



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Orientale
Porti di Trieste e Monfalcone

PROGETTO AdSP n. 1951

Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste

CUP: C94E21000460001

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Fascicolo A– intervento PNC da autorizzare

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:		
arch. Gerardo Nappa	AdSP MAO	Responsabile dell'integrazione e Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione
arch. Sofia Dal Piva	AdSP MAO	Progettazione generale
arch. Stefano Semenic	AdSP MAO	Progettazione generale
ing. Roberto Leoni	BITECNO S.r.l.	Sistema di trazione elettrica ferroviaria
ing. Saturno Minnucci	MINNUCCI ASSOCIATI S.r.l.	Impianti speciali e segnalamenti ferroviari
ing. Dario Fedrigo	ALPE ENGINEERING S.r.l.	Progettazione strutturale oo.cc. ferrovia e strade
ing. Andrea Guidolin p.i. Furio Benci	SQS S.r.l.	Progettazione della sicurezza
ing. Sara Agnoletto	HMR Ambiente S.r.l.	Progettazione MISP e cassa di colmata
p.i. Trivellato, dott. G. Malvasi, dott. S. Bartolomei	p.i. Antonio Trivellato d.i.	Modellazione rumore, atmosfera, vibrazioni
dott. Gabriele Cailotto ing. Anca Tamasan	NEXTECO S.r.l.	Studio di impatto ambientale e piano di monitoraggio ambientale
ing. Sebastiano Cristoforetti	CRISCON S.r.l.s.	Relazione di sostenibilità
ing. Tommaso Tassi	F&M Ingegneria S.p.A.	Progettazione degli edifici pubblici nel contesto dell'ex area "a caldo"
ing. Michele Titton	ITS s.r.l.	Connessione stradale alla GVT
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: ing. Paolo Crescenzi		

NOME FILE: 3STR_P_R_T-VIA_2AT_001_02_02	SCALA: ---
TITOLO ELABORATO: Relazione tecnica stradale	ELABORATO: 3STR_P_R_T-VIA_2AT_001_02_02 <u>REVISIONE</u>

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	01/02/2023	Definitivo	M. Titton	S. Dal Piva	G.Nappa
01	30/06/2023	Recepimento osservazioni CSLLPP	M. Titton	S. Dal Piva	G.Nappa
02	01/02/2024	Recepimento prescrizioni VIA	M. Titton	S. Dal Piva	G.Nappa

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 1 di 72</p>
---	--	---------------------

	1	PREMESSA	6
	2	MOTIVAZIONE DELLA SCELTA PROGETTUALE	7
<u>Sommario</u>	3	ANALISI DEL TRAFFICO VEICOLARE	9
		VOLUMI SULLA S.S. 202 "TRIESTINA"	9
		VOLUMI AGGIUNTIVI PREVISTI IN INGRESSO AL NUOVO TERMINAL	9
3.1	4	RIFERIMENTI NORMATIVI E TIPOLOGIA DI PIATTAFORMA	10
3.2	5	ANDAMENTO PLANIMETRICO	12
		RAMPA DIRETTA IN ENTRATA SUD ALLA S.S. 202 "TRIESTINA"	12
5.1		<i>Tracciamento planimetrico dell'asse</i>	12
	5.1.1		
	5.1.2	<i>Verifiche planimetriche</i>	13
	5.1.3	<i>Diagramma delle velocità</i>	22
	5.1.4	<i>Pendenze trasversali</i>	23
	5.1.5		
5.2		<i>Allargamenti geometrici</i>	25
	5.2.1	RAMPA SEMIDIRETTA IN USCITA SUD DALLA S.S. 202 "TRIESTINA"	25
	5.2.2		
	5.2.3	<i>Tracciamento planimetrico dell'asse</i>	25
	5.2.4	<i>Verifiche planimetriche</i>	27
	5.2.5	<i>Diagramma delle velocità</i>	28
5.3			
	5.3.1	<i>Pendenze trasversali</i>	28
	5.3.2	<i>Allargamenti geometrici</i>	29
	5.3.3		
		RAMPA TERMINAL	30
5.4		<i>Tracciamento planimetrico dell'asse</i>	30
		<i>Verifiche planimetriche</i>	31
		<i>Pendenze trasversali</i>	31
		INGRESSO ALL'AREA ARVEDI	31

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 2 di 72</p>
---	--	---------------------

	<i>Tracciamento planimetrico dell'asse</i>	31
	<i>Verifiche planimetriche</i>	33
	<i>Pendenze trasversali</i>	33
5.4.1	1.1.1 <i>Visibilità intersezione</i>	33
5.4.2	1.1.2 <i>Inscrivibilità mezzi pesanti</i>	35
5.4.3		
	SVINCOLO IN DIREZIONE DELL'AREA ARVEDI	36
	<i>Tracciamento planimetrico dell'asse</i>	36
5.5	<i>Verifiche planimetriche</i>	37
5.5.1		
5.5.2	<i>Pendenze trasversali</i>	38
5.5.3		
6	ANDAMENTO ALTIMETRICO	39
6.1	RAMPA DIRETTA IN ENTRATA SUD ALLA S.S. 202 "TRIESTINA"	39
6.1.1	<i>Tracciamento altimetrico dell'asse</i>	39
6.1.2	<i>Verifiche altimetriche</i>	40
6.2	RAMPA SEMIDIRETTA IN USCITA SUD DALLA S.S. 202 "TRIESTINA"	42
6.2.1		
6.2.2	<i>Tracciamento altimetrico dell'asse</i>	42
6.3	<i>Verifiche altimetriche</i>	44
6.3.1		
6.3.2	INGRESSO AL TERMINAL	45
6.4	<i>Tracciamento altimetrico dell'asse</i>	45
6.4.1	<i>Verifiche altimetriche</i>	47
6.4.2		
6.5	INGRESSO ALL'AREA ARVEDI	47
6.5.1	<i>Tracciamento altimetrico dell'asse</i>	47
	<i>Verifiche altimetriche</i>	49
	SVINCOLO IN DIREZIONE DELL'AREA ARVEDI	49
	<i>Tracciamento altimetrico dell'asse</i>	49
7	VERIFICA DI VISIBILITÀ PLANO-ALTIMETRICA	52

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 3 di 72</p>
---	--	---------------------

RAMPA DIRETTA IN ENTRATA SUD ALLA S.S. 202 "TRIESTINA"	53
RAMPA SEMIDIRETTA IN USCITA SUD DALLA S.S. 202 "TRIESTINA"	53
8 PAVIMENTAZIONE STRADALE	55
7.1.9 DISPOSITIVI DI RITENUTA	60
7.2	
SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI DISPOSITIVI	60
INSERIMENTO DEI DISPOSITIVI NEL CONTESTO	63
9.1 10 SEGNALETICA	65
9.2	
SEGNALETICA VERTICALE	65
10.1	
SEGNALETICA ORIZZONTALE	69
10.2	

Sommario figure

Figura 1: Inquadramento generale dell'opera oggetto d'intervento.....	6
Figura 2: Aree a disposizione per l'intervento	7
Figura 3: Inquadramento complessivo area	8
Figura 4: Estratto della Tabella 9 del D.M. 19.04.2006	10
Figura 5: Inquadramento intervento.....	12
Figura 6: Andamento planimetrico dell'asse stradale - Rampa diretta in entrata sud.....	13
Figura 7: Elementi planimetrici - Rampa diretta in entrata sud	13
Figura 8: Tabella lunghezza minima rettifili	14
Figura 9: Abaco del rapporto tra curve consecutive	14
Figura 10: Verifiche planimetriche - Rampa diretta in entrata sud.....	16
Figura 11: Geometria generica di una rampa	17
Figura 12: Tabella di dimensionamento del tronco di attacco	20
Figura 18: Diagramma delle velocità - Rampa diretta in entrata sud	22
Figura 19: Coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente in funzione della velocità	23
Figura 20: Andamento delle sopraelevazioni - Rampa diretta in entrata sud.....	24
Figura 21: Andamento degli allargamenti geometrici - Rampa diretta in entrata sud.....	25
Figura 22: Andamento planimetrico dell'asse stradale - Rampa semidiretta in uscita sud	26
Figura 23: Elementi planimetrici - Rampa semidiretta in uscita sud.....	26

	<p style="text-align: center;">Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica stradale</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 4 di 72</p>
---	--	--

Figura 24: Verifiche planimetriche - Rampa semidiretta in uscita sud	27
Figura 25: Diagramma delle velocità - Rampa semidiretta in uscita sud.....	28
Figura 26: Andamento sopraelevazioni - Rampa semidiretta in uscita sud.....	29
Figura 27: Andamento degli allargamenti geometrici - Rampa semidiretta in uscita sud ..	29
Figura 28: Andamento planimetrico dell'asse stradale – Rampa terminal	30
Figura 29: Elementi planimetrici – Rampa terminal.....	30
Figura 30: Andamento delle sopraelevazioni – Rampa terminal	31
Figura 31: Andamento dell'asse stradale - Ingresso all'area ARVEDI	32
Figura 32: Elementi planimetrici - Ingresso all'area ARVEDI.....	32
Figura 33: Andamento delle sopraelevazioni - Ingresso all'area ARVEDI	33
Figura 34: Schema dei triangoli di visibilità per l'intersezione regolata da stop.	34
Figura 35: Verifica della distanza di visibilità mediante i triangoli di visibilità.	34
Figura 36: Verifica di visibilità plano-altimetrica in corrispondenza dello stop.....	35
Figura 37: Verifica di inscrivibilità per la rampa in uscita dalla S.S. n. 202.	36
Figura 38: Verifiche di inscrivibilità per la rampa in entrata alla S.S. n. 202.	36
Figura 39: Andamento planimetrico dell'asse stradale - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI	37
Figura 40: Elementi planimetrici - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI	37
Figura 41: Andamento delle sopraelevazioni - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI	38
Figura 42: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa diretta in entrata sud	39
Figura 43: Elementi altimetrici - Rampa diretta in entrata sud.....	40
Figura 44: Verifica elementi altimetrici - Rampa diretta in entrata sud.....	42
Figura 45: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa semidiretta in uscita sud...	43
Figura 46: Elementi altimetrici - Rampa semidiretta in uscita sud	44
Figura 47: Verifica elementi altimetrici - Rampa semidiretta in uscita sud	45
Figura 48: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa di accesso al Terminal	46
Figura 49: Elementi altimetrici - Rampa di ingresso al Terminal.....	47
Figura 50: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa di ingresso all'area ARVEDI	48
Figura 51: Elementi altimetrici - Rampa di ingresso all'area ARVEDI	49
Figura 52: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa di svincolo per l'area ARVEDI	50
Figura 53: Elementi altimetrici - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI	51
Figura 54: Allargamenti per la visibilità plano-altimetrica per l'arresto - Rampa diretta in entrata sud	53

