

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



NODO DI BARI

U.O.: Coordinamento di Sistema e PFTE

PROGETTO PRELIMINARE

NODO DI BARI

BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE

NV04 - Relazione tecnico descrittiva viabilità e verifiche

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IA7X 00 R 10 RG IF0005 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L Dinelli	Luglio 2021	M. Puglisi	Luglio 2021	G. Dimaggio	Luglio 2021	G. Ingresso Luglio 2021

ITALFERR S.p.A.
COORDINAMENTO DI SISTEMA
Dott. Ing. GIULIANO INGROSSO
Ordine degli Ingegneri di ROMA N. 0582

File: IA7X00R10RGIF0005004A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO	6
4	CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI DELLE RAMPE	8
4.1	CORSIA DI USCITA	9
4.2	CORSIA DI ENTRATA	11
4.3	SEZIONI TIPOLOGICHE DELLE RAMPE	15
4.3.1	<i>Piattaforma e margini laterali</i>	17
4.3.2	<i>Pavimentazione</i>	17
5	DATI GEOMETRICI.....	19
5.1	ANDAMENTO PLANO-ALTIMETRICO.....	19
5.1.1	<i>Rampa a cappio di ingresso</i>	19
5.1.2	<i>Rampa di uscita</i>	20
5.1.3	<i>Tronco di collegamento</i>	20
5.2	DIAGRAMMA DI VELOCITÀ	21
5.3	VERIFICHE TRACCIATO.....	23
5.3.1	<i>Verifica planimetrica</i>	23
5.3.2	<i>Verifica altimetrica</i>	28
6	ALLARGAMENTI DELLA CARREGGIATA PER ISCRIZIONE DEI VEICOLI IN CURVA	30
7	VERIFICA DISTANZE DI VISUALE LIBERA.....	31

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione viene descritta la viabilità NV04, che costituisce il progetto delle nuove rampe di collegamento tra la SS91 e SP91, ubicate in corrispondenza alla linea ferroviaria di progetto nei pressi delle PK ferroviarie 5+600.

Tale viabilità interferente è inclusa nel Progetto Preliminare della linea ferroviaria Bari – Barletta, lungo la tratta ferroviaria Bari Nord Santo Spirito – Bari Palese.



Figura 1: Area dell'intervento su foto aerea.

La presente relazione ha per oggetto gli interventi di viabilità sviluppati nell'ambito del PFTE del progetto di cui sopra:

- **Viabilità NV04:** nuove rampe di svincolo tra la SS16 e la SP91, in corrispondenza della PK 5+600 circa.

2 **NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- D. Lgs. 30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”;
- D.M. 05/11/2001 n. 6792: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/2004: “Modifica del decreto 5 Novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”;
- D.M. 19/04/2006: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- D.M. 18/02/1992: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- D.M. 03/06/1998: “Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale”;
- D.M. 21/06/2004: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”;
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/2010: “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”;
- D.M. 28/06/2011: “Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: “Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 27.04.2006: “Il Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la

- manutenzione”;
- D.M. 02/05/2012: "Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell'articolo 8 del decreto legislativo 15 Marzo 2011, n.35”;
- Ministero dei Lavori Pubblici, DM 30 novembre 1999 n° 557 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili”.
- D.M. 14/06/1989 n. 236 “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adottabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche”;
- D.P.R. 24/07/1996 n. 503 “Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici”.
- D.P.R. 24/07/1996 n. 503 “Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici Manuale di Progettazione RFI Opere Civili.

3 DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO

La realizzazione per fasi della nuova galleria artificiale ferroviaria, nel tratto compreso tra le pk 5+600-pk 5+700, interferisce con le attuali rampe di uscita e immissione, entrambe in carreggiata sud, che costituiscono il collegamento tra la SS. n.16 e la SP91.

Attualmente la strada SS n.16, di competenza Anas S.p.A, pur trattandosi di una viabilità a carreggiate separate da spartitraffico, ciascuna con due corsie per senso di marcia, è classificata da un punto di vista amministrativo "strada extraurbana secondaria tipo C1" con Vpmax=100km/h e velocità limite pari a 90km/h.

I limiti dell'intervento, per la realizzazione delle nuove rampe e le relative corsie specializzate con tronchi di raccordo e manovra, sono stati condizionati dalla presenza di due cavalcavia per mezzo dei quali la SS n.16 sovrappassa Via Nicholas Green e la SP91.

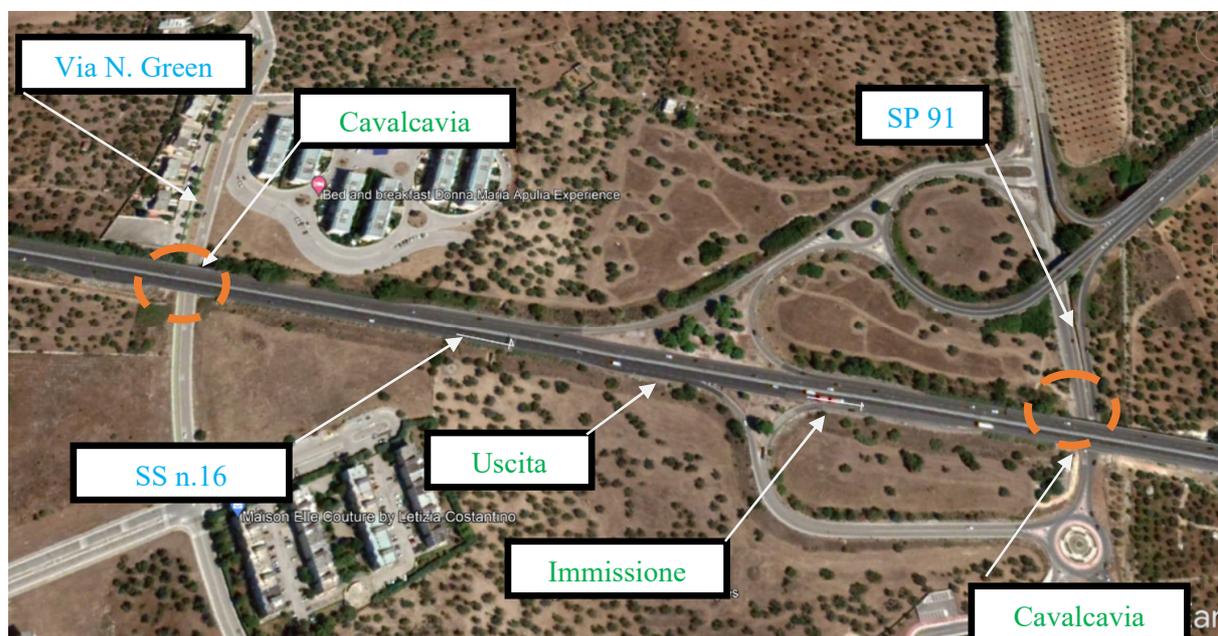


Figura 2: Stato attuale-Rampa di uscita/immissione SSn.16 SP91.

Pur trattandosi di una strada con classifica amministrativa tipo C1 per le quali il DM.22.04.2006 non ammette la corsia specializzata di immissione, ma con sezione a carreggiate separate da spartitraffico e due corsie per senso di marcia, la nuova configurazione in analogia alla situazione attuale prevede in carreggiata sud una rampa di uscita semi-diretta preceduta da una corsia di decelerazione e tronco di manovra, una rampa di ingresso indiretta seguita da corsia di accelerazione, immissione e tronco di raccordo, e un tratto di rampa a doppio senso di marcia che si innesta sulla rotatoria presente sulla SP.91.

Le nuove rampe, dell'intersezione a livelli sfalsati, sono state necessarie per poter realizzare la galleria artificiale per fasi, realizzando prima la GA fino a ridosso del rilevato esistente, realizzare le nuove rampe soprastanti e completare la GA una volta deviato il traffico stradale.



Figura 3: Planimetria di progetto rampe uscita/ingresso Carreggiata sud SS n.16.

4 CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI DELLE RAMPE

L'intervento prevede quindi la realizzazione di rampe di un'intersezione a livelli sfalsati aventi le stesse funzionalità delle rampe esistenti, uscita e immissione, sulla carreggiata sud della SS. N.16.

Pur trattandosi di un adeguamento, visto l'esistenza del nodo tra la SS n.16 e la SP91, il progetto prevede comunque il rispetto della normativa vigente D.M. 16/04/2006, e del D.M 05/11/2001 per quanto riguarda l'inserimento delle curve a raggio variabile, con l'adozione di criteri di flessibilità in riferimento al criterio ottico e al rapporto dei fattori di scala per la rampa a cappio.

La successione degli elementi del tracciato è stata definita nel rispetto dei seguenti criteri di sicurezza:

- Scelta della tipologia della strada;
- Scelta della velocità di progetto.

