sede stradale sia la severità dell'impatto.

Nella fase di impatto del veicolo contro la barriera l'energia sprigionata viene dissipata dal dispositivo mediante una deformazione trasversale (larghezza di lavoro  $W$ ). Ovviamente maggiore è questa deformazione minori saranno i danni provocati agli utenti. Tuttavia la scelta di un opportuno  $W$  dev'essere compatibile con la geometria delle strutture e con la presenza di ostacoli fissi (barriere antirumore, pali, ecc.). Pertanto, con riferimento ad oggettive limitazioni spaziali, si è ritenuto, in alcuni casi, accettabile l'utilizzo di dispositivi con una maggiore classe di contenimento (tipicamente H4) per avere una larghezza di lavoro ( $W$ ) compatibile con gli spazi disponibili.

Per quanto concerne la scelta della tipologia del dispositivo di ritenuta in conseguenza al TGM e al tipo di strada, si fa riferimento a quanto indicato nei capitoli precedenti, assumendo un tipo di traffico III con strada tipo C.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte [1]
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 [2]	H2-H3 [2]	H3-H4 [2]
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F).	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Nel corso degli approfondimenti progettuali, sono state analizzate le diverse tematiche connesse alle possibili interferenze con gli ostacoli (rappresentati essenzialmente dalle barriere antirumore e dai pali dell'illuminazione). Ovunque possibile sono state confermate le tipologie di cui al PD, dettagliando ovviamente la larghezza di lavoro  $W$  ed adoperando barriere omologate e marchiate CE. In particolare, con il solo riferimento ai parametri precedenti, sono state adottate barriere H2 per i rilevati e H3 per i Viadotti, Ponti e opere d'arte.

Residue interferenze con gli ostacoli si sono altresì registrate per quei viadotti dove è prevista l'installazione di barriere antirumore. In questo caso la larghezza del marciapiede prevista nel PD (1,30 m.) non ha consentito l'utilizzo di una barriera di sicurezza H3 con idonea larghezza di lavoro, poiché non sono attualmente presenti sul mercato tipologie omologate e marchiate CE. In questo caso, scartata l'ipotesi dell'utilizzo generalizzato di

barriere integrate, si è optato per l’inserimento di barriere di sicurezza H4b W4, per le quali sono disponibili sul mercato modelli omologati e marchiati CE.

In alcuni tratti, ove si è riscontrata l’interferenza tra barriere di sicurezza ed illuminazione stradale in corrispondenza di opere d’arte (muri prefabbricati, muri in terra armata e terra rinforzata), si è resa necessaria l’installazione di barriere H4bW4, questo in mancanza di una idonea barriera H3 omologata e marchiata CE e per evitare di ricorrere a sbracci eccessivi per l’installazione dei pali al di fuori della larghezza di lavoro delle barriere di sicurezza stesse.

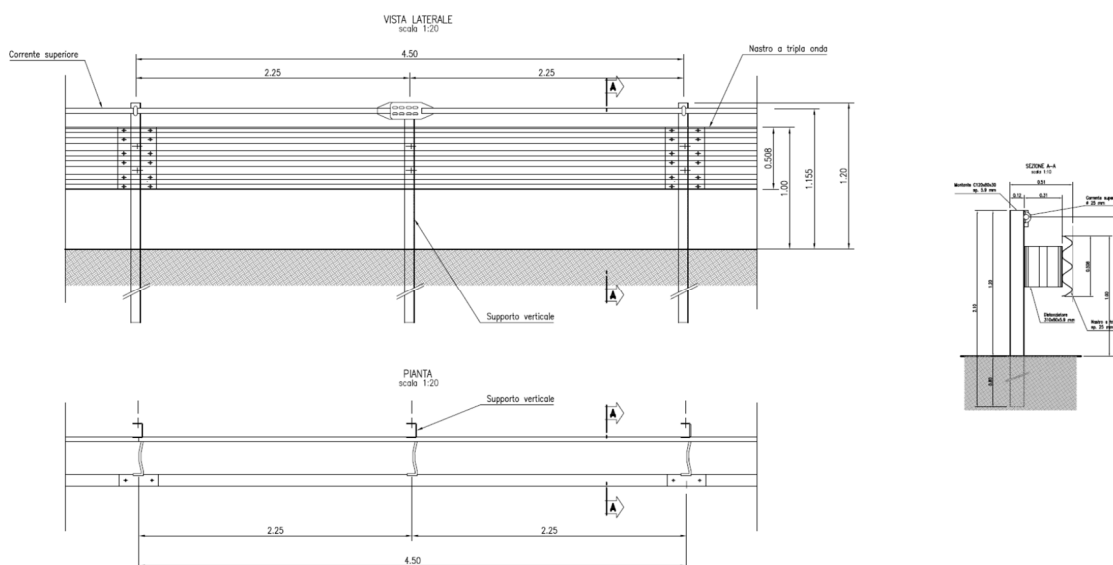
Ulteriori problemi si sono registrati per le barriere antirumore previste in testa ai muri di sostegno del corpo stradale, per le quali l’interferenza con le barriere di sicurezza è stata risolta adottando idonee barriere integrate H4a W6 (omologate e marchiate CE), aventi altezze corrispondenti a quanto indicato nel progetto di mitigazione acustica. Analoga tipologia di barriera è stata inoltre prevista per il Viadotto Rampa A in sinistra dello svincolo “Via del Forno”, in quanto il marciapiedi laterale non consentiva l’utilizzo contemporaneo delle due barriere (sicurezze e fonoassorbente).