	<p style="text-align: center;">Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica stradale</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 5 di 72</p>
---	--	--

Figura 55: Verifica di visibilità per l'arresto - Rampa diretta in entrata sud	53
Figura 56: Allargamenti per la visibilità plano-altimetrica per l'arresto - Rampa semidiretta in uscita sud	54
Figura 57: Verifica di visibilità per l'arresto - Rampa semidiretta in uscita sud	54
Figura 58: Spettro di traffico per una strada di categoria A	56
Figura 59: Coefficienti di equivalenza di carico per asse	56
Figura 60: Tabella riassuntiva per il calcolo dei carichi per asse	56
Figura 61: Grado di affidabilità	57
Figura 62: Valori di a in funzione del materiale	58
Figura 63: Individuazione del tipo di traffico	60
Figura 64: Scelta della classe minima di contenimento	61
Figura 65: Livelli di severità dell'urto	61
Figura 66: Larghezza operativa normalizzata	62
Figura 67: Schemi per la misura dei parametri geometrici	62
Figura 68: Classe d'intrusione normalizzata	63



1 PREMESSA

Il presente progetto PFTE (Progetto di Fattibilità Tecnico Economica) inerente al Nuovo svincolo stradale di connessione alla GVT (Grande Viabilità triestina) prevede venga realizzata, a collegamento della nuova area del Terminal, un'intersezione a livelli sfalsati con l'istituzione di due rampe in direzione Muggia; tale tipologia di intersezione permette di non ridurre il livello di servizio della strada principale in quanto le rampe non interferiscono direttamente con il deflusso dei veicoli.



Figura 1: Inquadramento generale dell'opera oggetto d'intervento

A completamento dell'opera di collegamento, viene prevista la realizzazione di una rampa di innesto al terminal dal punto di convergenza delle rampe al disopra del nuovo fascio di binari, ed una viabilità di collegamento all'area ARVEDI.

Il presente documento rappresenta la *Relazione tecnica stradale* del progetto.



2 MOTIVAZIONE DELLA SCELTA PROGETTUALE

La scelta della presente soluzione progettuale è stata dettata da diverse condizioni al contorno che hanno vincolato ed indirizzato i progettisti verso tale tipologia di infrastruttura.

In particolare, l'area a disposizione per la realizzazione dell'intervento, compresa di tutti gli espropri applicabili, è stata definita a priori in fase decisionale da parte degli enti preposti; l'area qui citata viene riportata nell'immagine seguente.



Figura 2: Aree a disposizione per l'intervento

Più in generale, anche se fosse stato possibile definire una localizzazione differente per il nuovo nodo, analizzando l'area del portuale di Trieste, fortemente urbanizzata, non sarebbe stato possibile riconoscere una zona differente per garantire un collegamento del nuovo Punto Franco con la GVT.



Figura 3: Inquadramento complessivo area

Da un punto di vista paesaggistico, ovvero di impatto ambientale della nuova opera in oggetto, al fine di non compromettere eccessivamente la veduta sia da terra, che da mare, della collina di Servola, è stato necessario contenere e minimizzare la progettazione in elevazione di tutte le opere infrastrutturali per permettere all'area interna del nuovo Terminal di innestarsi con la S.S. 202 "Triestina".

Inoltre, come riportato più volte nei seguenti paragrafi, in fase preliminare, a seguito di diversi incontri con gli enti di riferimento, la conformazione dell'intersezione a livelli sfalsati con due rampe è stata definita concordando tutti i pareri.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 9 di 72</p>
---	--	---------------------

3 ANALISI DEL TRAFFICO VEICOLARE

Volumi sulla S.S. 202 "Triestina"

Ai fini della valutazione del traffico transitante sulla S.S. 202 "Triestina" si è fatto riferimento ai dati rilevati da Anas Spa nel corso del 2023, ed i rilevamenti effettuati nel dicembre 2023 per la redazione del presente progetto e riportati nella relazione specifica.

3.1

Analizzando i dati storici e quelli recentemente effettuati, e proiettandoli al 2040 con opportuni incrementi percentuali, è stato possibile ricavare i seguenti valori utili alla progettazione stradale:

- TGM (Traffico Giornaliero Medio) sulla GVT: 28.625 veic./giorno;
- Flusso nell'ora di punta sulla GVT: 3.184 veic./h;
- Percentuale di mezzi pesanti sulla GVT: 15%;

3.2 Volumi aggiuntivi previsti in ingresso al nuovo Terminal

A seguito della realizzazione del nuovo Terminal si prevede, al 2040, che su gomma transitino 1.089 tir/giorno (545 in ingresso e 545 in uscita), con l'aggiunta di 741 auto/giorno (371 in ingresso e 371 in uscita); ai fini del dimensionamento è possibile ottenere un valore complessivo di 1.830 veic/giorno, che sulle 8 ore lavorative (considerazione cautelativa) diventano 229 veic/h (115 in ingresso e 115 in uscita).

Dei valori esposti è possibile suddividere il 25% proveniente dal centro di Trieste ed il restante flusso in arrivo dal confine di Stato; ai fini del dimensionamento, sempre in maniera cautelativa, verranno considerati tali valori come aggiuntivi rispetto all'attuale flusso transitante sulla S.S. 202.

I valori così determinati, con riferimento alle rampe di collegamento al nuovo Terminal, sono:

- TGM sulla rampa di ingresso al Terminal: 1.830 veic./giorno;
- TGM sulle rampe in direzione Muggia (75% del Terminal suddiviso su 2 rampe): 687 veic./giorno;
- Percentuale di mezzi pesanti sulle rampe: 54%.

4 RIFERIMENTI NORMATIVI E TIPOLOGIA DI PIATTAFORMA

Come da prassi nella progettazione stradale, le normative di riferimento sono:

- *D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";*
- *D.M. 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".*

La tipologia di piattaforma utilizzata per il dimensionamento delle rampe di collegamento con la GVT è quella indicata dal *D.M. 19.04.2006* alla Tabella 9 per rampe monodirezionali; poiché una strada di categoria B "extraurbane principali", com'è classificata la S.S. 202 "Triestina", non è presente nella distinzione del *D.M. 2006*, è stata presa in considerazione, come tipologia di strada principale, la categoria D "urbane di scorrimento".

Strade urbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di uscita e di immissione	A	3,75	2,50	-
	D	3,25	1,00	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4,00	1,00	1,00
		2 corsie: 2 x 3,50		
	D	1 corsia: 4,00	1,00	1,00
		2 corsie: 2 x 3,50		
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3,50	1,00	-
	D	1 corsia: 3,50	1,00	-

Figura 4: Estratto della Tabella 9 del *D.M. 19.04.2006*

Le caratteristiche principali sono le seguenti:

- larghezza corsia: 4 m;
- larghezza banchine: 1 m;
- range delle velocità di progetto:
 - o rampe dirette e semidirette: 40-60 km/h;
 - o rampe indirette: 30-60 km/h.

Con riferimento alla velocità di progetto si hanno ulteriori limiti per le caratteristiche plano altimetriche:

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 11 di 72</p>
---	--	----------------------

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		5		
Pendenza max in discesa	(%)	10	8		6		
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

A loro volta le rampe dovranno essere verificate secondo i criteri imposti dal *D.M. 05.11.2001*.

Le piattaforme utilizzate per la progettazione della viabilità di collegamento nell'area interna del nuovo Terminal, poiché devono soddisfare specifiche caratteristiche in funzione della particolarità dell'intervento, non seguono le indicazioni normative:

- Viabilità di accesso al terminal: presenta larghezza di piattaforma variabile a più corsie per senso di marcia per permettere l'accumulo al gate;
- Viabilità di accesso all'area ARVEDI:
 - o numero delle corsie per senso di marcia: 1;
 - o larghezza corsie: 3,5 m;
 - o larghezza banchine: 1 m.



5 ANDAMENTO PLANIMETRICO

La progettazione è stata caratterizzata dalla realizzazione del nuovo svincolo stradale di connessione alla GVT (Grande Viabilità Triestina), ovvero delle due rampe di collegamento alla S.S. 202 "Triestina" in direzione Muggia, e dalla viabilità di accesso al terminal ed all'area ARVEDI dove convergono i rami sopracitati.

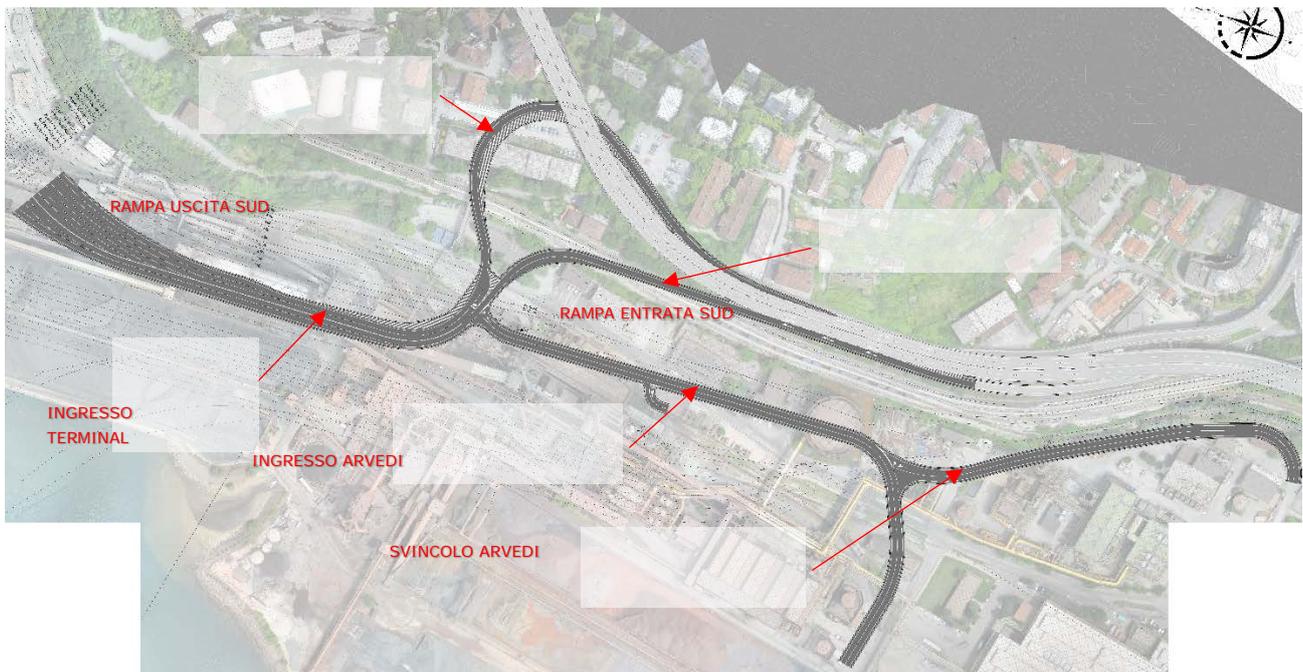


Figura 5: Inquadramento intervento

5.1

5.1.1

Rampa diretta in entrata sud alla S.S. 202 "Triestina"

Tracciamento planimetrico dell'asse

La lunghezza di intervento per la realizzazione della rampa diretta in entrata sud alla S.S. 202 "Triestina" risulta essere di 415,41 m; considerando la progressiva iniziale 0+000,00 in corrispondenza dello stacco dalla biforcazione con la rampa indiretta in entrata nord, il tracciato è composto da una curva a destra ed un lungo rettilineo che si affianca all'attuale strada statale.