Per le rampe sono state assunte le seguenti velocità di progetto, in riferimento all'intersezione Tipo2 previste dal D.M. 16/04/2006 (intersezioni a livello sfalsati con manovre di scambio o incroci a raso):

-Rampa di uscita semidiretta: $V_p=50$ km/h

-Rampa di immissione a cappio: $V_p=40$ km/h

In funzione dei valori delle velocità, in riferimento alla tabella 8 del D.M 16/04/2006 sono stati assegnati ai raggi delle rampe i seguenti valori:

$V_p=50$ km/h $R_1=R_2=75$ m

$V_p=40$ km $R=46$ m

4.1 CORSIA DI USCITA

La corsia di uscita è composta da un tratto di manovra $L_{(m,u)}$ e da un tratto di decelerazione $L_{(d,u)}$; la configurazione adottata è quindi con tronco di decelerazione complanare e parallelo con la corsia di provenienza, seguito da un tratto a curvatura variabile da percorrere a velocità costante, fino al raggiungimento del successivo tratto circolare.

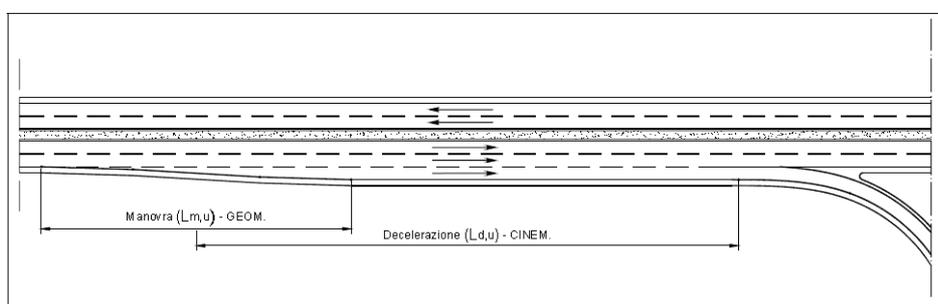


Figura 4: corsia di uscita- configurazione con tronco complanare e parallelo

Poiché lo stacco avviene in un tratto in rettilineo, e la velocità massima di progetto per la categoria di strada è 100 km/h, il valore della V_p della strada da cui proviene il flusso veicolare in uscita è stato assunto pari a 100km/h. In funzione di tale valore è stato adottato un tronco di manovra di lunghezza pari a 75 m come prevede la normativa vigente.

Per il dimensionamento di $L_{(d,u)}$ si assume, come previsto dal D.M.19/04/2006, che i veicoli comincino a decelerare subito dopo aver percorso la prima metà del tronco di manovra (per tale motivo, alla distanza calcolata con il criterio cinematico si sottrae una quantità pari a metà del precedente tronco di invito).

La lunghezza del tratto di variazione cinematica in decelerazione $L_{(d,u)}$ è dato dalla formula:

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

Dove:

- L (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di decelerazione (100 km/h);
- v_2 (m/s) è la velocità di uscita dal tratto di decelerazione (50 km/h);
- a (m/s²) è la decelerazione pari a 3 m/s².

Il valore della decelerazione assunto è pari al valore previsto per le strade tipo A e B per i seguenti motivi:

-pur trattandosi di una strada classificata C, la S.S. n.16 è a carreggiate separate con due corsie per senso di marcia, non sono presenti intersezioni a raso, ampi raggi di curvatura lunghi rettili per cui le caratteristiche sono analoghe a strade appartenenti ad un livello gerarchico superiore;

-l'adozione di un valore di decelerazione pari a 2 m/s² avrebbe richiesto uno spazio di decelerazione interferente con il cavalcavia esistente che sovrappassa via Nicholas Green. Si riporta di seguito il valore dello spazio di decelerazione necessario:

$$L = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

Ldu	V1	V2	a	V1	V2
m	m/s	m/s	m/s ²	km/h	km/h
96.4506173	27.77778	13.88889	3	100	50

La lunghezza quindi del tronco complanare e parallelo alla corsia di marcia è valutabile dalla seguente formula:

$$L_{D(v)} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 * a} - \frac{1}{2} L_{M(v)}$$

Lunghezza del tratto complanare e parallelo			
Lparallelo	Ldu	Lmu/2	Lmu
m	m	m	m
58.9506173	96.45062	37.5	75

Una volta raggiunta la velocità di progetto alla fine del tratto complanare di decelerazione, la curva di uscita viene tracciata mediante curve circolari e raccordi di tipo clotoide.

La larghezza della corsia specializzata di decelerazione è pari a 3.75m, banchina in destra larga 1.75m con ulteriori allargamenti per garantire la visibilità ostruita dalla barriera di sicurezza.

Affinchè la presenza della barriera di sicurezza non ostacoli la visibilità, pari alla distanza di arresto, è stato necessario inserire allargamenti in curva.

4.2 CORSIA DI ENTRATA

La corsia di immissione è composta dai seguenti tratti:

1. Il tratto di accelerazione;
2. Il tratto di immissione
3. Il tratto di raccordo.

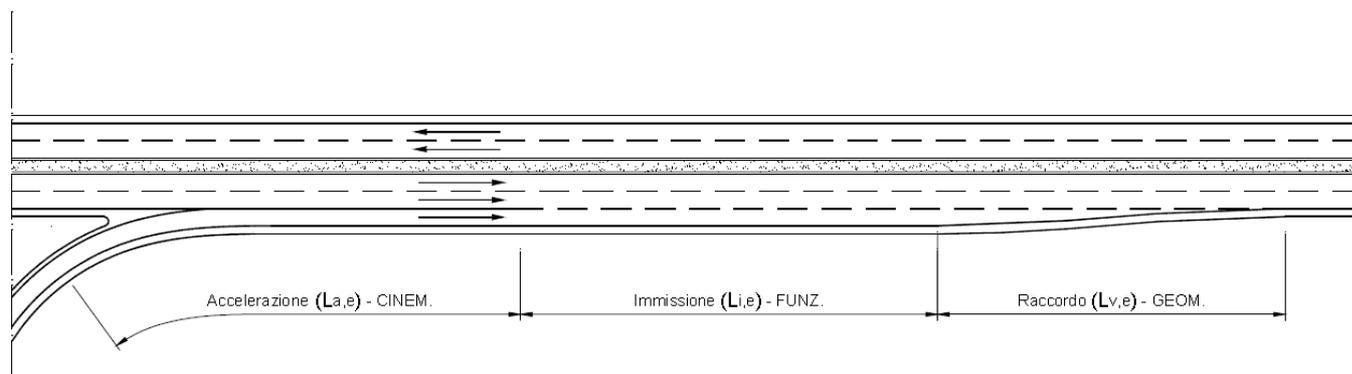


Figura 5: corsia di entrata

Il tronco di accelerazione, percorso a velocità variabile, è caratterizzato da una velocità iniziale pari alla velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata che in questo caso è $V_1=40\text{km/h}$, e da una velocità finale che corrisponde allo 80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Considerando che la strada SS.16 in quel punto si trova in rettilineo, si assume che la $V_p=100\text{km/h}$, per cui la velocità finale sul tronco di accelerazione è 80km/h .

$$V_1=40\text{km/h}$$

$$V_2=80\text{km/h}$$

Lo spazio necessario per raggiungere la velocità finale pari a 80km/h, a partire da una velocità iniziale di 40km/h, e con il valore di $a=1\text{m/s}^2$ si determina con:

$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$	La,e	Lunghezza necessaria per la variazine cinematica
	v1(m/s)	velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata
	v2=(m/s)	si assume l'80% della velocità di progetto dlla strada sulla quale la corsia si immette
	a=1m/s ²	acelerazione assunta per la manovra

La lunghezza del tratto di accelerazione è:

Lda	v1	v2	a	V1	v1
m	m/s	m/s	m/s ²	km/h	m/s
185.185	22.2222	11.1111	1	80	22.2222
				V2	v2
				km/h	m/s
				40	11.11111

Nel caso presente è stata adottata la soluzione che prevede il totale sviluppo del tratto di accelerazione lungo il tratto a curvatura variabile. Assimilando le problematiche del tronco intermedio di accelerazione a quelle "speculari" del tratto intermedio di decelerazione, si possono utilizzare anche in questo caso, le clotoidi multiparametriche con $n > 1$ (iperclotoidi); occorre pertanto valutare la scelta del fattore di forma n in relazione alla tipologia di curva (transizione o continuità) e alle velocità di inizio e fine. Il valore ottimale del fattore di forma è determinabile attraverso appositi abachi in funzione di $N = V_f/V_i$ e $K = R_f/R_i$:

	K = 3.0	K = 5.0	K = 7.0	K = 10.0	K = 20.0	K = 50.0	K = 100.0	K = ∞
N = 1.3	n = 100 $\Delta a_t = 0.013$	n = 4.5 $\Delta a_t = 0.008$	n = 3.0 $\Delta a_t = 0.012$	n = 2.4 $\Delta a_t = 0.015$	n = 1.9 $\Delta a_t = 0.022$	n = 1.7 $\Delta a_t = 0.029$	n = 1.6 $\Delta a_t = 0.033$	n = 1.5 $\Delta a_t = 0.041$
N = 1.4	n = 100 $\Delta a_t = 0.046$	n = 36 $\Delta a_t = 0.009$	n = 5.8 $\Delta a_t = 0.012$	n = 3.6 $\Delta a_t = 0.018$	n = 2.5 $\Delta a_t = 0.027$	n = 2.0 $\Delta a_t = 0.036$	n = 1.9 $\Delta a_t = 0.042$	n = 1.7 $\Delta a_t = 0.054$
N = 1.5		n = 100 $\Delta a_t = 0.000$	n = 40 $\Delta a_t = 0.014$	n = 6.7 $\Delta a_t = 0.020$	n = 3.3 $\Delta a_t = 0.031$	n = 2.4 $\Delta a_t = 0.043$	n = 2.2 $\Delta a_t = 0.050$	n = 1.8 $\Delta a_t = 0.067$
N = 1.6				n = 29.0 $\Delta a_t = 0.021$	n = 4.8 $\Delta a_t = 0.034$	n = 3.0 $\Delta a_t = 0.049$	n = 2.6 $\Delta a_t = 0.058$	n = 2.0 $\Delta a_t = 0.080$
N = 1.8					n = 21.0 $\Delta a_t = 0.039$	n = 4.9 $\Delta a_t = 0.059$	n = 3.7 $\Delta a_t = 0.071$	n = 2.4 $\Delta a_t = 0.105$
N = 2.0					n = 100 $\Delta a_t = 0.097$	n = 10.6 $\Delta a_t = 0.066$	n = 5.7 $\Delta a_t = 0.081$	n = 2.8 $\Delta a_t = 0.130$
N = 2.2					n = 100 $\Delta a_t = 0.188$	n = 100 $\Delta a_t = 0.078$	n = 10.7 $\Delta a_t = 0.089$	n = 3.2 $\Delta a_t = 0.153$
N = 2.5					n = 100 $\Delta a_t = 0.341$	n = 100 $\Delta a_t = 0.203$	n = 100 $\Delta a_t = 0.121$	n = 3.8 $\Delta a_t = 0.187$
N = 3.0					n = 100 $\Delta a_t = 0.633$	n = 100 $\Delta a_t = 0.454$	n = 100 $\Delta a_t = 0.339$	n = 5.0 $\Delta a_t = 0.238$

Figura 6: Valori del fattore di forma $n_{ottimale}$ dell'iperclotoido e di Δa_t in funzione dei fattori K ed N.

Nel caso in oggetto $N=2, K=\infty$

Il valore pari a 2.8 approssimato, è stato calcolato analiticamente ottenendo quindi $n=2.78$.

CALCOLO DI n OTTIMALE

Clotoidi di transizione

Raggio (R) [m]

Clotoidi di continuità

Raggio maggiore (R₁) [m]

Raggio minore (R₂) [m]

V_{MAX} [km/h]

V_{MIN} [km/h]

[MENU' PRINCIPALE \(I.P.E.R.\)](#)

$$N = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = 2$$

$$K = \frac{R_1}{R_2} = \text{INFINITO}$$

CALCOLO DI n OTTIMALE

n ottimale = 2.78

$\Delta a_{t \max}$ = 13.11 %

$\Delta a_{t \max}$ = 0.352 m/s²

CLOTOIDE DI TRANSIZIONE OK

Figura 7: output macro I.P.E.R - calcolo del fattore n ottimale

Il criterio progettuale che sta alla base del dimensionamento planimetrico del tronco di attesa è stabilito dalla distribuzione probabilistica dei distanziamenti temporali tra i veicoli in marcia. La lunghezza del tratto di attesa risulta quindi funzione del volume di traffico sulla corsia destra della strada principale e dal percentile del tempo di attesa in genere non inferiore al 70%. Tuttavia non bisogna però escludere la possibilità in presenza di situazioni specifiche (essenzialmente dettate da vincoli spaziali e da contesti ambientali particolarmente condizionanti), di utilizzare dimensioni della lunghezza di attesa associate a percentili del tempo di attesa più bassi. Nel caso in oggetto la lunghezza del tratto di attesa è pari a 80m, uno sviluppo seppur breve ma superiore alla lunghezza dell'attuale tronco di immissione di circa 60m. Lo sviluppo del tronco di attesa è stato fortemente condizionato dal vincolo costituito dal cavalcavia esistente sulla SP.91.

La lunghezza del tratto di raccordo $L_{v,e}$ della corsia di immissione è stato determinato in funzione della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, in accordo con la normativa vigente:

$$V_p = 100 \text{ km/h} > 80 \text{ km/h} \quad \text{Lunghezza del tratto di raccordi } L_{v,e} = 75 \text{ m}$$

La larghezza della corsia specializzata di attesa è pari a 3.75m, banchina in destra larga 1.75m.

4.3 SEZIONI TIPOLOGICHE DELLE RAMPE

L'elemento rampa, sia in uscita che in ingresso, presenta una larghezza della corsia di 4.0 m con allargamenti aggiuntivi in curva dimezzati alla metà per favorire l'iscrizione dei mezzi pesanti, una banchina in sinistra e in destra pari 1m.

In particolare nei tratti in curva è previsto anche l'allargamento della banchina necessario a garantire la visibilità pari alla distanza di arresto richiesta, in funzione della velocità di progetto delle rampe.

Per la rampa di uscita, è stato necessario prevedere un muro di sostegno per limitare l'ingombro della scarpata.

Si riporta di seguito uno stralcio delle sezioni tipo delle rampe:

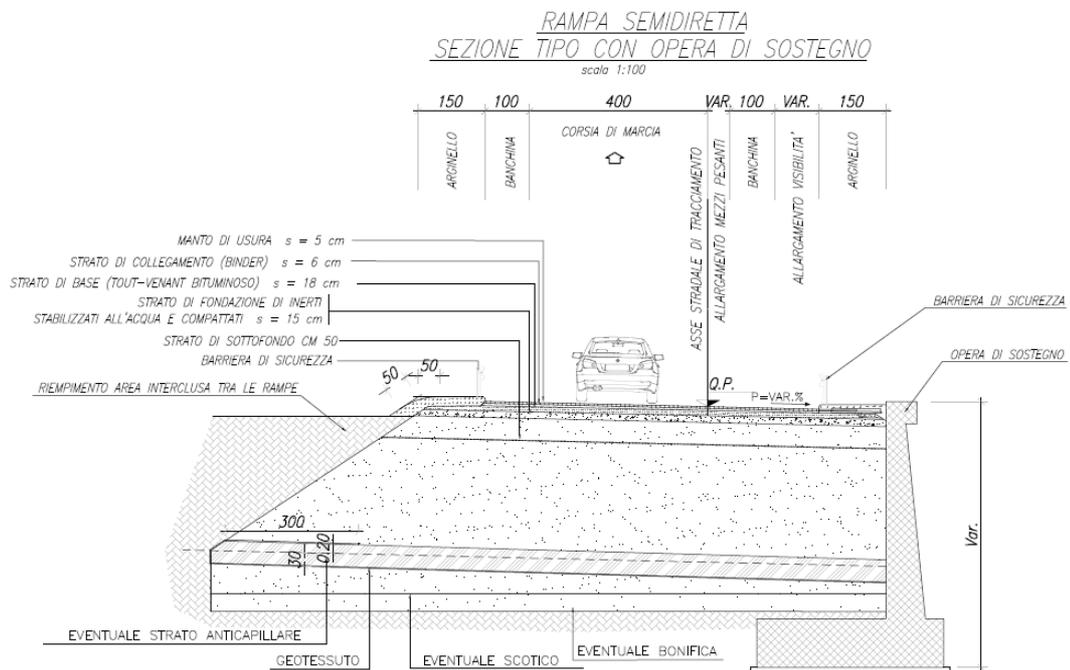


Figura 8: rampa di uscita con opera di sostegno

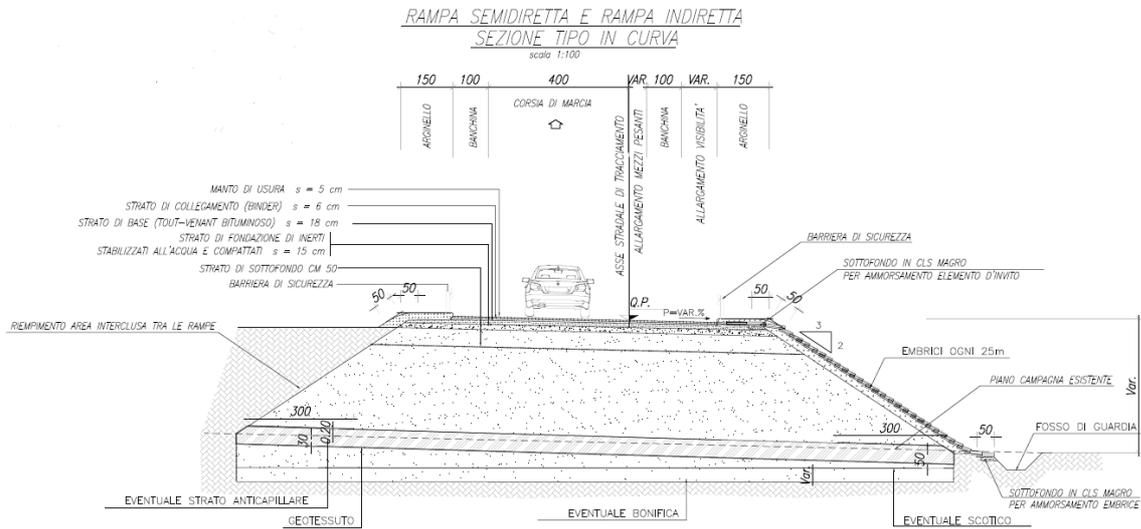


Figura 9: rampa di uscita/ingresso

Per la sezione trasversale a doppia corsia è realizzata una carreggiata con corsie di 3.50 m ciascuna e banchine da 1.0 m.