Nell’ Allegato 5, sono riportate le tabelle relative ai tratti di utilizzo delle barriere stradali.

## 16. Barriera H2W4 bordo rilevato

La barriera di sicurezza tipo H2W4 bordo rilevato è testata secondo la norma EN 1317 con marchio CE, in acciaio qualità S235JR-S355JR, e costituita da:

- nastro a tripla onda sp. 2.5 mm L=4.5 m;
- pali di sostegno C 120x80x30x5.9 mm h=2.1 m;
- distanziatori 310x80x5.9 mm L=0.33 m;
- corrente superiore costituito da una barra  $\phi$  32.

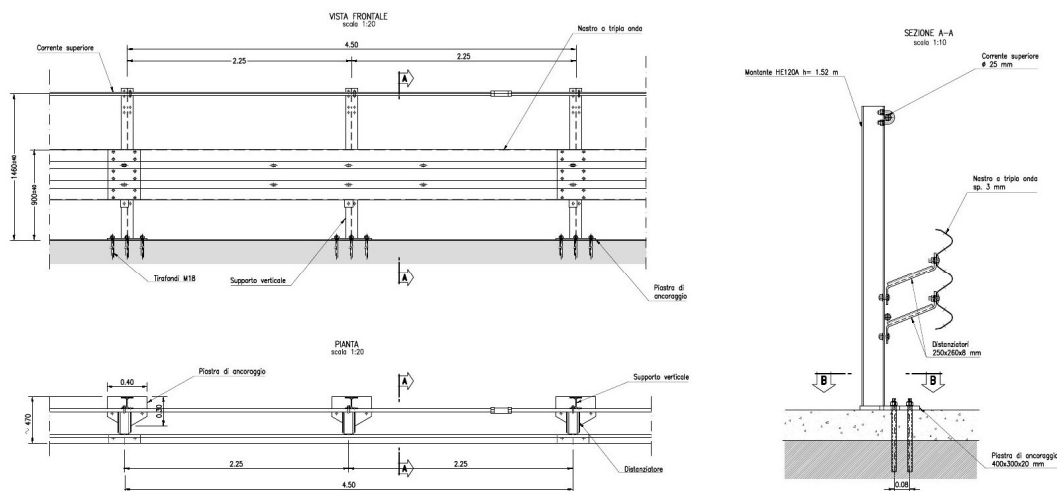


## Barriera tipo H2W4 bordo rilevato

### 17. Barriera H3W6 bordo ponte (per Viadotti, Ponti e Opere d'arte)

La barriera di sicurezza tipo H3W6 bordo ponte è testata secondo la norma EN 1317 parte 1 e 2 con certificato CE, in acciaio qualità S235JR-S355JR, e costituita da:

- nastro a tripla onda sp. 3.0 mm L=4.5 m;
- pali di sostegno HE120A h=1.52 m;
- distanziatori 250x260x8 mm L=80 mm;
- corrente superiore costituito da una barra  $\phi$  32;
- piastra di ancoraggio 400x300x20 mm.

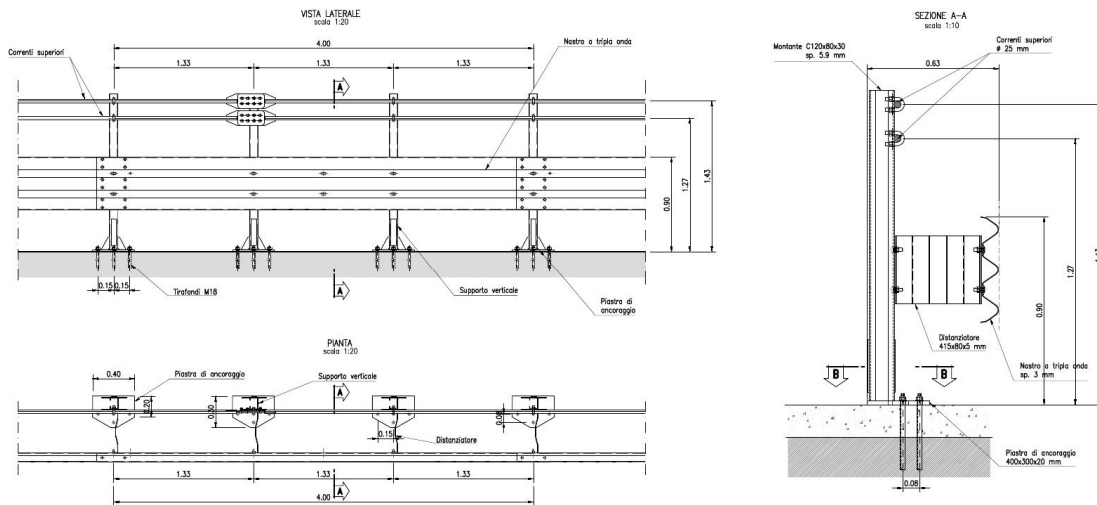


## Barriera tipo H3W6 bordo ponte

### 18. Barriera H4bW4 bordo ponte (per Viadotti, Ponti e Opere d'arte)

La barriera di sicurezza H4bW4 bordo ponte è testata secondo la norma EN 1317 parte 1 e 2 con certificato CE, realizzato in acciaio qualità S235JR-S275JR, e costituita da:

- nastro a tripla onda sp. 3.0 mm L=4.0 m;
- pali di sostegno a C 120x80x30 mm sp. 5.9 mm con piastra di ancoraggio;
- distanziatori 415x80x5 mm L=0.33 m;
- 2 correnti superiori  $\phi$ 32;
- piastra di ancoraggio 400x300x20 mm.

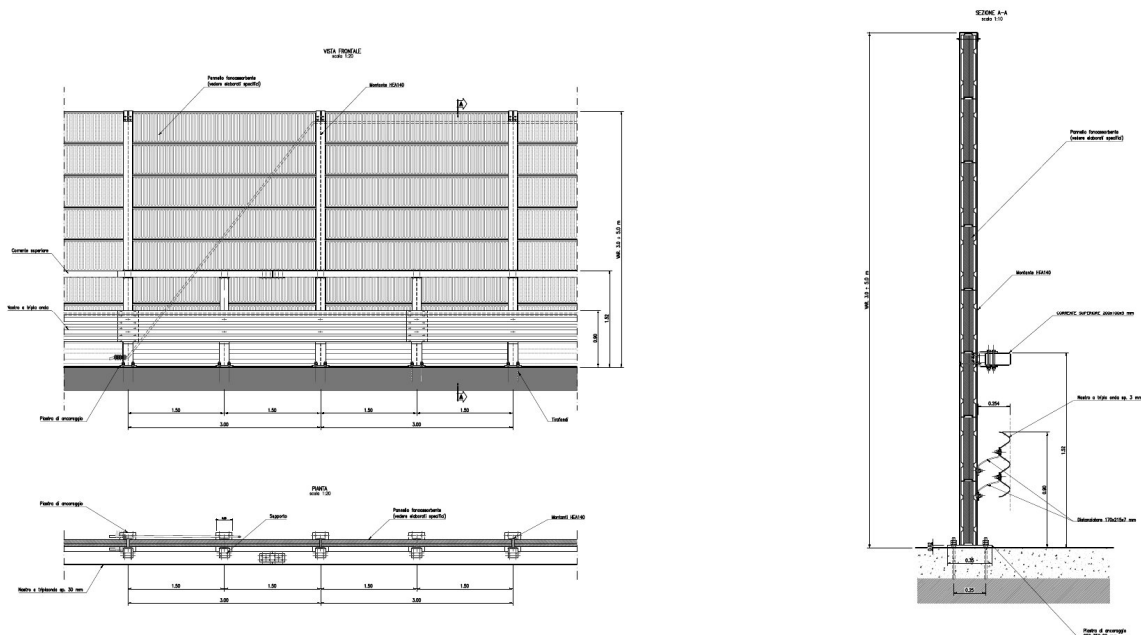


Barriera tipo H4bW4 bordo ponte

## 19. Barriera integrata H4aW6 bordo ponte

La barriera di sicurezza H4aW6 integrata bordo ponte è testata secondo la norma EN 1317 e marchiata CE, realizzata con pannelli fonoassorbenti e barriera stradale, e costituita da:

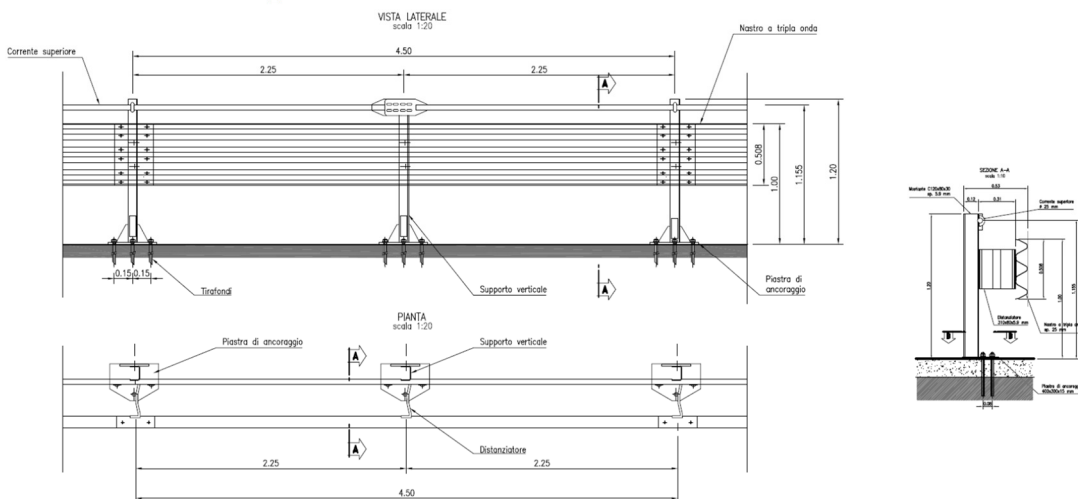
- montante HEA140 h=var. ogni 3.0 m;
- supporti intermedi HEA140 h=1.5 m a supporto della barriera stradale;
- nastro a tripla onda sp. 3.0 mm;
- piastra di ancoraggio 250x300x20 mm e tirafondi M24;
- distanziatori 170x215x7 mm;
- corrente superiore 200x100x5 mm.