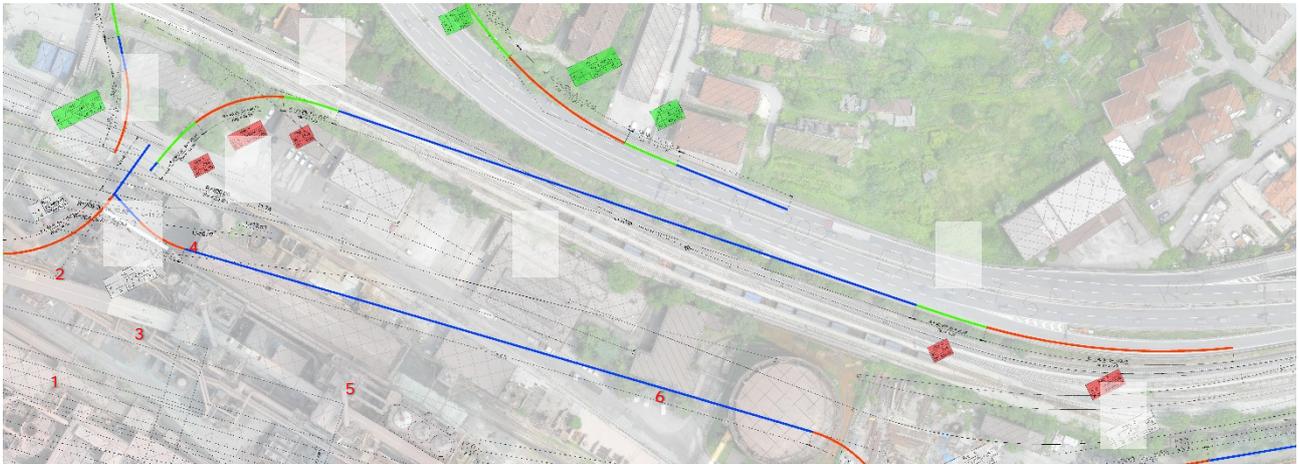


Figura 6: Andamento planimetrico dell'asse stradale - Rampa diretta in entrata sud

Gli elementi che vanno a costituire la planimetria di tracciamento della rampa diretta in entrata sud vengono riportati nella tabella seguente:

N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0+000,00	3,80 m				
2	Clotoide	0+003,80	20,31 m		72,34 g	86,70 g	30,230
3	Raccordo	0+024,11	34,11 m	45,00 m	86,70 g	134,96 g	
4	Clotoide	0+058,23	20,31 m		134,96 g	149,33 g	30,230
5	Rettifilo	0+078,53	220,49 m				
6	Clotoide	0+299,02	26,67 m		149,33 g	145,79 g	80,000
7	Raccordo	0+325,69	89,72 m	240,00 m	145,79 g	121,99 g	

5.1.2

Figura 7: Elementi planimetrici - Rampa diretta in entrata sud

Verifiche planimetriche

Nella redazione del progetto sono state rispettate tutte le prescrizioni riportate nel già citato D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Per maggior chiarezza vengono riportate le principali verifiche che sono state effettuate:

- Rettifili:

Per quanto riguarda la lunghezza massima si utilizza la seguente relazione:

$$L_{max} = 22 * v_{p,max}$$

mentre con riferimento alla lunghezza minima, un rettifilo, per poter essere percepito dall'utente in quanto tale, si considera la velocità massima desunta dal diagramma delle velocità corrispondente:



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

Figura 8: Tabella lunghezza minima rettifili

– Curve circolari:

Lo sviluppo minimo della curva circolare, per essere correttamente percepita, viene dedotto dalla seguente relazione:

$$S_{min} = 2.5 * v_{p,max}$$

dove $v_{p,max}$ è intesa come la velocità di progetto della curva ricavata dagli abachi corrispondenti.

I rapporti tra i raggi R_1 e R_2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato di strade di tipo A, B, C, D, e F extraurbane, sono regolati dall'abaco sotto riportato:

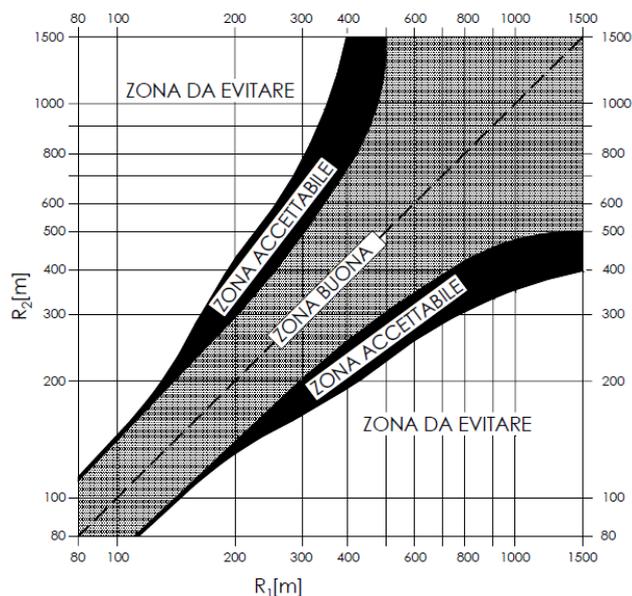


Figura 9: Abaco del rapporto tra curve consecutive

Il rapporto tra il rettilo di lunghezza L_R , ed il raggio più piccolo fra quello delle due curve collegate al rettilo stesso deve essere:

- o $R > L_R$ per $L_R < 300m$;
- o $R \geq 400m$ per $L_R \geq 300m$.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 15 di 72</p>
---	--	----------------------

Invece per quanto riguarda il raggio minimo per una strada extraurbana secondaria di tipo C2, come detto in precedenza, deve essere di 118 m.

– Clotoidi:

La clotoide è data dalla relazione $r * s = A^2$ dove il valore di A deve rispettare:

- o Criterio dinamico (limitazione del contraccolpo): al fine di ottenere una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo, deve essere verificata la relazione:

$$A \geq 0.021 * v^2;$$

- o Criterio costruttivo (sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata): nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata presenta differenti assetti trasversali, che vanno raccordati longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione; nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore finito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

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

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

- o criterio estetico e funzionale (ottico): per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione:

$$A \geq \frac{R}{3}$$

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

$$A \leq R$$

- o Nel caso di flesso è possibile inserire un rettilineo di lunghezza non superiore a:

$$L = \frac{A_1 + A_2}{12,5}$$

Le verifiche eseguite mediante il software di progettazione Roads, della casa SierraSoft, sono riportate nell'immagine seguente, dove il segnale verde sta ad indicare che tutte le verifiche sono state soddisfatte:

✓ 1 Clotoide - N. 1		Parametro A: 30,230	Lunghezza: 20,31 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Parametro A massimo da criterio ottico			30,230	45,00	
●	Parametro A minimo da criterio ottico			30,230	15,00	
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula esatta			30,230	30,22	40,00 km/h
●	Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			30,230	21,21	40,00 km/h
●	Rapporto parametri A da criterio ottico			1,000	0,667	

✓ 2 Raccordo - N. 1		Raggio: 45,00 m	Lunghezza: 34,11 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Raggio planimetrico minimo			45,00 m	45,00 m	39,99 km/h

✓ 3 Clotoide - N. 2		Parametro A: 30,230	Lunghezza: 20,31 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Parametro A massimo da criterio ottico			30,230	45,00	
●	Parametro A minimo da criterio ottico			30,230	15,00	
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula esatta			30,230	30,22	40,00 km/h
●	Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			30,230	21,21	40,00 km/h

✓ 4 Clotoide - N. 3		Parametro A: 80,000	Lunghezza: 26,67 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Parametro A massimo da criterio ottico			80,000	240,00	
●	Parametro A minimo da criterio ottico			80,000	80,00	
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula approssimata			80,000	75,60	60,00 km/h
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula esatta			80,000	47,60	60,00 km/h
●	Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			80,000	74,55	60,00 km/h

✓ 5 Raccordo - N. 2		Raggio: 240,00 m	Lunghezza: 89,72 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Raggio planimetrico minimo			240,00 m	120,00 m	60,00 km/h

Figura 10: Verifiche planimetriche - Rampa diretta in entrata sud

Ogni rampa, dal punto di vista progettuale ed esclusivamente planimetrico, viene suddivisa in una serie di tronchi che si differenziano sulla base del metodo di dimensionamento, che sia geometrico, cinematico o funzionale, andando ad individuare il seguente schema:

- Tronco di stacco: criterio geometrico più criterio cinematico;
- Tronco intermedio di decelerazione: criterio cinematico;
- Tronco a curvatura costante: criterio ottico;
- Tronco intermedio di accelerazione: criterio cinematico;
- Tronco di attacco: criterio funzionale;
- Tronco finale di raccordo: criterio geometrico.