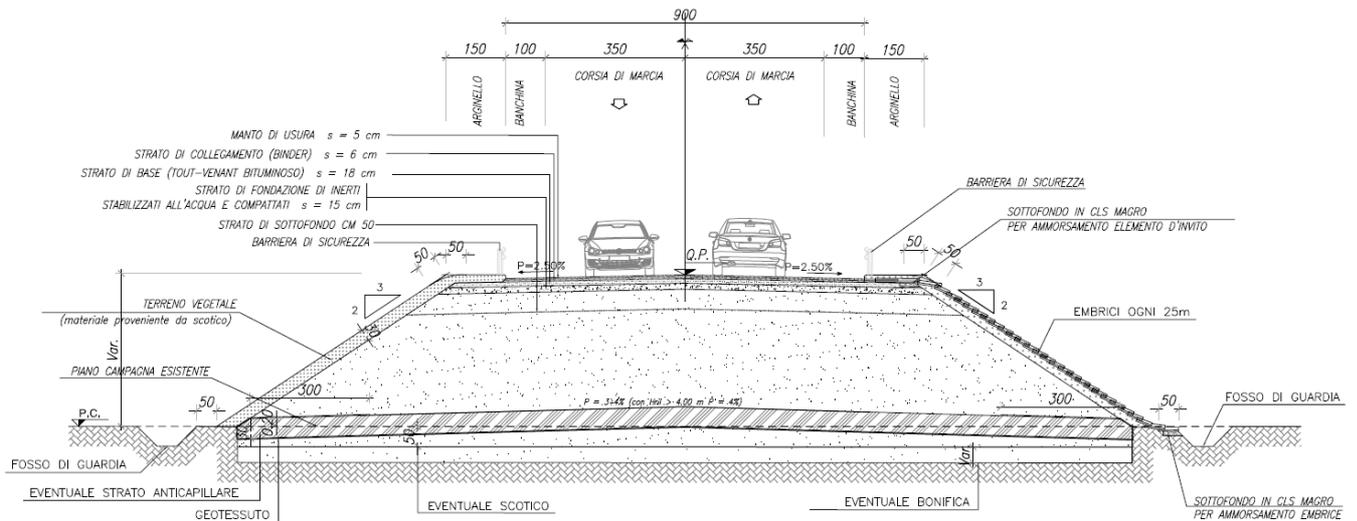


Figura 10: tronco di collegamento bidirezionale

Gli arginelli sono realizzati di larghezza 1.50 m per permettere la deformazione della barriera bordo laterale di tipo H2 W5.

4.3.1 Piattaforma e margini laterali

La piattaforma risulta avere pendenza trasversale del 2,5% a doppia falda per i tratti in rettilo, mentre per i tratti in curva la pendenza trasversale è pari al 7%.

Nelle sezioni in rilevato, l'arginello esterno ha una dimensione pari ad almeno 1,50 m ed è raccordato alla scarpata con pendenza 2/3, al cui piede è situato un fosso di guardia di dimensioni 50 x 50 x 50 cm.

4.3.2 Pavimentazione

Per la viabilità in oggetto si ipotizza di adottare una configurazione della sovrastruttura stradale composta dai seguenti strati.

STRATO	MATERIALE	SPESSORE (cm)
Usura	conglomerato bituminoso	5
Collegamento (binder)	conglomerato bituminoso	6
Base	conglomerato bituminoso	18
Fondazione	misto granulare stabilizzato	15

La scelta della sovrastruttura stradale, in assenza di dati di traffico e quindi del numero di passaggi di veicoli commerciali, è stata fatta basandosi su quanto indicato dal Catalogo delle pavimentazioni del CNR "Strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico" considerando il numero massimo di transiti previsto per il tipo di strada di riferimento e considerando un modulo resiliente del sottofondo pari almeno a 90 N/mm²; detta scelta è stata fatta anche in considerazione del contesto in cui la viabilità viene inserita.



NODO DI BARI – BARI NORD VARIANTE SANTO SPIRITO -
PALESE

PROGETTO PRELIMINARE

NV04 - RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E VERIFICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA7X	00 R 10	RG	IF 00 05 004	A	18 di 33

Il progetto della pavimentazione e l'eventuale sostituzione di materiale con caratteristiche scadenti, e/o trattamento a calce, sarà approfondito nelle successive fasi progettuali, in quanto l'attuale numero di sondaggi non permette di individuare lenti di argilla, che caratterizzano la geologia della Puglia.

5 DATI GEOMETRICI

5.1 ANDAMENTO PLANO-ALTIMETRICO

Il tracciamento delle rampe è stato eseguito sul ciglio destro, per cui i dati di tracciamento sono riferiti a tale asse. L'andamento planimetrico è composto dalla successione degli elementi riportati nella tabella seguente:

5.1.1 Rampa a cappio di ingresso

V1	2666242.92
	4556937.80

V2	2666199.51
	4556951.06

V3	2666149.91
	4557000.93

V4	2666232.00
	4557057.89

V5	2666441.04
	4556948.81

Ce1	2666221.25
	4556994.44

Ce 1

R (m)	46.00
Ac	100.09
T(m)	54.91
Sv (m)	80.36

V 2

N	1.00
A	45.61
Sv (m)	45.22
Tau (c)	28.16
Dr (m)	1.84
TI	30.53
TK	15.43
Xf (m)	44.14
yf	7.28
xm	22.43
R (m)	46.00

V 4

N	2.78
A	130.10
Sv (m)	189.10
Tau (c)	62.31
Dr (m)	15.23
TI	155.79
TK	45.01
Xf (m)	176.70
yf	39.86
xm	135.97
R (m)	46.00

5.1.2 Rampa di uscita

V1	2666091.69
	4557131.11

V2	2666156.97
	4557097.04

V3	2666148.49
	4556958.81

V4	2666240.91
	4556931.09

Ce1	2666078.55
	4557051.79

Ce2	2666227.49
	4557013.92

Ce 1

R (m)	75.00
Ac	35.24
T(m)	23.82
Sv (m)	46.13

V 2

N	1.00
A	61.40
Sv (m)	50.27
Tau (c)	19.20
Dr (m)	1.40
TI	33.71
TK	16.94
Xf (m)	49.70
yf	5.57
xm	25.04
R (m)	75.00

V 2

N	1.00
A	47.54
Sv (m)	30.14
Tau (c)	11.51
Dr (m)	0.50
TI	20.13
TK	10.08
Xf (m)	30.01
yf	2.01
xm	15.05
R (m)	75.00

Ce 2

R (m)	75.00
Ac	54.41
T(m)	38.55
Sv (m)	71.22

V 3

N	1.00
A	46.90
Sv (m)	29.33
Tau (c)	11.20
Dr (m)	0.48
TI	19.59
TK	9.81
Xf (m)	29.22
yf	1.91
xm	14.65
R (m)	75.00

V 3

N	1.00
A	46.90
Sv (m)	29.33
Tau (c)	11.20
Dr (m)	0.48
TI	19.59
TK	9.81
Xf (m)	29.22
yf	1.91
xm	14.65
R (m)	75.00

5.1.3 Tronco di collegamento

La rampa di collegamento è il tratto che collega la rotatoria alle due rampe di ingresso e uscita, assimilabile quindi ad una rampa bi-direzionale.