## 20. Barriera integrata H2W4 bordo ponte (viabilità locale)

La barriera di sicurezza tipo H2W4 bordo ponte (da installarsi su opere in viabilità locale), è testata secondo la norma EN 1317, in acciaio qualità S235JR-S355JR, ed è costituita da:

- nastro a tripla onda sp. 2.5 mm;
- pali di sostegno C 120x80x30x5.9 mm, con piastra di ancoraggio e tirafondi M18;
- distanziatori 310x80x5.9 mm;
- corrente superiore costituito da una barra 32.



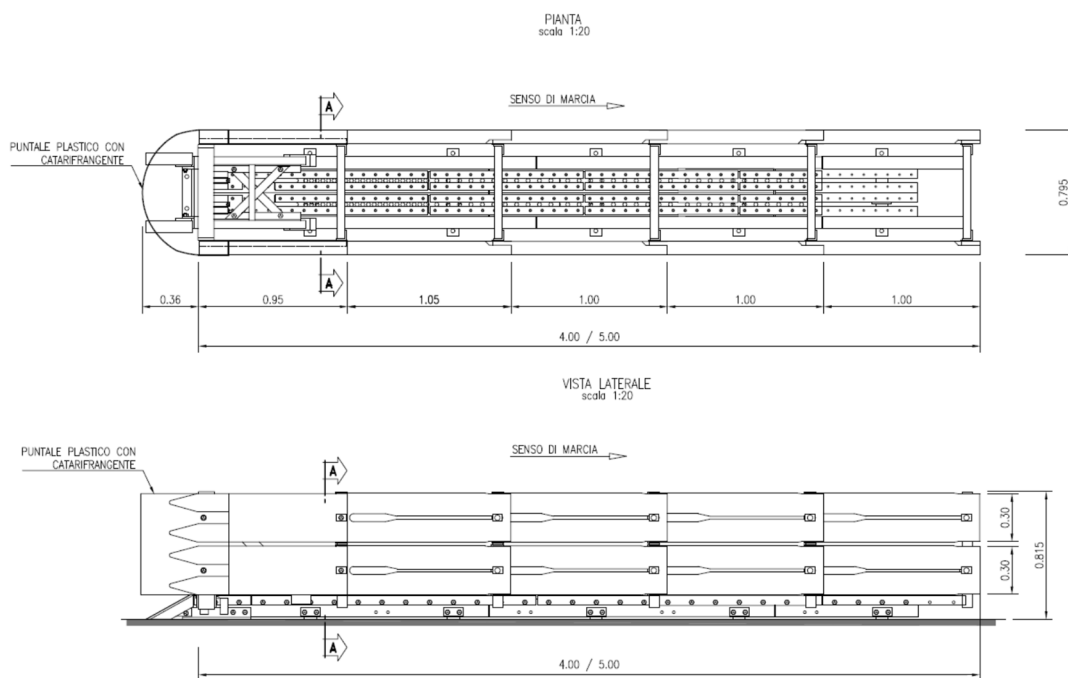
Barriera tipo H2W4 bordo ponte

## 20.1 Attenuatori d'urto

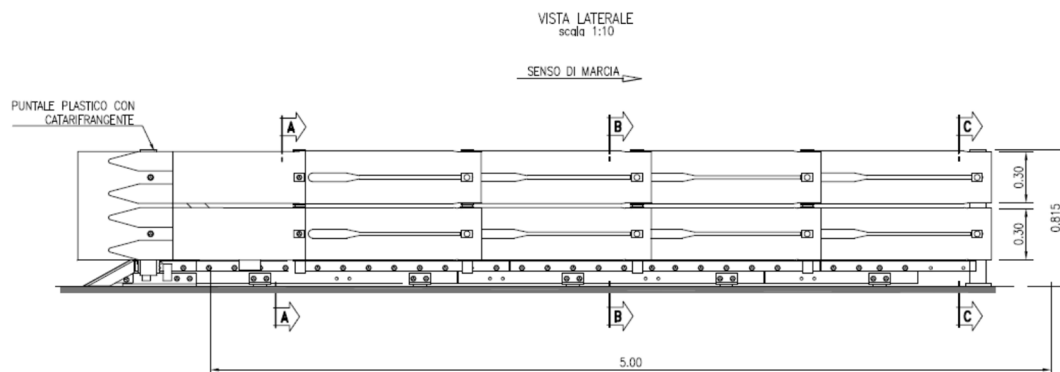
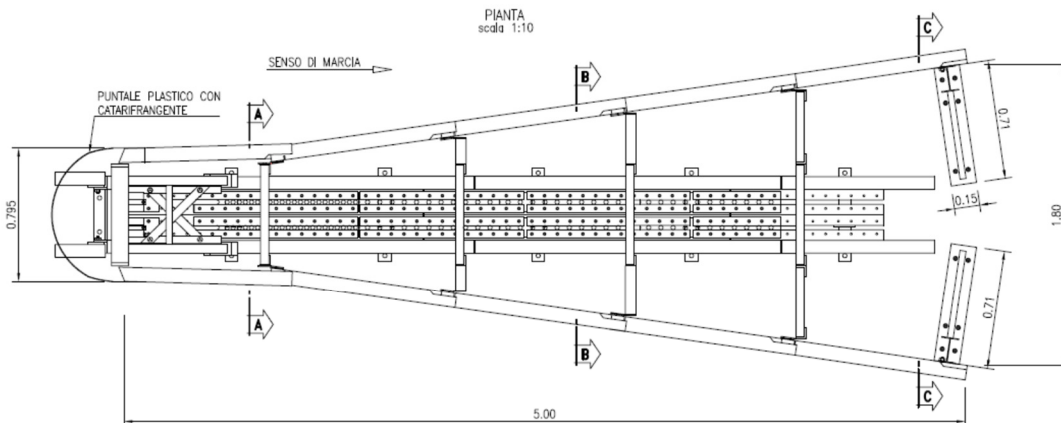
Per quanto riguarda gli attenuatori di urto, utilizzati in corrispondenza ai punti di confluenza e diversione di traffico, nell'Allegato 6 si riportano le relative tabelle.