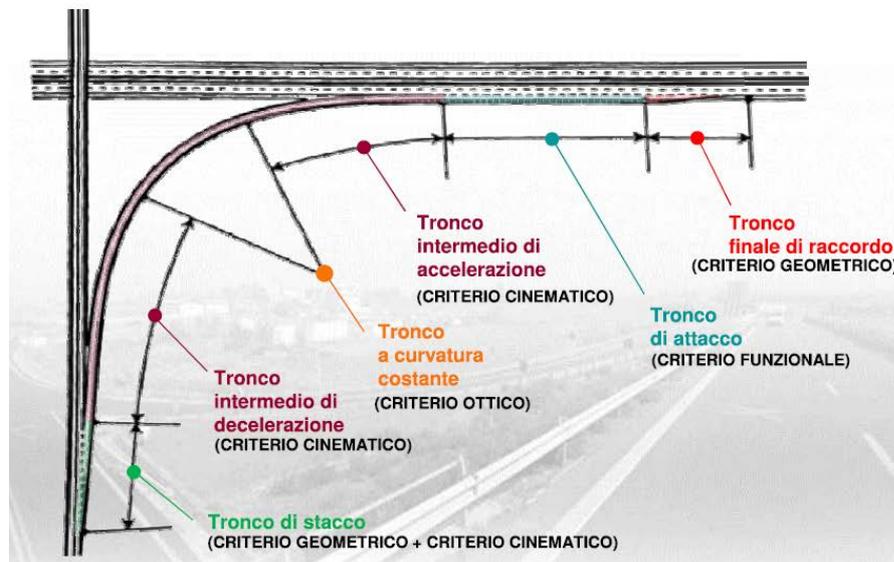


Figura 11: Geometria generica di una rampa

– Tronco di stacco:

Il tronco di stacco viene suddiviso a sua volta in due tratte che vengono dimensionate diversamente, ovvero una tratta di raccordo con il criterio geometrico ed un tratto di diversione con il criterio cinematico.



La lunghezza totale del tratto di raccordo viene ricavata da valori tabellari a seconda della velocità di progetto in uscita dalla strada principale, mentre il raggio dei tratti curvilinei viene calcolato con la formula:

$$R = \frac{2 L_{v,u}^2}{9 d}$$

dove d è la larghezza della corsia di uscita in metri.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 18 di 72</p>
---	--	----------------------

V. PROG.	$L_{v,u}$
40 km/h	20 m
60 km/h	40 m
80 km/h	60 m
100 km/h	75 m
120 km/h	90 m

Per quanto riguarda il tratto di diversione, questo deve essere dimensionato con l'obiettivo di consentire l'efficiente smaltimento dei flussi senza significative riduzioni di velocità, ovvero analizzando lo spazio necessario per la decelerazione:

$$L_{i,u} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26d_c} - \frac{1}{2}L_{v,u}$$

con:

- o V_1 [km/h]: velocità di progetto del flusso in svolta;
- o V_2 [km/h]: velocità di progetto all'inizio del tratto di decelerazione;
- o d_c [m/s²]: decelerazione (2 m/s²);
- o $L_{v,u}$ [m]: lunghezza del tratto di raccordo.

– Tronco intermedio di decelerazione:

Il tronco intermedio di decelerazione viene dimensionato con il criterio cinematico analizzando lo spazio necessario per la decelerazione:

$$L_{D,(s)} = \frac{V_1'^2 - V_2^2}{26d_c}$$

con:

- o V_1' [km/h]: velocità di progetto all'inizio del tronco intermedio di decelerazione;
- o V_2 [km/h]: velocità di progetto all'inizio del tronco a curvatura costante;
- o d_c [m/s²]: decelerazione (2 m/s²).

– Tronco a curvatura costante:

Il tronco a curvatura costante viene dimensionato con il criterio geometrico analizzando che la corretta percezione di una curva circolare si realizza con sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi, con riferimento alla velocità di progetto della curva:

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 19 di 72</p>
---	--	----------------------

$$L_{c,min} = \frac{2,5V_2}{3,6}$$

con:

- o V_2 [km/h]: velocità di progetto del tratto a curvatura costante della rampa.

– Tronco intermedio di accelerazione:

Il tronco intermedio di accelerazione viene dimensionato con il criterio cinematico analizzando l'accelerazione dei veicoli in funzione della velocità di progetto lungo il tronco di attesa:

$$L_{A,(E)} = \frac{V_E^2 - V_2^2}{26a}$$

con:

- o V_E [km/h]: velocità di entrata nel tronco di attesa assumendo il valore corrispondente all'80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette;
- o V_2 [km/h]: velocità di progetto all'inizio del tronco di accelerazione (pari a quella del tronco a curvatura costante);
- o a [m/s²]: accelerazione (1 m/s²).

– Tronco di attacco:

– Il tronco di attacco viene dimensionato con il criterio funzionale prevedendo l'utilizzo dell'intervallo critico e della probabilità di progetto legata alla distribuzione aleatoria dei passaggi veicolari:

$$T = \frac{V_p - V_E}{2a_c} + 2\delta$$

dove:

- o V_p [km/h]: velocità di progetto lungo la principale;
- o V_E [km/h]: velocità sul tronco parallelo alla principale;
- o a_c [m/s²]: accelerazione longitudinale (1,2 m/s²);
- o δ : intervallo di sicurezza fra veicoli consecutivi (1 secondo).

In letteratura è possibile trovare tabelle di dimensionamento che permettono di ricavare la lunghezza necessaria all'accodamento dei veicoli in funzione della velocità di percorrenza lungo la strada principale ed il flusso di veicoli circolanti:



Qp (v/h)	VELOCITA' DI PERCORRENZA DELLA PRINCIPALE - Vp							
	110 Km/h	100 Km/h	90 Km/h	80 Km/h	70 Km/h	60 Km/h	50 Km/h	40 Km/h
	LUNGHEZZA DEL TRONCO DI ATTACCO - L E (m)							
1200	-	-	-	-	380	290	210	150
1100	-	-	-	-	360	270	200	140
1000	-	-	-	-	340	260	190	130
900	-	-	-	400	310	240	180	120
800	-	-	-	380	300	230	170	120
700	-	-	-	350	280	220	160	110
600	-	-	-	330	260	200	150	110
500	-	-	370	310	250	190	140	110
400	-	-	360	300	230	180	130	100
300	-	380	350	290	220	170	130	90
200	-	360	330	260	200	150	110	90
100	380	340	300	240	180	130	90	60

Figura 12: Tabella di dimensionamento del tronco di attacco

Il tronco finale di raccordo viene dimensionato con il criterio geometrico:

$$R = \frac{2 L_{v,e}^2}{9 d}$$

dove d è la larghezza della corsia di entrata in metri.

V. PROG.	$L_{v,u}$
< 80 km/h	50 m
> 80 km/h	75 m

- Tronco di scambio (solo per la rampa diretta in entrata sud):

Secondo quanto riportato nel D.M. 19.4.2.2006 si indica che le "manovre di ... scambio deve essere dimensionata secondo le procedure basate sulla distribuzione probabilistica dei distanziamenti temporali tra i veicoli in marcia, su ciascuna corsia. Il livello di servizio dell'intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal D.M. 5.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo. A seconda del metodo di calcolo utilizzato potranno essere valutare con criteri funzionali ... L_{sc} (per gli scambi) ... in modo da garantire che la manovra nel suo complesso offra il livello di servizio richiesto".

La zona di scambio viene definito come il tratto stradale lungo il quale avviene l'incrocio di due o più correnti veicolari che viaggiano nella stessa direzione e in assenza di dispositivi specifici di controllo del traffico, tranne che per la presenza della segnaletica orizzontale e verticale. Le zone di scambio si verificano nei punti singolari in cui le rampe di immissione sono prossime a delle rampe di diversione e quindi le corsie specializzate vengono unificate.

Il calcolo del Livello di Servizio di una zona di scambio secondo l'HCM prevede il calcolo della densità media di autovetture per km e per corsia per confrontare con le soglie indicate nella seguente tabella.



LOS/LdS	D – Densità [autovetture/km/corsia]	
	Autostrade	Strade a più corsie
A	0 ÷ 6	0 ÷ 7
B	> 6 ÷ 12	> 7 ÷ 15
C	> 12 ÷ 17	> 15 ÷ 20
D	> 17 ÷ 22	> 20 ÷ 22
E	> 22	> 22
F	Se la domanda eccede la capacità	

Per quanto riguarda le verifiche funzionali richieste dalla norma, si è fatto riferimento ai risultati del modello di microsimulazione della circolazione stradale, riportati nell'allegato "studio del traffico stradale", cui si rimanda per i dettagli.

Con riferimento a questo tronco di scambio, le simulazioni forniscono, per ogni segmento di lunghezza pari a 10 m in cui è stata suddivisa l'area del tronco di scambio e per ogni quarto d'ora, valori di densità media dell'ordine di 10 vei/km/corsia, corrispondenti a un Livello di servizio B, come emerge dalla tabella seguente (fonte HCM), con un valore di picco comunque inferiore a 16 vei/km/corsia.