V1	2666241.93
	4556934.44

V2	2666389.90
	4556889.22

5.2 DIAGRAMMA DI VELOCITÀ

Per la rampa di uscita, come detto sopra, tenendo conto che la decelerazione inizia a metà del tronco di manovra e termina alla fine del tronco complanare e parallelo alla corsia di marcia della SS.16, (esclusi entrambi dal tracciamento dell'elemento rampa), si ottiene il seguente diagramma:

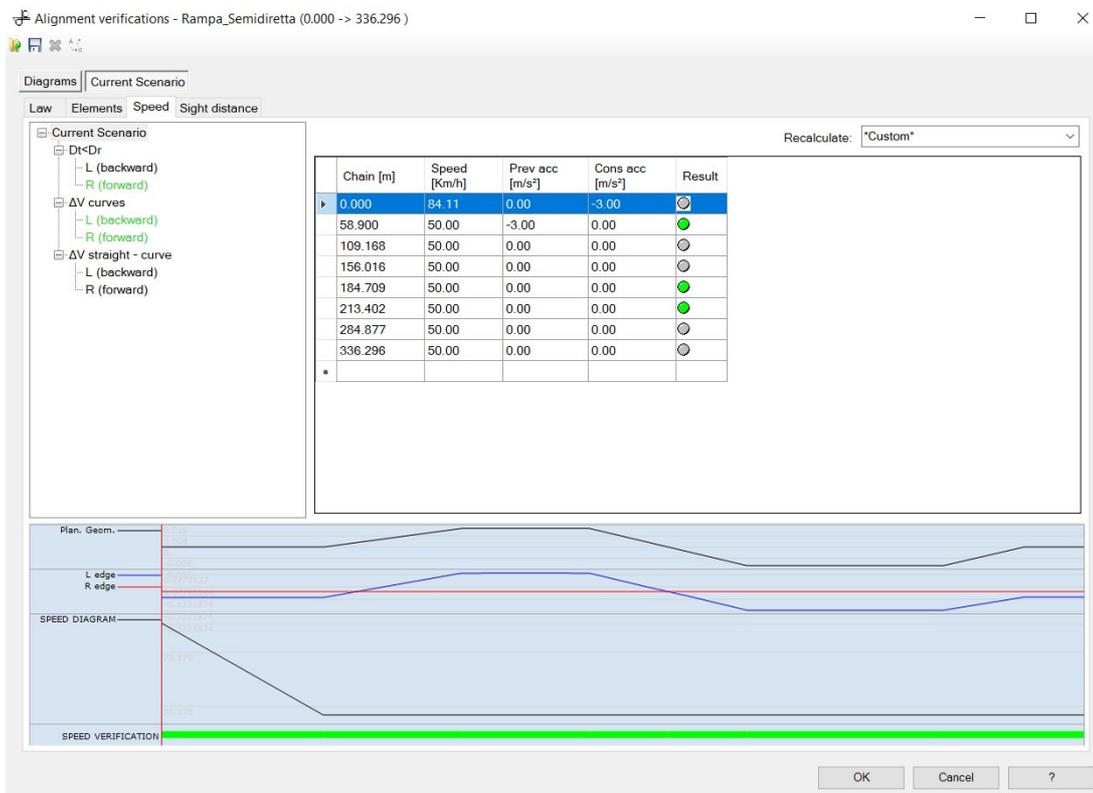


Figura 11: DV corsia di decelerazione-rampa

La velocità iniziale riportata sul diagramma è pari a 84.11km/h, velocità raggiunta dal veicolo dopo aver percorso in decelerazione la prima metà del tronco di manovra.

La velocità finale è pari a 50km/h, velocità di progetto della rampa semidiretta.

Per la rampa di uscita, la curva con iperclotoide permette di passare gradualmente da una velocità di 40 km/h ad una velocità di 80 km/h, con un'accelerazione pari a 1 m/sec^2 .

Lo sviluppo necessario per passare dalla velocità di 40km/h a 80 km/h con un' accelerazione di $1\text{ms}/2$ è pari a 185.18m; la costruzione geometrica dell'iperclotoide ha portato ad uno sviluppo pari a $S_v=189,10\text{m}$ leggermente superiore al valore minimo. Tale differenza implica o che il veicolo raggiunge la velocità massima prima di raggiungere il termine dell'iperclotoide oppure che l'accelerazione è pari a $0.98\text{m}/\text{s}^2$ valore leggermente inferiore a $1\text{ms}/2$. Si riporta di seguito il diagramma delle velocità:

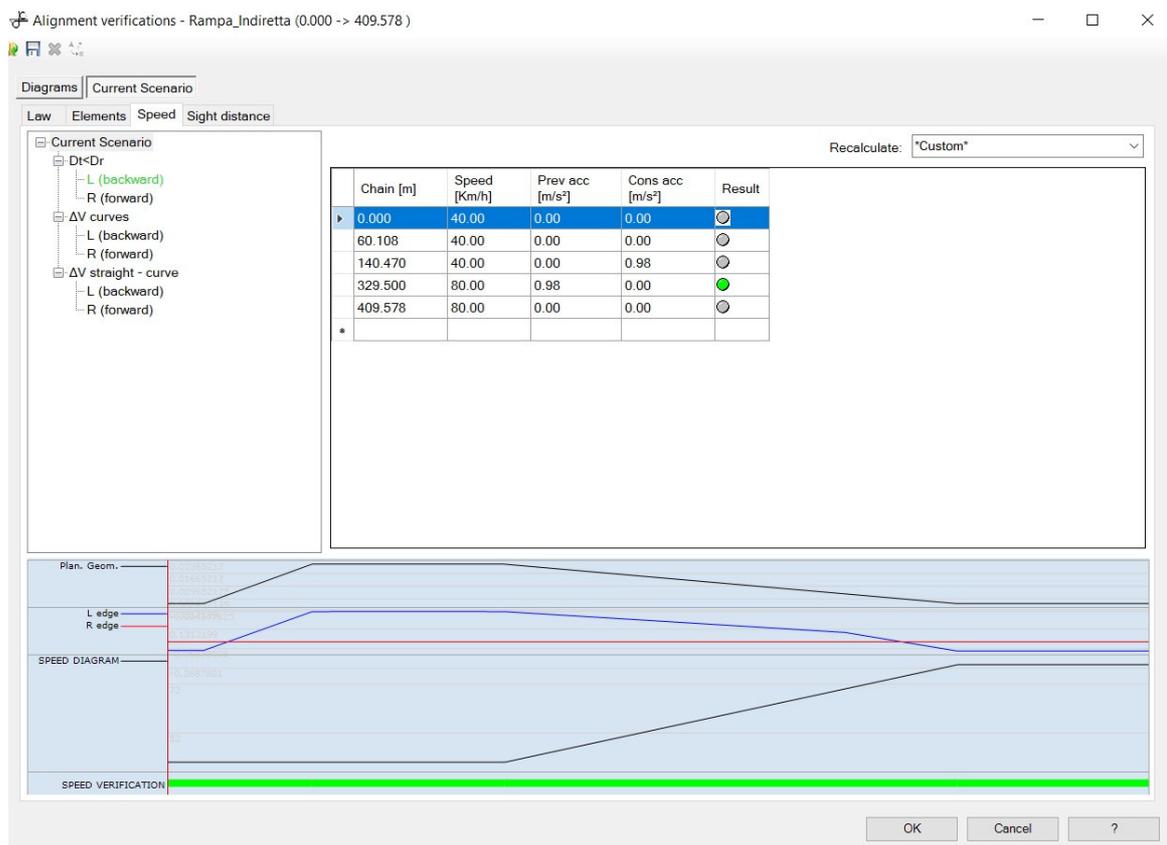


Figura 12: DV rampa cappio-corsia di attesa

5.3 VERIFICHE TRACCIATO

Di seguito si riportano le verifiche planimetriche ed altimetriche delle rampa, in accordo con i criteri previsti dal DM.05.11.2001.