Gli attenuatori d'urto tipo "1" e "2" Classe 80 sono del tipo redirettivo, bidirezionale (per velocità fino 130 km/h con ASI<1), certificati con marchio CE (0402-CPD-495801) conforme alla norma UNI EN 1317, composti da:

- base composta da due travi in acciaio zincato realizzate con due profili a C collegate da lamiere a rottura programmata, ancorate ad un basamento predisposto per lo scorrimento della slitta;
- slitta in acciaio zincato;
- lamiere dissipatori di energia a rottura programmata di spessore variabile lungo la base;
- telai in acciaio scorrevoli posti ad interasse di 1000 mm;
- protezioni laterali costituiti da nastri a doppia onda e lame in acciaio zincato ancorate su telai scorrevoli;
- protezione frontale realizzata in materiale plastico.



Attenuatori d'urto Tipo T1

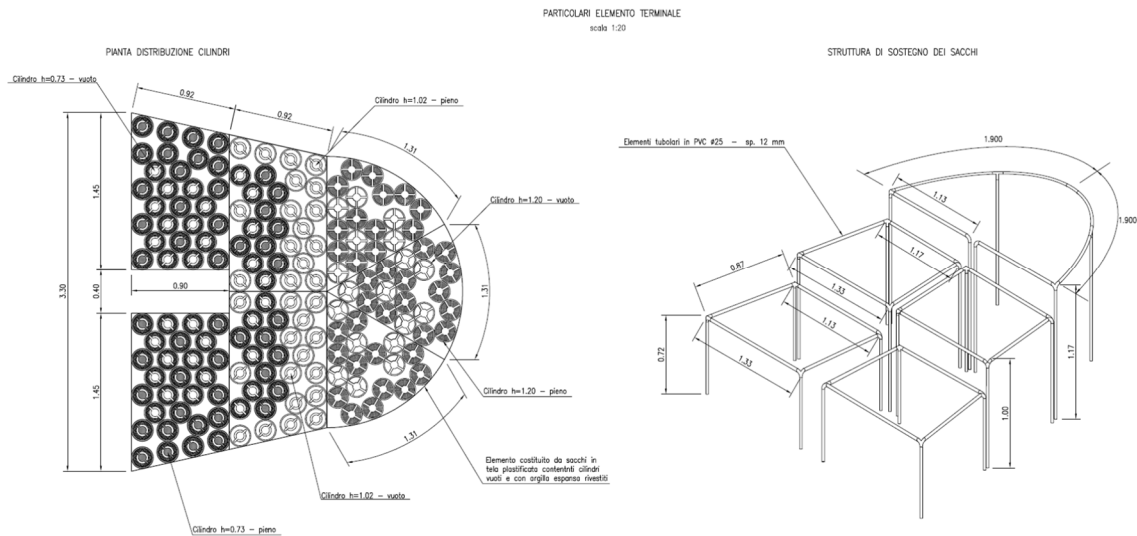


### Attenuatori d'urto Tipo T2

L'attenuatore d'urto tipo "3" a dissipazione dell'energia cinetica, (per velocità fino 130 km/h con ASI<1), testato in classe 80 conforme alla normativa EN 1317, è composto da:

- 1 struttura di sostegno costituita da un telaio in elementi tubolari in PVC 25 mm;
- 7 sacchi in tela plastificata contenenti dei cilindri, alcuni dei quali riempiti con inerte di argilla espansa;
- 1 cuspidè metallica 2N costituita da nastri a doppiaonda in acciaio zincato con paletti collassabili;
- 1 elemento di raccordo con la barriera stradale in acciaio zincato.