Con riferimento alla rampa diretta in entrata sud alla S.S. 202 "Triestina" si elenca la successione di tronchi utilizzati e le rispettive lunghezze confrontate con quelle minime necessarie da normativa:

Elemento	Lunghezza di progetto	Lunghezza da normativa
Tronco intermedio di decelerazione	24 m	17,31 m
Tronco a curvatura costante	34 m	30
Tronco intermedio di accelerazione	144 m	34,62
Tronco di scambio	90 m	370,9 m



Diagramma delle velocità

Viene di seguito riportato il diagramma delle velocità per il tracciato in esame:

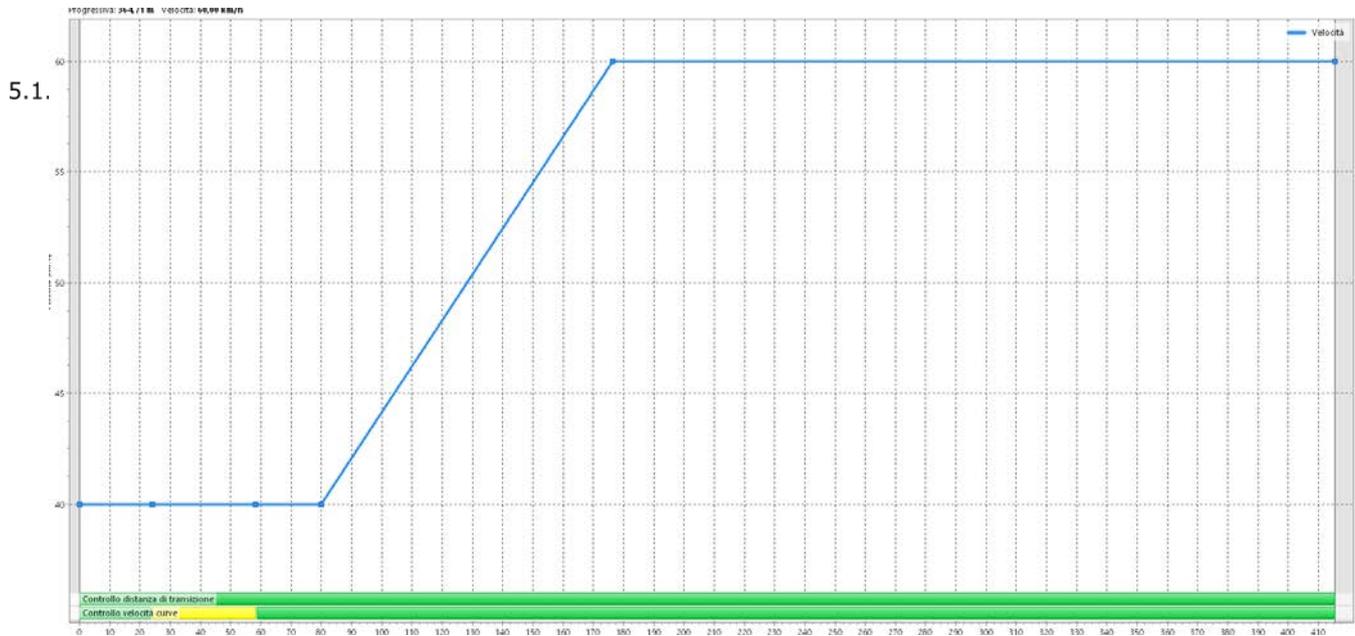


Figura 13: Diagramma delle velocità - Rampa diretta in entrata sud

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità a flusso libero in funzione della progressiva dell'asse stradale, sulla base del solo tracciato planimetrico. Sono fissate le seguenti ipotesi:

- il valore delle accelerazioni e decelerazioni è fisso e pari a 0.8 m/s^2 ;
- le pendenze longitudinali non influenzano la velocità di progetto;
- si ha velocità costante lungo le curve circolari;
- la velocità lungo gli archi tende al limite superiore dell'intervallo $v_{p,max}$; in particolare per la situazione in oggetto viene posta la velocità minima di progetto nel punto iniziale ed in quello finale del tracciato, ed inoltre viene posta come velocità massima di percorrenza della galleria quella di 80 km/h.

Sotto queste ipotesi è facilmente determinabile la velocità lungo i rettili e lungo le curve circolari, mentre per la ricostruzione del diagramma lungo le clotoidi si è dovuto andare a calcolare la distanza di transizione, cioè la lunghezza necessaria per passare dalla velocità di progetto v_{p1} alla velocità di progetto v_{p2} competenti a due elementi che si succedono; ipotizzando moto uniformemente accelerato:

$$D_T = \frac{\Delta v * v_{media}}{12.96 * a}$$

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 23 di 72</p>
---	--	----------------------

Deve essere inoltre valutata la distanza di riconoscimento, cioè la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti:

$$D_r = t * v_p$$

Dove t viene assunto pari a 12 s.

Analizzando le due relazioni, l'apprezzamento di una variazione di curvatura dell'asse, che consente al conducente di modificare la sua velocità, può avvenire solo all'interno della distanza di riconoscimento e quindi, per garantire la sicurezza della circolazione:

$$D_T \leq D_r$$

ed inoltre perché la variazione di curvatura sia effettivamente percepita deve essere:

$$D_T \leq D_V$$

dove con D_V si indica la distanza di visuale libera nel tratto che precede la curva circolare

Come si evince dalla figura, le verifiche della distanza di transizione e quella di differenza di velocità fra due curve successive vengono soddisfatte lungo tutto il tracciato.

5.1.4 *Pendenze trasversali*

Lungo i tratti in rettilineo la carreggiata presenta una pendenza verso l'esterno pari al 2.5%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il 2.5% ed il 7%.

Per la determinazione della pendenza in funzione del raggio della curva è necessario stabilire il legame tra la velocità di progetto della stessa v_p , la pendenza trasversale in curva i_c e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente f_t , il tutto riassunto nella seguente formula:

$$\frac{v_p^2}{R * 127} = q + f_t$$

Per quanto riguarda la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente, valgono i valori tabellari da normativa:

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

Figura 14: Coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente in funzione della velocità



i quali tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva; per velocità intermedie si provvede all'interpolazione lineare.

Lungo le curve a raggio variabile inserite tra un rettilo ed una curva circolare si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale tra la situazione a doppia pendenza e quella ad unica pendenza verso l'interno della curva, facendo ruotare la carreggiata stradale attorno al proprio asse.

Tale passaggio avviene generalmente in due tempi: in una prima fase ruota soltanto la falda esterna intorno all'asse della carreggiata fino a realizzare una superficie piana, successivamente ruota l'intera carreggiata.

Per ragioni dinamiche la sovrappendenza longitudinale Δi delle estremità della carreggiata non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione:

$$\Delta i_{max} = 18 * \frac{B_i}{v}$$

dove B_i è la distanza fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata all'inizio della curva a raggio variabile.

Quando lungo una curva a raggio variabile la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore minimo dato da:

$$\Delta i_{min} = 0,1 * B_i$$

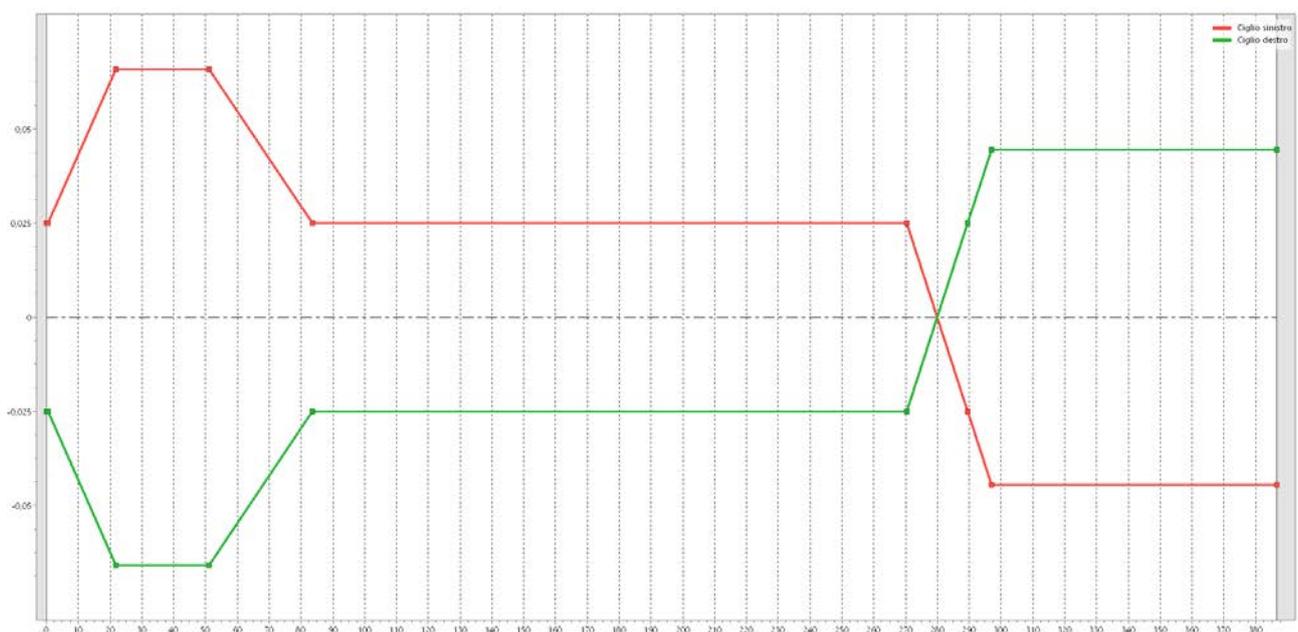


Figura 15: Andamento delle sopraelevazioni - Rampa diretta in entrata sud

Allargamenti geometrici

Per consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia venga allargata di una quantità E, data dalla relazione:

5.1.5

$$E = \frac{45}{R}$$

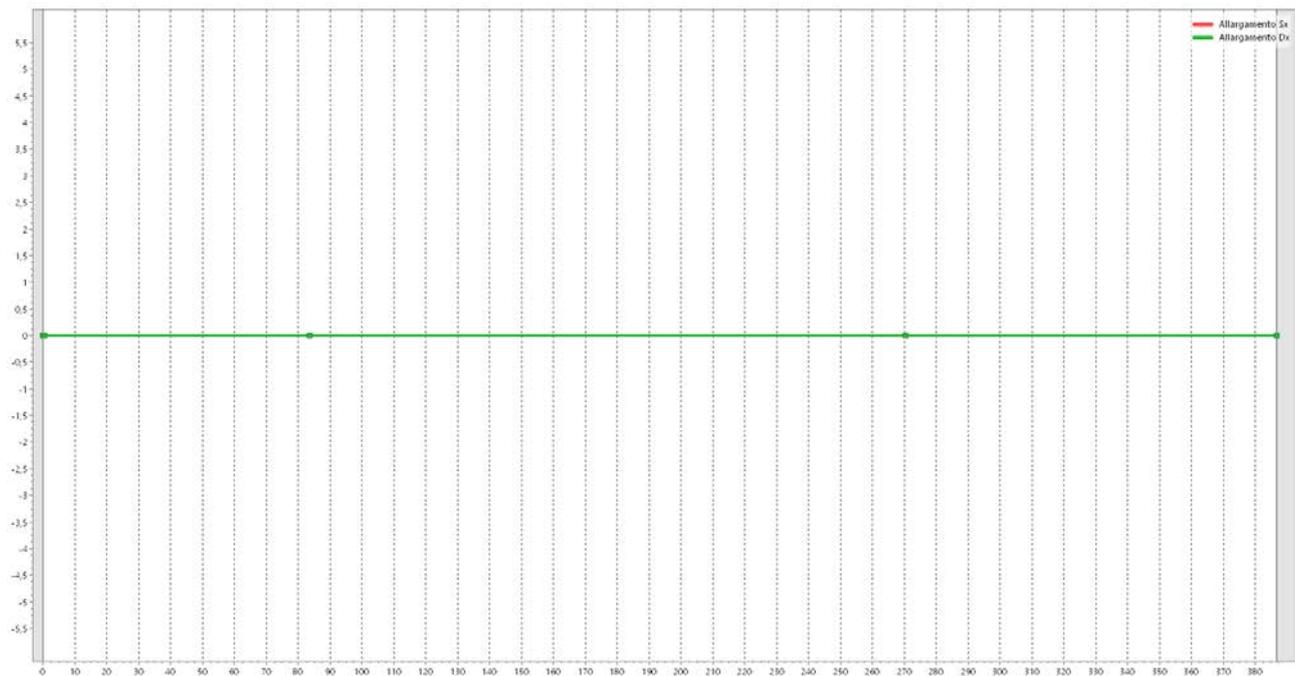


Figura 16: Andamento degli allargamenti geometrici - Rampa diretta in entrata sud

5.2 Come evidenziato nell'immagine sopra riportata non è stato necessario realizzare allargamenti geometrici lungo lo sviluppo della rampa diretta in entrata sud.