5.3.1 Verifica planimetrica

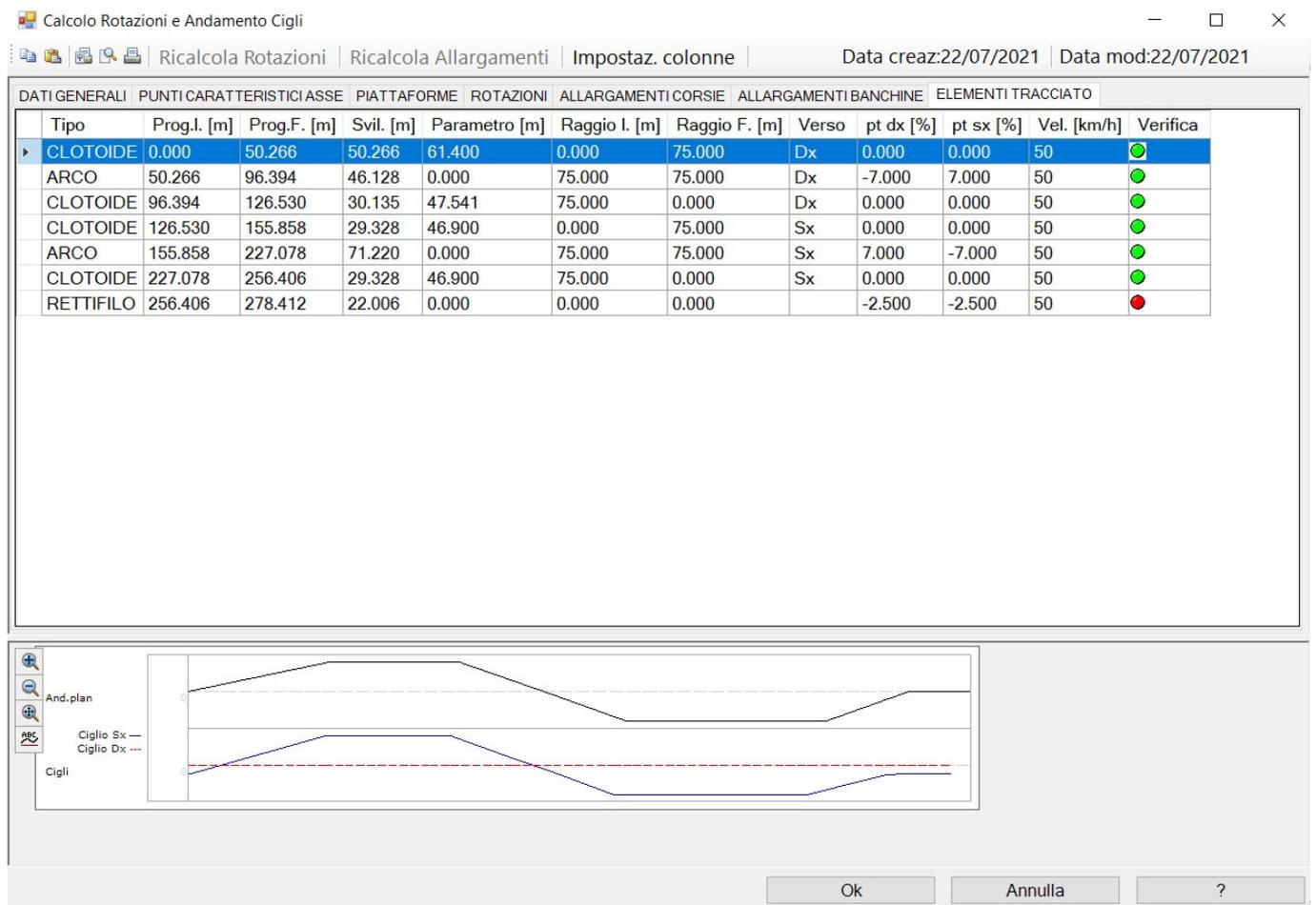


Figura 13: Verifica elementi planimetrici rampa di uscita

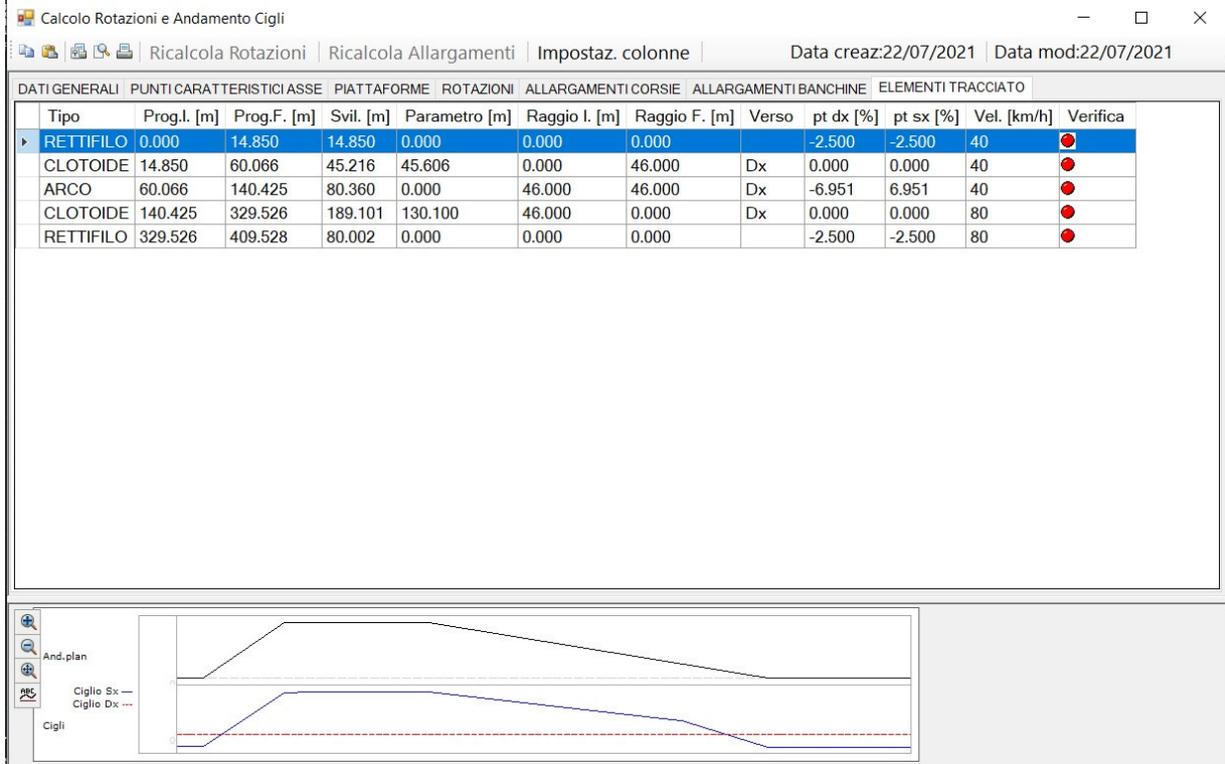
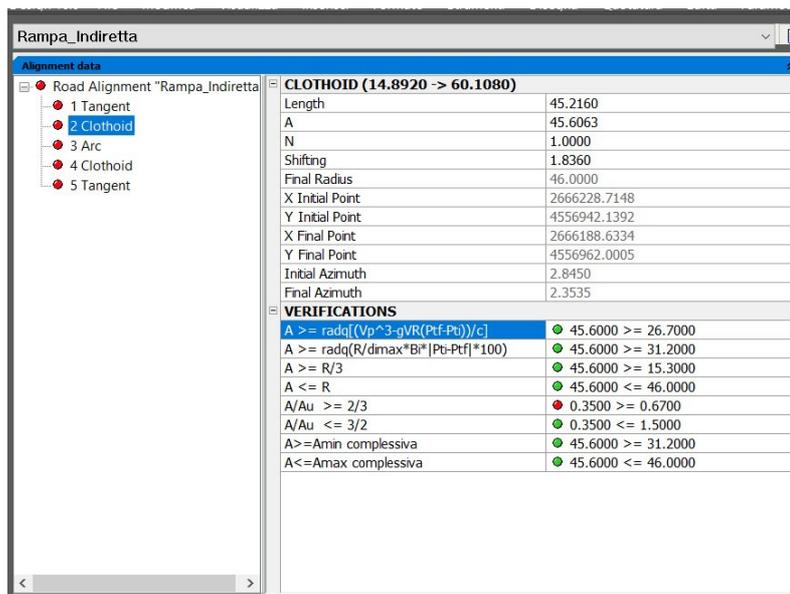


Figura 14: Verifica elementi planimetrici rampa a coppia di ingresso

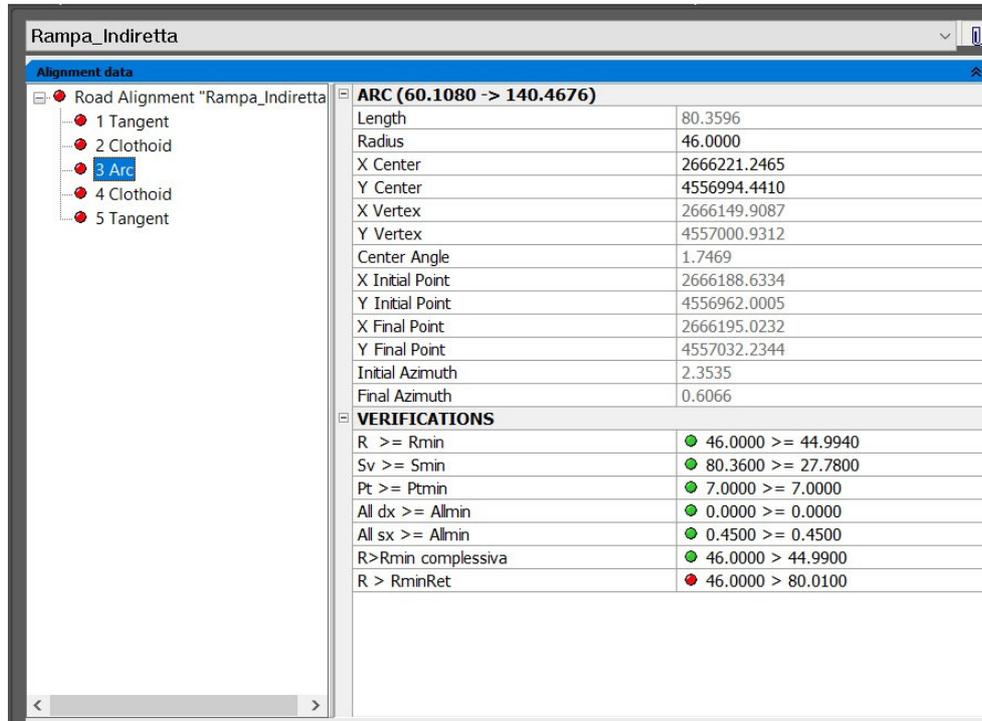
I sopra riportati led rossi non rivestono importanza progettuale in quanto quelli di estremità riguardano tratti di rettilineo che sono posti solo per costruzione, mentre gli altri sono parametri discordanti delle curve, sia variabili che a raggio costante in merito a:



CLOTHOID (14.8920 -> 60.1080)	
Length	45.2160
A	45.6063
N	1.0000
Shifting	1.8360
Final Radius	46.0000
X Initial Point	2666228.7148
Y Initial Point	4556942.1392
X Final Point	2666188.6334
Y Final Point	4556962.0005
Initial Azimuth	2.8450
Final Azimuth	2.3535
VERIFICATIONS	
$A \geq \text{rad}q[(Vp^3 - gVR(PtF-PtI))/c]$	45.6000 >= 26.7000
$A \geq \text{rad}q(R/\text{dimax} \cdot Bi^* Pt-PtI ^*100)$	45.6000 >= 31.2000
$A \geq R/3$	45.6000 >= 15.3000
$A \leq R$	45.6000 <= 46.0000
$A/Au \geq 2/3$	0.3500 >= 0.6700
$A/Au \leq 3/2$	0.3500 <= 1.5000
$A \geq A_{min} \text{ complessiva}$	45.6000 >= 31.2000
$A \leq A_{max} \text{ complessiva}$	45.6000 <= 46.0000

Rapporto tra fattore di scala della clotoide in ingresso e uscita non rispettato in accordo al DM.05.11/2001.

Per garantire tale rapporto di proporzionalità entro i limiti previsti dal sopracitato D.M. sarebbe necessario inserire un ampio raggio e di conseguenza una clotoide di ingresso con fattore A elevato, che per ragioni di spazio è impossibile.



Rampa_Indiretta

Alignment data

- 1 Tangent
- 2 Clothoid
- 3 Arc**
- 4 Clothoid
- 5 Tangent

ARC (60.1080 -> 140.4676)	
Length	80.3596
Radius	46.0000
X Center	2666221.2465
Y Center	4556994.4410
X Vertex	2666149.9087
Y Vertex	4557000.9312
Center Angle	1.7469
X Initial Point	2666188.6334
Y Initial Point	4556962.0005
X Final Point	2666195.0232
Y Final Point	4557032.2344
Initial Azimuth	2.3535
Final Azimuth	0.6066
VERIFICATIONS	
R >= Rmin	46.0000 >= 44.9940
Sv >= Smin	80.3600 >= 27.7800
Pt >= Pmin	7.0000 >= 7.0000
All dx >= Allmin	0.0000 >= 0.0000
All sx >= Allmin	0.4500 >= 0.4500
R>Rmin complessiva	46.0000 > 44.9900
R > RminRet	46.0000 > 80.0100

IL Raggio deve essere maggiore del rettifilo. E' solo formale in quanto riferito ai tronchi stradali; il raggio della rampa non può dipendere dalla lunghezza del tronco di attesa.

Alignment data	
Road Alignment "Rampa_Indiretta"	
1 Tangent	
2 Clothoid	
3 Arc	
4 Clothoid	
5 Tangent	
CLOTHOID (140.4676 -> 329.5683)	
Length	189.1008
A	130.0998
N	2.7800
Shifting	15.2315
Initial Radius	46.0000
X Initial Point	2666195.0232
Y Initial Point	4557032.2344
X Final Point	2666370.1187
Y Final Point	4556985.8246
Initial Azimuth	0.6066
Final Azimuth	5.8022
VERIFICATIONS	
$A \geq \text{rad}q[(Vp^3 - gVR(Pt_f - Pt_i))/c]$	130.1000 \geq 126.1000
$A \geq \text{rad}q(R/\text{dimax} * B^* Pt_i - Pt_f * 100)$	130.1000 \geq 44.1000
$A \geq R/3$	130.1000 \geq 15.3000
$A \leq R$	130.1000 \leq 46.0000
$Ae/A \geq 2/3$	0.3500 \geq 0.6700
$Ae/A \leq 3/2$	0.3500 \leq 1.5000
$A \geq A_{\text{min}} \text{ complessiva}$	130.1000 \geq 126.1000
$A \leq A_{\text{max}} \text{ complessiva}$	130.1000 \leq 46.0000

Critério ottico non rispettato in quanto il fattore di scala dell'iperclotoide è maggiore di R. In tali casi, quando $A > R$, lo sviluppo della clotoide è maggiore del raggio della curva per cui l'utente ha difficoltà a percepire la curva a raggio costante, nel passaggio dall'elemento a curvatura variabile all'elemento a curvatura costante di raggio R.

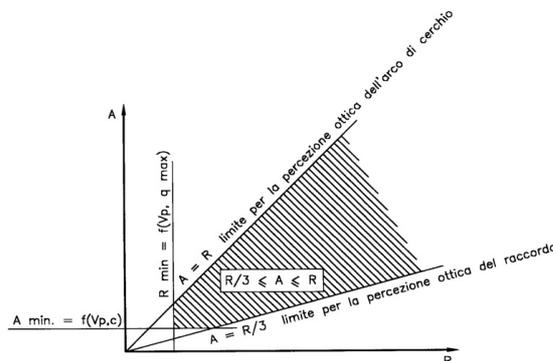


Figura 15: campo di percezione della clotoide e del cerchio

Nel presente caso, il tronco di rampa è percorso a senso unico, per cui l'utente percorrerà prima l'elemento a curvatura costante di raggio R e successivamente l'elemento a curvatura variabile caratterizzato dal $A > R$, per cui non si pone la problematica sopra esposta di percezione della curva R.

5.3.2 Verifica altimetrica

Per quanto riguarda le verifiche altimetriche delle rampe relative alla pendenze massime delle livellette e al valore minimo dei raccordi verticali, si è fatto riferimento ai valori previsti dal D.M.19.04.2006 in funzione della velocità di progetto assegnata alle rampe:

Velocità di progetto	(Km/h)	40	50
Pendenza max in salita	(m)	7	7
Pendenza max in discesa	(%)	8	8
Raggi minimi verticali convessi	(%)	1000	1500
Raggi minimi verticali concavi	(m)	500	750

Si riportano di seguito i valori di output estratti dal sw in merito alle verifiche altimetriche:

Raccordi Profilo Longitudinale

Polilinea
Layer: PROGETTO
 Mantieni Originale

Limiti Cartiglio Rampa Semidiretta
Prog. iniziale: 0.000000
Prog. finale: 284.416202
Quota rif.: 30.000000
Quota max.: 66.000000

Verifica
Diagramma Veloci: Presente
Tipo Profilo: Stradale

N	Progressiv	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esit	Verifich
0	0.0000	40.6941	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	●	...
1	24.4363	41.0303	24.4363	12.5372	1.3757	0.3362	24.4386	12.5384	●	...
2	83.0044	40.9069	58.5682	37.2203	-0.2108	-0.1235	58.5683	37.2204	●	...
3	261.0370	41.6530	178.0326	164.7749	0.4191	0.7462	178.0341	164.7763	●	...
4	279.4100	41.8000	18.3730	14.5641	0.8000	0.1470	18.3736	14.5646	●	...

N	Tipo	Raggio Vert	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Inizial	Prog. Final	Parziale Ra	Sorp/D	Vp (km/h)	Diag. V	Raggio Min	Esit	Verifich
1	Parabolico	1500.0000	-1.5865	23.7988	12.5372	36.3353	23.7981	□	50.0000	✓	321.5021	●	...
2	Parabolico	3000.0000	0.6299	18.8976	73.5556	92.4532	18.8976	□	50.0000	✓	321.5021	●	...
3	Parabolico	2000.0000	0.3809	7.6179	257.2281	264.8459	7.6177	□	50.0000	✓	321.5021	●	...