Attenuatori d'urto Tipo T3 (Particolari elemento terminale)

**ALLEGATI**

## ALLEGATO 1: Verifiche di tracciato Asse Principale SS1

Il seguente tabulato riporta, per ciascun elemento del tracciato (rettifilo, curva, clotoide), le verifiche di conformità ai criteri della normativa vigente (DM 2001) per strade di categoria C, quali:

- lunghezza rettifilo;
- raggio e sviluppo della curva;
- lunghezza e valore del parametro A della clotoide, calcolati rispettivamente con:
  - il criterio del contraccolpo
  - il criterio della sovrappendenza longitudinale
  - il criterio ottico

-----			
C.Lotti&Associati s.p.a.			
-----			
Dati generali sul tracciato SS1_Aurelia			
-----			
Progressiva Iniziale (m): 0.0000		Lunghezza (m) : 3980.3422	
Progressiva Finale (m): 3980.3422			
Velocità di progetto (Km/h): Vp = 80			
-----			
Clotoide in uscita ProgI 2758.2811 - ProgF 2921.9174			
-----			
Coordinate vertice X: 68661.4402		Coordinate I punto Tg X: 68660.4782	
		Coordinate I punto Tg Y: 86269.9109	
Coordinate vertice Y: 86215.2587		Coordinate II punto Tg X: 68647.1563	
		Coordinate II punto Tg Y: 86106.9792	
-----			
Raggio : 550.0001		Angolo : 9	
Parametro N : 1.0000		Tangente lunga : 109.2176	
Parametro A : 300.0000		Tangente corta : 54.6607	
Scostamento : 2.0269		Sviluppo : 163.6363	
Pti (%) : 4.2		Ptf (%) : -2.5	
-----			
Vp (Km/h) = 80.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 67.600 OK			
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 128.400 OK			
A >= R/3 = 183.300 OK			
A <= R = 550.000 OK			
-----			
Rettifilo 17 ProgI 2921.9174 - ProgF 3128.2310			
-----			
Coordinate P.to Iniziale X: 68647.1563		Coordinate P.to Finale X: 68620.1737	
Y: 86106.9792		Y: 85902.4377	
-----			
Lunghezza : 206.3136		Azimut : 262	
-----			
Vp (Km/h) = 80.0			
L >= Lmin = 90.0000 OK		Rprec = 550.0000 Rprec > Rmin = 206.3140 OK	
L <= Lmax = 1760.0000 OK		Rsucc = 350.0000 Rsucc > Rmin = 206.3140 OK	
-----			
Clotoide 18 ProgI 3128.2310 - ProgF 3306.8057			
-----			
Coordinate vertice X: 68604.5504		Coordinate I punto Tg X: 68620.1737	
		Coordinate I punto Tg Y: 85902.4377	
Coordinate vertice Y: 85784.0056		Coordinate II punto Tg X: 68611.9554	
		Coordinate II punto Tg Y: 85724.5688	
-----			
Raggio : 350.0000		Angolo : 15	
Parametro N : 1.0000		Tangente lunga : 119.4581	
Parametro A : 250.0022		Tangente corta : 59.8963	
Scostamento : 3.7875		Sviluppo : 178.5746	
Pti (%) : -2.5		Ptf (%) : 5.7	
-----			

Vp (Km/h) = 80.0	
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 86.700 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 112.800 OK
A >= R/3	= 116.700 OK
A <= R	= 350.000 OK

Curva 19 Sinistra ProgI 3306.8057 - ProgF 3566.7002

Coordinate vertice X:	68628.8020	Coordinate I punto Tg X:	68611.9554
Coordinate vertice Y:	85589.3472	Coordinate I punto Tg Y:	85724.5688
Coordinate vertice X:		Coordinate II punto Tg X:	68732.6468
Coordinate vertice Y:		Coordinate II punto Tg Y:	85501.1150
Tangente Prim. 1:	136.2669	TT1 Tangente 1:	136.2669
Tangente Prim. 2:	136.2669	TT2 Tangente 2:	136.2669
Alfa Ang. al Vert.:	137	Numero Archi :	1

Arco ProgI 3306.8057 - ProgF 3566.7002

Coordinate vertice X:	68628.8020	Coordinate I punto Tg X:	68611.9554
Coordinate vertice Y:	85589.3472	Coordinate I punto Tg Y:	85724.5688
Coordinate centro curva X:	68959.2703	Coordinate II punto Tg X:	68732.6468
Coordinate centro curva Y:	85767.8391	Coordinate II punto Tg Y:	85501.1150
Raggio :	350.0000	Angolo al vertice :	43
Tangente :	136.2669	Sviluppo :	259.8945
Saetta :	23.8474	Corda :	253.9646
Pt (%) :	5.7		

Vp (Km/h) = 80.0	
R >= Rmin =	251.969 OK
Sv >= Smin =	55.560 OK
Pt >= Ptmin =	5.673 OK

Clotoide 20 ProgI 3566.7002 - ProgF 3658.2744

Coordinate vertice X:	68755.9467	Coordinate I punto Tg X:	68732.6468
Coordinate vertice Y:	85481.3181	Coordinate I punto Tg Y:	85501.1150
Coordinate vertice X:		Coordinate II punto Tg X:	68807.2756
Coordinate vertice Y:		Coordinate II punto Tg Y:	85448.1657
Raggio :	350.0000	Angolo :	7
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	61.1043
Parametro A :	179.0278	Tangente corta :	30.5746
Scostamento :	0.9977	Sviluppo :	91.5742
Pti (%) :	5.7	Ptf (%) :	-2.5