5.2.1

Rampa semidiretta in uscita sud dalla S.S. 202 "Triestina"

Tracciamento planimetrico dell'asse

La lunghezza di intervento per la realizzazione della rampa semidiretta in uscita sud alla S.S. 202 "Triestina" risulta essere di 404,95 m; considerando la progressiva iniziale 0+000,00 in corrispondenza dello stacco dalla GVT, il tracciato affianca la statale nel primo tratto andando a sottopassare la stessa con una lunga curva a sinistra, per poi risalire in corrispondenza della linea ferroviaria esistente e collegarsi alla rampa di ingresso al terminal del nuovo Terminal.

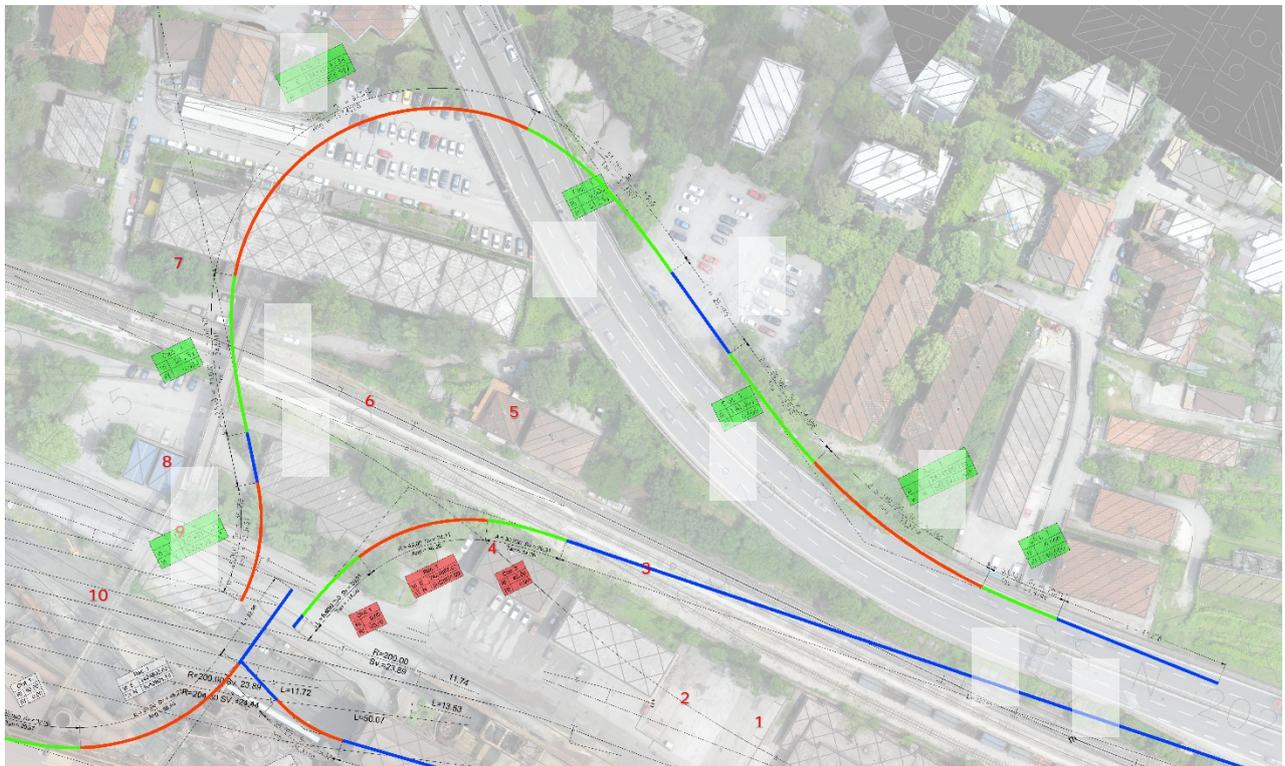


Figura 17: Andamento planimetrico dell'asse stradale - Rampa semidiretta in uscita sud

Gli elementi che vanno a costituire la planimetria di tracciamento della rampa semidiretta in uscita sud vengono riportati nella tabella seguente:

N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0,000 m	39,812 m				
2	Clotoide	39,812 m	31,752 m		355,7604 g	361,3754 g	75,600
3	Raccordo	71,564 m	62,966 m	180,000 m	361,3754 g	383,6451 g	
4	Clotoide	134,530 m	31,752 m		383,6451 g	389,2601 g	75,600
5	Rettifilo	166,282 m	9,865 m				
6	Clotoide	176,147 m	51,259 m		389,2601 g	357,4294 g	51,259
7	Raccordo	227,406 m	94,545 m	51,259 m	357,4294 g	240,0086 g	
8	Clotoide	321,950 m	39,505 m		240,0086 g	215,4768 g	45,000
9	Rettifilo	361,455 m	12,843 m				
10	Raccordo	374,299 m	30,652 m	45,000 m	215,4798 g	258,8429 g	

Figura 18: Elementi planimetrici - Rampa semidiretta in uscita sud

Verifiche planimetriche

Le verifiche eseguite mediante il software di progettazione Roads, della casa SierraSoft, sono riportate nell'immagine seguente, dove il segnale verde sta ad indicare che tutte le verifiche sono state soddisfatte:

5.2.2

✓	1 Clotoide - N. 1	Parametro A: 75,600	Lunghezza: 31,752 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Parametro A massimo da criterio ottico			75,600	180,000	
	● Parametro A minimo da criterio ottico			75,600	60,000	
	● Parametro A minimo da limitazione del contraccollo Formula approssimata			75,600	0,000	
	● Parametro A minimo da limitazione del contraccollo Formula esatta			75,600	0,000	
	● Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			75,600	0,000	
	● Rapporto parametri A da criterio ottico			1,000	0,667	
<hr/>						
✓	2 Raccordo - N. 1	Raggio: 180,000 m	Lunghezza: 62,966 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Raggio planimetrico minimo			180,000 m	180,000 m	60,00 km/h
<hr/>						
✓	3 Clotoide - N. 2	Parametro A: 75,600	Lunghezza: 31,752 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Parametro A massimo da criterio ottico			75,600	180,000	
	● Parametro A minimo da criterio ottico			75,600	60,000	
	● Parametro A minimo da limitazione del contraccollo Formula approssimata			75,600	73,744	59,26 km/h
	● Parametro A minimo da limitazione del contraccollo Formula esatta			75,600	65,356	59,26 km/h
	● Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			75,600	41,068	59,26 km/h
<hr/>						
✓	4 Clotoide - N. 3	Parametro A: 51,259	Lunghezza: 51,259 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Parametro A massimo da criterio ottico			51,259	51,259	
	● Parametro A minimo da criterio ottico			51,259	17,086	
	● Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			51,259	37,009	50,63 km/h
	● Rapporto parametri A da criterio ottico			1,139	0,667	
<hr/>						
✓	5 Raccordo - N. 2	Raggio: 51,259 m	Lunghezza: 94,545 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Raggio planimetrico minimo			51,259 m	45,000 m	40,00 km/h
<hr/>						
✓	6 Clotoide - N. 4	Parametro A: 45,000	Lunghezza: 39,505 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Parametro A massimo da criterio ottico			45,000	51,259	
	● Parametro A minimo da criterio ottico			45,000	17,086	
	● Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			45,000	35,386	46,29 km/h
<hr/>						
✓	7 Raccordo - N. 3	Raggio: 45,000 m	Lunghezza: 30,652 m	Elemento	Riferimento	Velocità
	● Raggio planimetrico minimo			45,000 m	45,000 m	39,99 km/h

Figura 19: Verifiche planimetriche - Rampa semidiretta in uscita sud

Con riferimento alla rampa semidiretta in uscita sud dalla S.S. 202 "Triestina" si elenca la successione di tronchi utilizzati e le rispettive lunghezze confrontate con quelle minime necessarie da normativa:

Elemento	Lunghezza di progetto	Lunghezza da normativa
Tronco di stacco ad ago	80 m	41,15 m
Tronco intermedio di decelerazione	147 m	17,31 m
Tronco a curvatura costante	95 m	30 m
Tronco intermedio di accelerazione	72 m	34,62 m



Diagramma delle velocità

Viene di seguito riportato il diagramma delle velocità per il tracciato in esame:

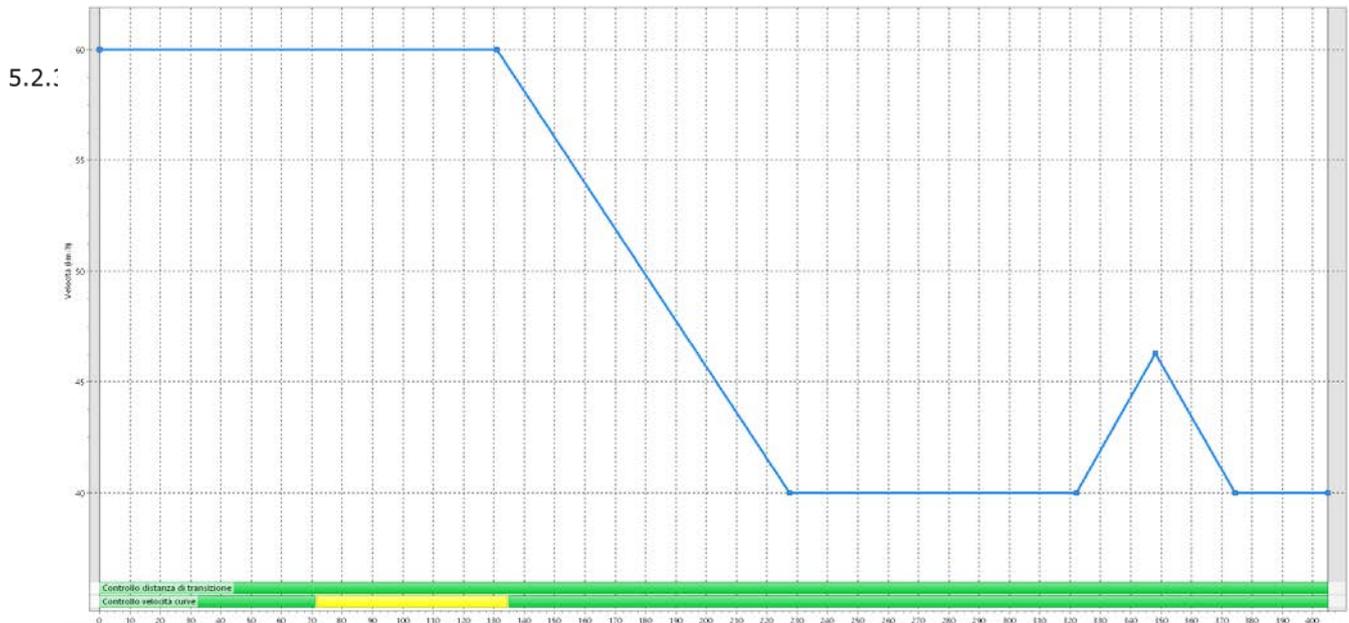


Figura 20: Diagramma delle velocità - Rampa semidiretta in uscita sud

Come si evince dalla figura, le verifiche della distanza di transizione e quella di differenza di velocità fra due curve successive vengono soddisfatte lungo tutto il tracciato.

5.2.4

Pendenze trasversali

Lungo i tratti in rettilineo la carreggiata presenta una pendenza verso l'esterno pari al 2.5%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il 2.5% ed il 7%.



Figura 21: Andamento sopraelevazioni - Rampa semidiretta in uscita sud

5.2.5 Allargamenti geometrici

Si riporta il grafico riguardante gli allargamenti geometrici per la rampa semidiretta in uscita sud dalla S.S. 202 "Triestina":

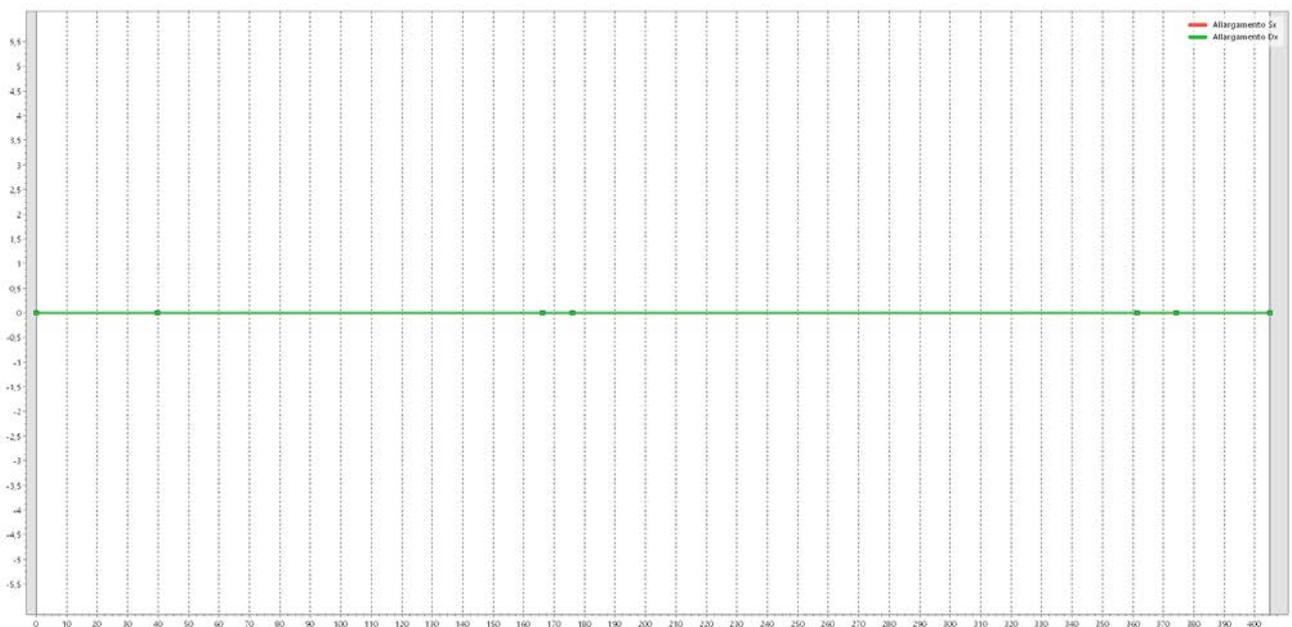


Figura 22: Andamento degli allargamenti geometrici - Rampa semidiretta in uscita sud

Come evidenziato nell'immagine sopra riportata non è stato necessario realizzare allargamenti geometrici lungo lo sviluppo della rampa.

Rampa Terminal

Tracciamento planimetrico dell'asse

5.3 La lunghezza di intervento per la realizzazione della rampa terminal del nuovo Terminal risulta essere di 364,93 m; considerando la progressiva iniziale 0+000,00 in corrispondenza della convergenza delle rampe che si staccano dalla S.S. 202 "Triestina", la discesa al gate, dopo un breve rettilineo, svolta con una curva a destra e prosegue fino alla quota della piattaforma parallelamente alla nuova linea ferroviaria prevista nella progettazione.

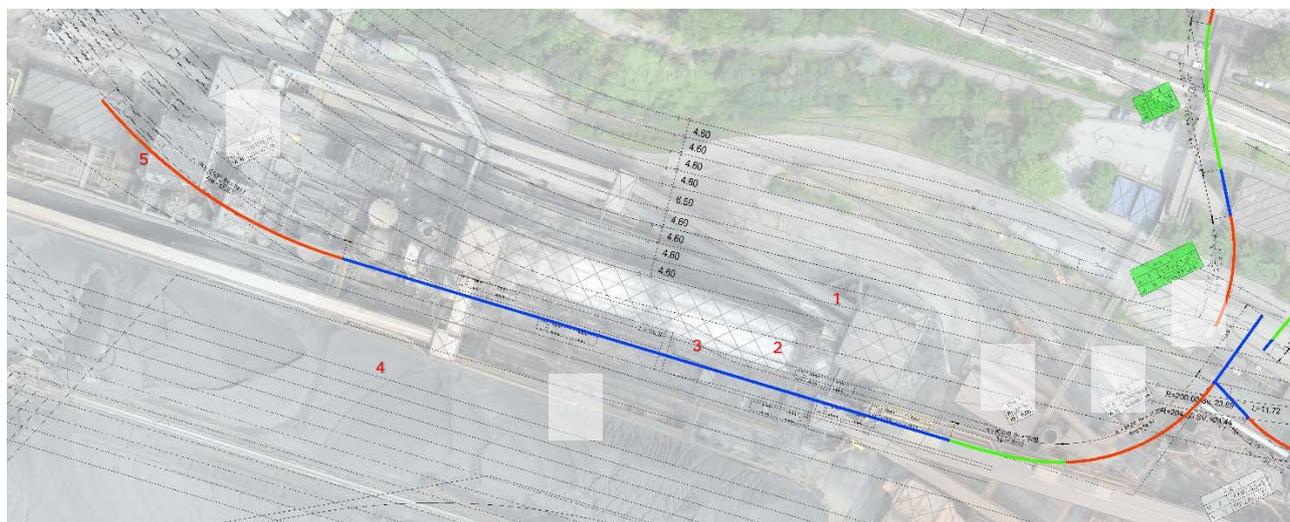


Figura 23: Andamento planimetrico dell'asse stradale – Rampa terminal

Gli elementi che vanno a costituire la planimetria di tracciamento della rampa di ingresso al Terminal del nuovo Terminal vengono riportati nella tabella seguente:

N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettilineo	0+000,00	22,95 m				
2	Raccordo	0+022,95	46,29 m	50,00 m	267,87 g	326,81 g	
3	Clotoide	0+069,24	32,00 m		326,81 g	347,18 g	40,000
4	Rettilineo	0+101,24	170,20 m				
5	Raccordo	0+271,44	78,57 m	133,57 m	347,18 g	384,63 g	

Figura 24: Elementi planimetrici – Rampa terminal



Verifiche planimetriche

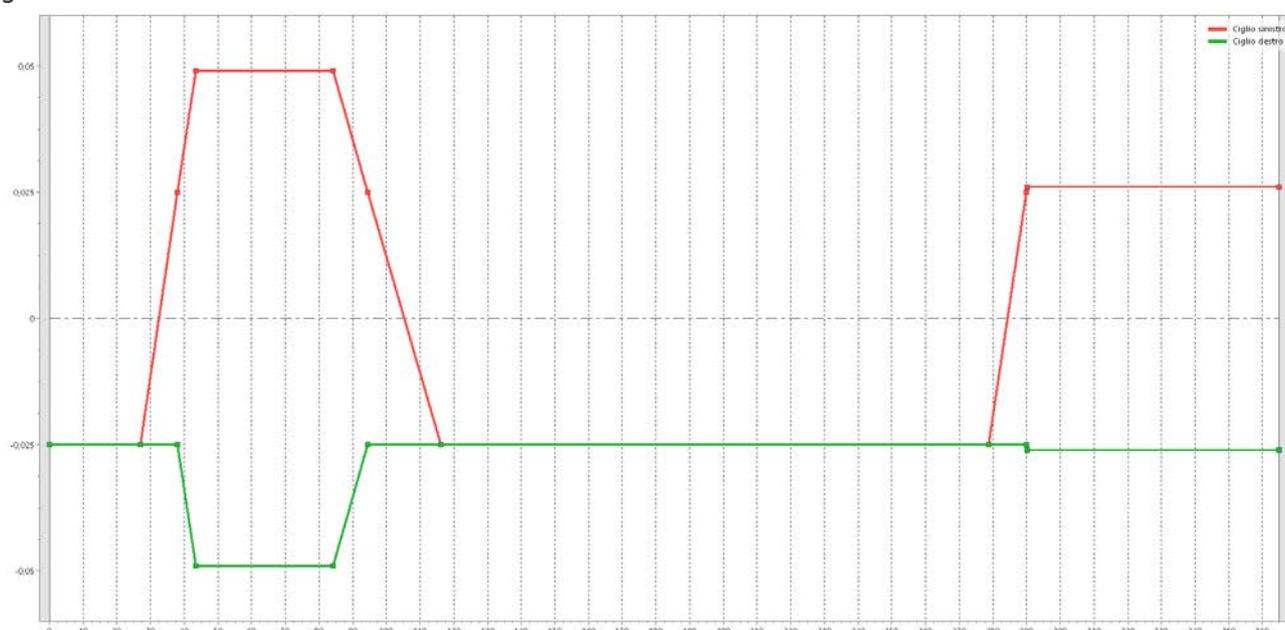
Considerata la particolarità della piattaforma e l'utilizzo che ne verrà effettuato non sono state eseguite le classiche verifiche imposte dalla normativa per la progettazione planimetrica dell'asse stradale.