Figura 16: rampa di uscita semidiretta-verifiche altimetriche

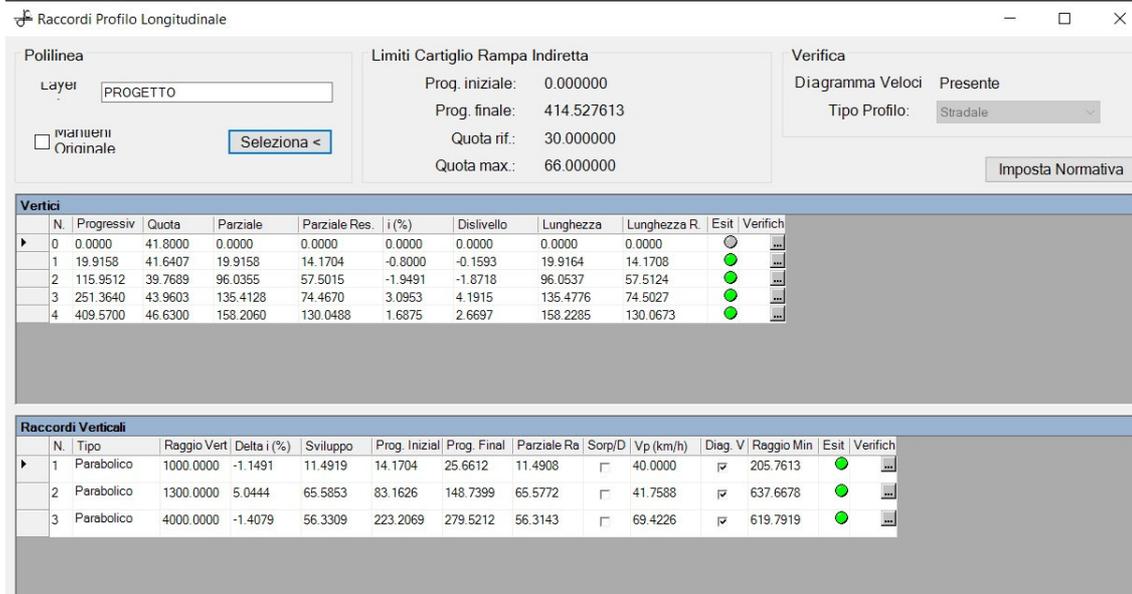


Figura 17: rampa di ingresso a cappio-verifiche altimetriche

6 ALLARGAMENTI DELLA CARREGGIATA PER ISCRIZIONE DEI VEICOLI IN CURVA

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

$$E=45/R$$

dove R [m] è il raggio esterno della corsia (per $R > 40$ m si può assumere, nel caso di strade ad unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata). Se il valore $E=45/R$ è inferiore a 20 cm, le corsie conservano le larghezze che hanno in rettilineo avendosi un allargamento effettivo $E_{\text{effettivo}}=0$, se il valore $E=45/R$ è maggiore o uguale a 20 cm, l'allargamento effettivo è $E_{\text{effettivo}}=E$.

Il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

Nel caso in oggetto, trattandosi di rampe monodirezionali, nei tratti in curva è stato inserito un allargamento della corsia per iscrizione, ridotto alla metà. Si riportano di seguito i valori degli allargamenti estratti dal sw:

Chain [m]	Widen. 1 Lt O [m]	Widen. 1 Lt I [m]	Widen. 0 Lt O [m]	Widen. 0 Lt I [m]	Widen. 0 Rt I [m]	Widen. 0 Rt O [m]	Widen. 1 Rt I [m]	Widen. 1 Rt O [m]
-7.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57.766	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
88.894	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
119.030	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
134.030	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
163.358	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
219.578	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
263.906	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
278.412	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 18: Allargamenti rampa di uscita semidiretta

Chain [m]	Widen. 1 Lt O [m]	Widen. 1 Lt I [m]	Widen. 0 Lt O [m]	Widen. 0 Lt I [m]	Widen. 0 Rt I [m]	Widen. 0 Rt O [m]	Widen. 1 Rt I [m]	Widen. 1 Rt O [m]
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67.566	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00
132.925	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00
337.026	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
409.528	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 19: Allargamenti rampa di ingresso a cappio

7 VERIFICA DISTANZE DI VISUALE LIBERA

L'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione; per distanza di visuale libere si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Per le distanze di visuale libera per l'arresto sono state calcolate secondo i criteri previsti dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (D.M. n.6792 del 05/11/2001) adottando un'altezza dell'occhio del guidatore (PdV) a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo (PdM) dal piano viabile di 0.10 m.

L'adozione delle barriere di sicurezza, pur aumentando intrinsecamente il livello di sicurezza della strada, costituisce di fatto, un ostacolo alla visuale nelle curve destrorse; per tale motivo si è reso necessario analizzare le condizioni di visibilità lungo l'intero tracciato, considerando come continua la presenza delle barriere di sicurezza a margine. Inoltre all'interno delle verifiche condotte è stato considerato il contributo positivo dato dagli ampliamenti della carreggiata previsti dal capitolo precedente.

La distanza di visibilità per l'arresto è stata calcolata in base a quanto riportato dalle stesse norme, valutando la distanza in funzione della velocità di progetto e della pendenza longitudinale, secondo la seguente espressione:

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

dove:

- D₁ = spazio percorso nel tempo
- D₂ = spazio di frenatura
- V₀ = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V₁ = velocità finale del veicolo, in cui V₁ = 0 in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

- t = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s²]
- R_a = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]
- Per f_l si sono adottati i valori riportati nella tabella seguente.
- Tali valori sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm):

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f_l Autostrade	-	-	-	0,44	0,4	0,36	0,34
f_l Altre strade	0,45	0,43	0,35	0,3	0,25	0,21	-

- Per il tempo complessivo di reazione si assumono valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h, in considerazione dell'attenzione più concentrata alle alte velocità.

Per la corsia di uscita, affinché la presenza della barriera di sicurezza non ostacoli la visibilità, pari alla distanza di arresto, è stato necessario inserire allargamenti in curva. Tale analisi è stata eseguita in diversi punti lungo lo sviluppo dei 96 m di lunghezza, ma particolare importanza riveste il punto iniziale, ingresso nel tronco complanare, dove la lunghezza di visibilità è massima ($v=84$ km/h, velocità raggiunta dopo aver percorso metà del tronco di manovra) e pari a circa 119 m. Dalla verifica soprariportata è stato necessario prevedere un allargamento della banchina, lungo la clotoide di transizione interposta tra il tronco complanare e l'elemento rampa.

Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico della rampa di uscita:

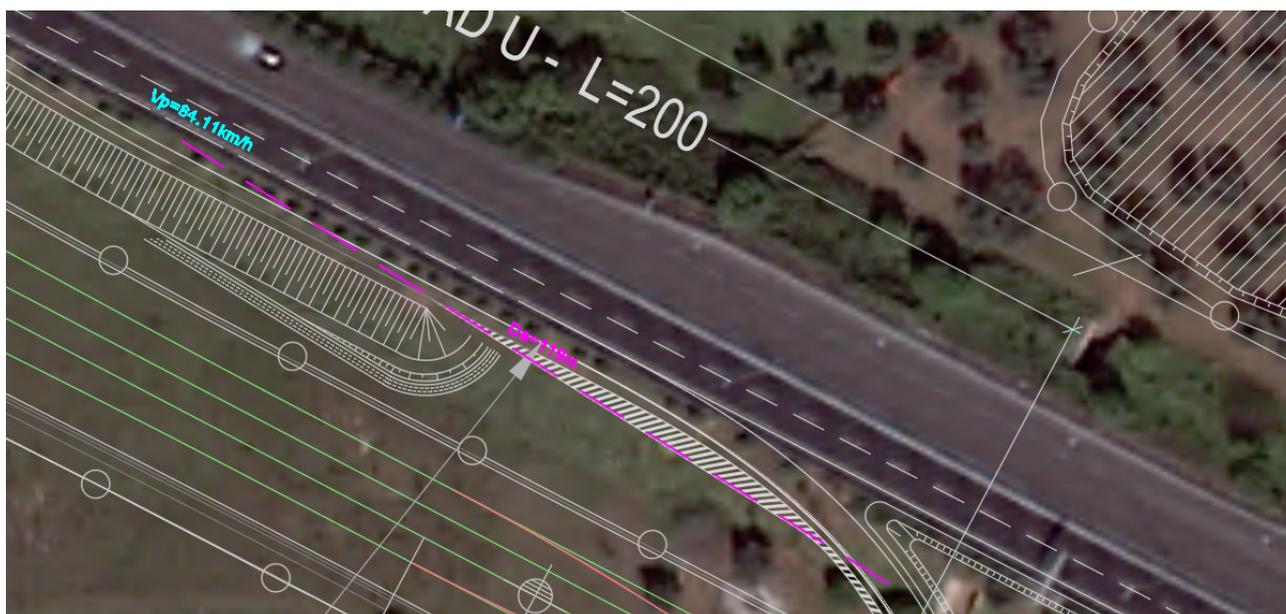


Figura 20: Allargamento della banchina nella rampa di uscita

Allargamento massimo puntuale della banchina lungo il tratto in clotoide stimato: 2.95m

Per quanto riguarda l'analisi di visibilità eseguite sugli elementi rampe si è fatto riferimento alla distanza minima di visibilità prevista dal D.M.19.04.2006 in funzione della velocità di progetto assegnata alle rampe:

Velocità di progetto	(km/h)	40	60
Distanza minima di visuale libera	(m)	35	50

Nel presente caso, pur avendo adottato ampi raggi e modesti allargamenti in curva per iscrizione, è stato necessario provvedere ad ampliare la larghezza delle banchine sugli elementi rampe.