Vp (Km/h) = 80.0	
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 86.700 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 112.800 OK
A >= R/3	= 116.700 OK
A <= R	= 350.000 OK

Rettifilo 21 ProgI 3658.2744 - ProgF 3820.9137

Coordinate P.to Iniziale X:	68807.2756	Coordinate P.to Finale X:	68943.8961
Coordinate P.to Iniziale Y:	85448.1657	Coordinate P.to Finale Y:	85359.9252
Lunghezza :	162.6393	Azimut :	327

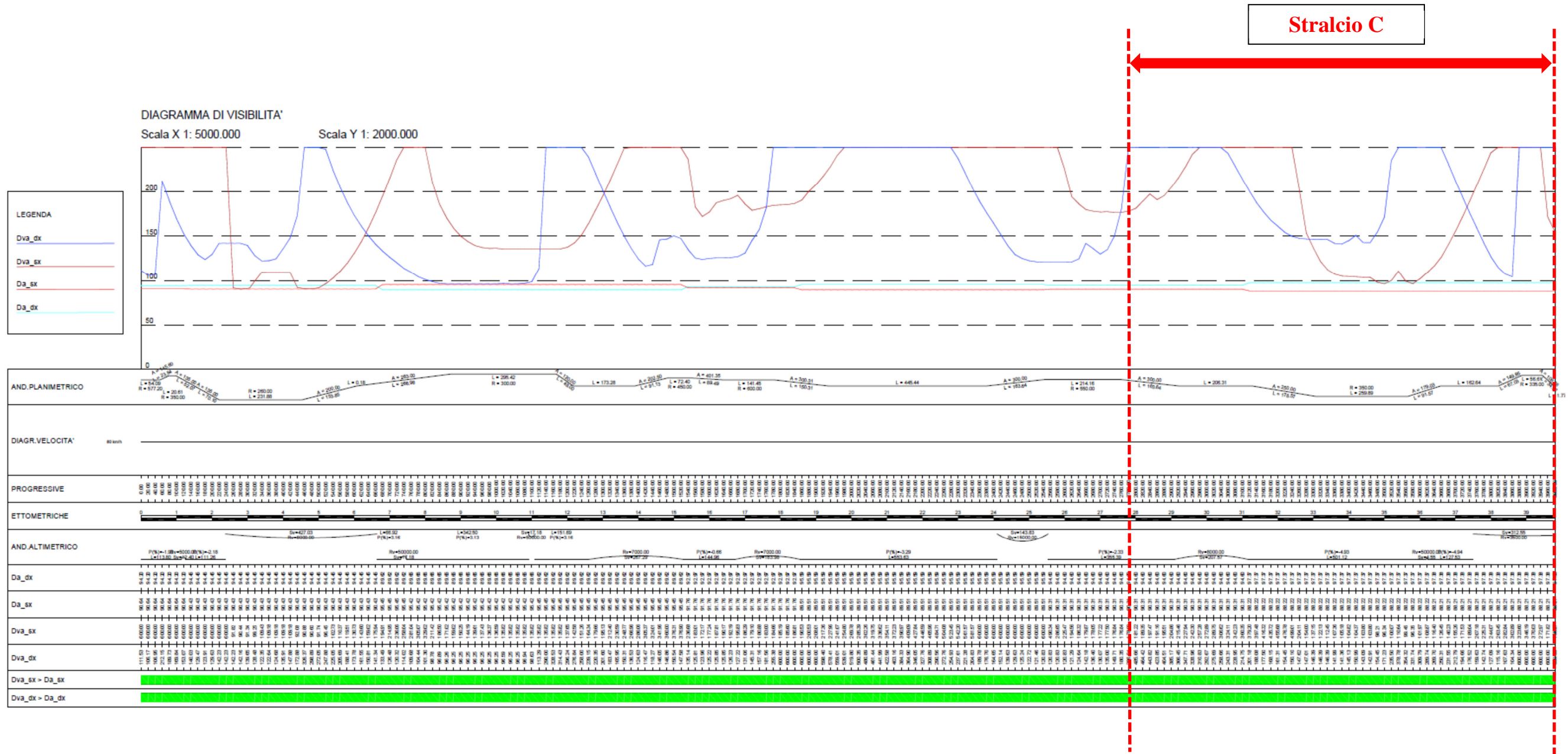
Vp (Km/h) = 80.0					
L >= Lmin =	90.0000 OK	Rprec =	350.0000	Rprec > Rmin =	162.6390 OK
L <= Lmax =	1760.0000 OK	Rsucc =	335.0000	Rsucc > Rmin =	162.6390 OK

Clotoide 22 ProgI 3820.9137 - ProgF 3887.9396

Coordinate vertice X:	68981.4512	Coordinate I punto Tg X:	68943.8961
Coordinate vertice Y:	85335.6691	Coordinate I punto Tg Y:	85359.9252
Coordinate vertice X:		Coordinate II punto Tg X:	68998.9312
Coordinate vertice Y:		Coordinate II punto Tg Y:	85321.7203

Raggio	:	335.0000	Angolo	:	6
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	44.7074
Parametro A	:	149.8455	Tangente corta	:	22.3633
Scostamento	:	0.5586	Sviluppo	:	67.0259
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	5.8
-----					
Vp (Km/h) = 80.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 88.100 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 111.400 OK					
A >= R/3 = 111.700 OK					
A <= R = 335.000 OK					
-----					
Curva 23 Destra ProgI 3887.9396 - ProgF 3944.5512					
-----					
Coordinate vertice	X:	69021.1088	Coordinate I punto Tg	X:	68998.9312
			Coordinate I punto Tg	Y:	85321.7203
Coordinate vertice	Y:	85304.0229	Coordinate II punto Tg	X:	69039.9941
			Coordinate II punto Tg	Y:	85282.8475
Tangente Prim. 1:		28.3734	TT1 Tangente 1:		28.3734
Tangente Prim. 2:		28.3734	TT2 Tangente 2:		28.3734
Alfa Ang. al Vert.:		170	Numero Archi	:	1
-----					
Arco ProgI 3887.9396 - ProgF 3944.5512					
-----					
Coordinate vertice	X:	69021.1088	Coordinate I punto Tg	X:	68998.9312
Coordinate vertice	Y:	85304.0229	Coordinate I punto Tg	Y:	85321.7203
Coordinate centro curva	X:	68789.9799	Coordinate II punto Tg	X:	69039.9941
Coordinate centro curva	Y:	85059.8724	Coordinate II punto Tg	Y:	85282.8475
Raggio	:	335.0000	Angolo al vertice	:	10
Tangente	:	28.3734	Sviluppo	:	56.6117
Saetta	:	1.1951	Corda	:	56.5443
Pt (%)	:	5.8			
-----					
Vp (Km/h) = 80.0					
R >= Rmin = 251.969 OK					
Sv >= Smin = 55.560 OK					
Pt >= Ptmin = 5.834 OK					
-----					
Clotoide 24 ProgI 3944.5512 - ProgF 3978.5727					
-----					
Coordinate vertice	X:	69047.5441	Coordinate I punto Tg	X:	69039.9941
			Coordinate I punto Tg	Y:	85282.8475
Coordinate vertice	Y:	85274.3819	Coordinate II punto Tg	X:	69061.7638
			Coordinate II punto Tg	Y:	85256.7080
Raggio	:	335.0000	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	22.6840
Parametro A	:	106.7576	Tangente corta	:	11.3433
Scostamento	:	0.1439	Sviluppo	:	34.0214
Pti (%)	:	5.8	Ptf (%)	:	-2.5
-----					
Vp (Km/h) = 80.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 88.100 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 111.400 No					
A >= R/3 = 111.700 No					
A <= R = 335.000 OK					
-----					
Rettifilo 25 ProgI 3978.5727 - ProgF 3980.3422					
-----					
Coordinate P.to Iniziale	X:	69061.7638	Coordinate P.to Finale	X:	69062.8731
	Y:	85256.7080		Y:	85255.3293
Lunghezza	:	1.7695	Azimut	:	309
-----					
Vp (Km/h) = 80.0					
L >= Lmin = 90.0000 No Rprec = 335.0000 Rprec > Rmin = 1.7700 OK					
L <= Lmax = 1760.0000 OK					

ALLEGATO 2: Diagramma di visibilità



- Legenda
- Velocità di progetto:  $V_p = 80\text{km/h}$
- $D_{va}$  – distanza di visuale libera
- $D_a$  – distanza di visuale libera per l’arresto
- Direzione dx: direzione San Benedetto-Raccordo autostradale
- Direzione sx: direzione Raccordo autostradale-San Benedett

### ALLEGATO 3: Tratti di utilizzo delle barriere stradali

ASSE (TRA FELETTINO III E FORNACI I)										
UBICAZIONE	Progr.		DX	SX	Tipo		Progr.		LUNGHEZZA DI LAVORO TOTALE (m)	NOTE
ASSE - T.R.	3439,30	3522,43	X		BP	H4aW6 (Integrata)	3439,30	3522,43	83,13	Estensione da imbocco galleria Felettino III alla galleria Le Fornaci I
ASSE - R	3439,30	3533,00		X	BR	H2W4	3439,30	3533,00	93,70	Estensione da imbocco galleria Le Fornaci I alla galleria Felettino III

Legenda:

- |        |                  |
|--------|------------------|
| (R )   | rilevato         |
| (MU)   | muro             |
| (T.A.) | Terra Armata     |
| (T.R.) | Terra Rinforzata |
| (VI)   | Viadotto         |
| (C )   | cordolo          |

### ALLEGATO 4: Tratti di utilizzo degli attenuatori d'urto

SVINCOLO MELARA				
Attenuatori (Classe 80)				
Riferimento		Tipo	Progr. Rampa di riferimento	
Rampa N	Rampa W	2 largo	0+085,60	Rampa N
Rampa W	Rampa P	2 largo	0+063,10	Rampa W
Rampa P	Viad. esist.	1 lineare	0+272,65	Rampa P
Rampa S	Viad. esist.	1 lineare	0+276,00	Rampa S