5.3.2

Pendenze trasversali

Lungo i tratti in rettilineo la carreggiata presenta una doppia pendenza verso l'esterno pari al 2.5%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il 2.5% ed il 7%.

5.3.3



5.4

Figura 25: Andamento delle sopraelevazioni – Rampa terminal

5.4.1

Ingresso all'area ARVEDI

Tracciamento planimetrico dell'asse

La lunghezza di intervento per la realizzazione della rampa di ingresso all'area ARVEDI risulta essere di 445,95 m; considerando la progressiva iniziale 0+000,00 in corrispondenza dell'intersezione con la rampa di ingresso al Terminal del nuovo Terminal, il tracciato nella prima parte corre parallelo alla nuova linea ferroviaria prevista nella progettazione, per poi svoltare con una curva a destra e proseguire in direzione mare.

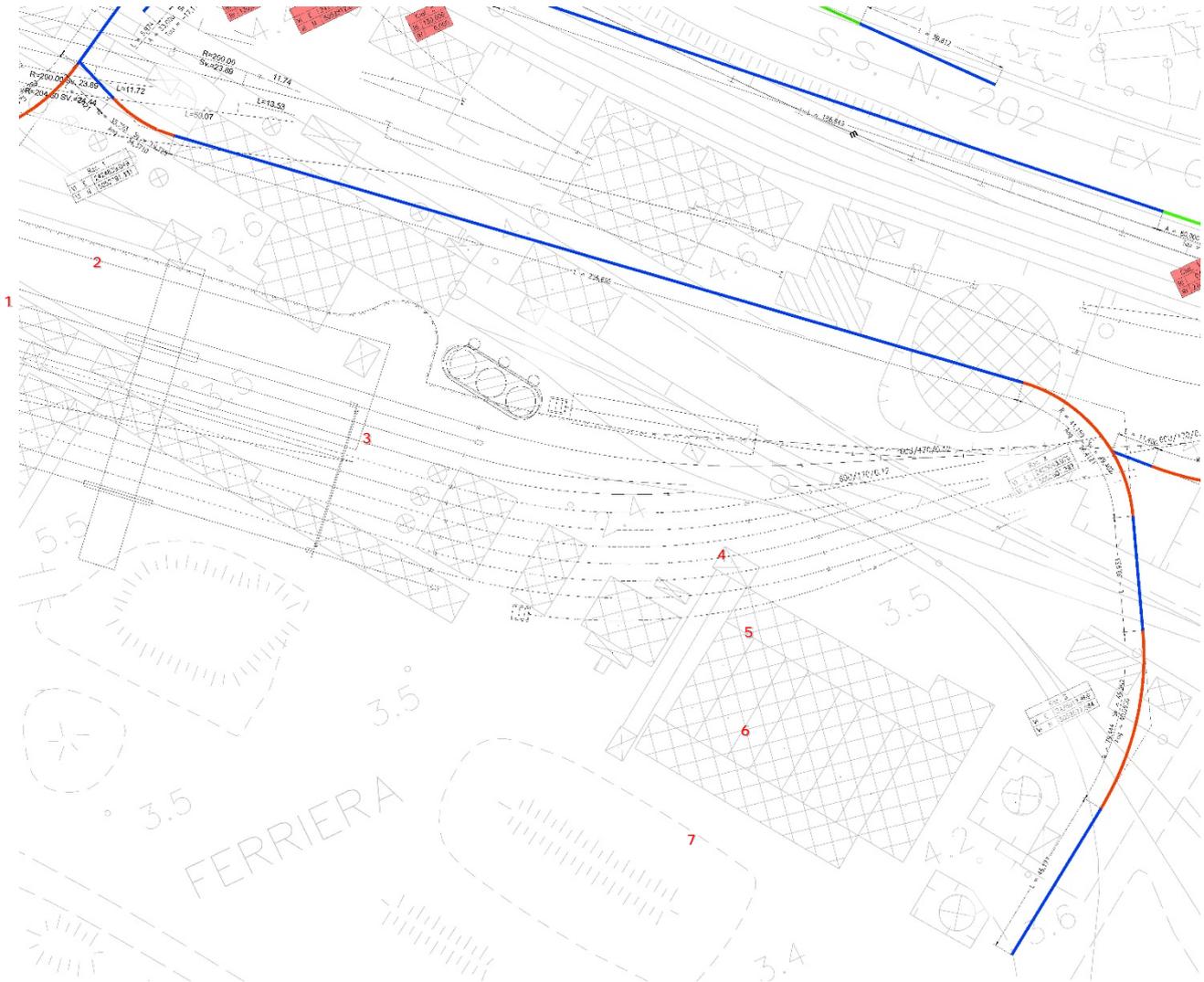


Figura 26: Andamento dell'asse stradale - Ingresso all'area ARVEDI

Gli elementi che vanno a costituire la planimetria di tracciamento della rampa di ingresso all'area ARVEDI vengono riportati nella tabella seguente:

N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0,000 m	13,421 m				
2	Raccordo	13,421 m	19,325 m	35,793 m	181,0959 g	146,7249 g	
3	Rettifilo	32,745 m	236,692 m				
4	Raccordo	269,438 m	49,402 m	41,159 m	146,7249 g	223,1369 g	
5	Rettifilo	318,840 m	30,933 m				
6	Raccordo	349,773 m	49,997 m	79,444 m	223,1369 g	263,2019 g	
7	Rettifilo	399,770 m	46,177 m				

Figura 27: Elementi planimetrici - Ingresso all'area ARVEDI



Verifiche planimetriche

Considerata la particolarità della piattaforma e l'utilizzo che ne verrà effettuato non sono state eseguite le classiche verifiche imposte dalla normativa per la progettazione planimetrica dell'asse stradale.

5.4.2

Pendenze trasversali

Lungo i tratti in rettilineo la carreggiata presenta una doppia pendenza verso l'esterno pari al 2.5%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il 2.5% ed il 7%.

5.4.3



Figura 28: Andamento delle sopraelevazioni - Ingresso all'area ARVEDI

1.1.1 Visibilità intersezione

Al fine di garantire il regolare funzionamento dell'intersezione a raso a priorità lungo la Rampa Terminal si esegue la verifica secondo il criterio dei triangoli di visibilità.

Per un'intersezione regolata da stop si considera una distanza di visibilità principale D data dalla seguente espressione:

$$D = v \cdot t$$

dove v è la velocità di riferimento in m/s (pari al valore della velocità di progetto caratteristica del tratto considerato o, in presenza di limiti impositivi di velocità, dal valore prescritto dalla segnaletica) e t è il tempo di manovra assunto pari a 6 s ed incrementato di un secondo per ogni punto percentuale di pendenza longitudinale del rampo secondario se superiore al 2%.

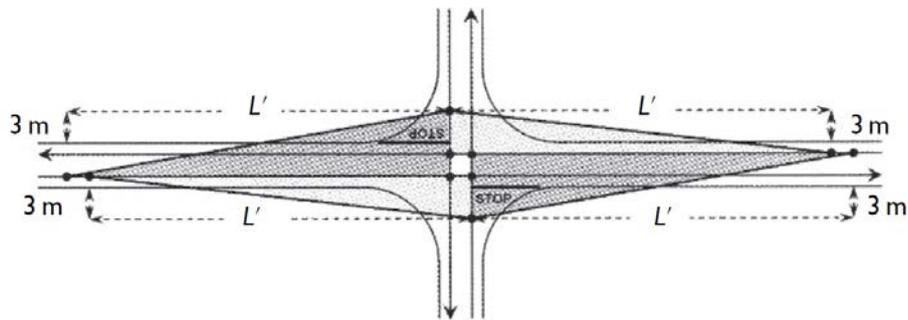


Figura 29: Schema dei triangoli di visibilità per l'intersezione regolata da stop.

Dato che l'asse di Ingresso all'area ARVEDi presenta un tratto con pendenza longitudinale pari al 12%, il tempo di manovra viene incrementato a 18 s. Ne consegue una distanza di visibilità pari a 200,00 m.

All'interno del triangolo di visibilità non devono essere presenti ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato. Si considerano ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi la massima dimensione planimetria superiore a 0,8 m.

Tale verifica consente di verificare che l'utente, che deve cedere la precedenza, possa vedere il veicolo potenzialmente in conflitto, a una distanza che permetta il compimento delle manovre necessarie.



Figura 30: Verifica della distanza di visibilità mediante i triangoli di visibilità.

Dalla sopra figura si evince il mancato rispetto della distanza di visibilità da un punto di vista planimetrico se il dispositivo di ritenuta posto a lato della carreggiata viene considerato come ostacolo alla visibilità. Considerando l'andamento plano-altimetrico dell'intersezione, si nota come il dispositivo di ritenuta posto a nord dell'asse della Rampa Terminal concorre ad ostacolo alla visibilità nei primi metri in prossimità dell'intersezione con l'asse Ingresso dell'area ARVEDi dato che il dispositivo si abbassa assieme all'asse stradale. Di conseguenza viene garantita la visibilità per i veicoli che si accingono ad eseguire la manovra di immissione sulla rampa principale. Dalla seguente foto si evince il concetto appena espresso.

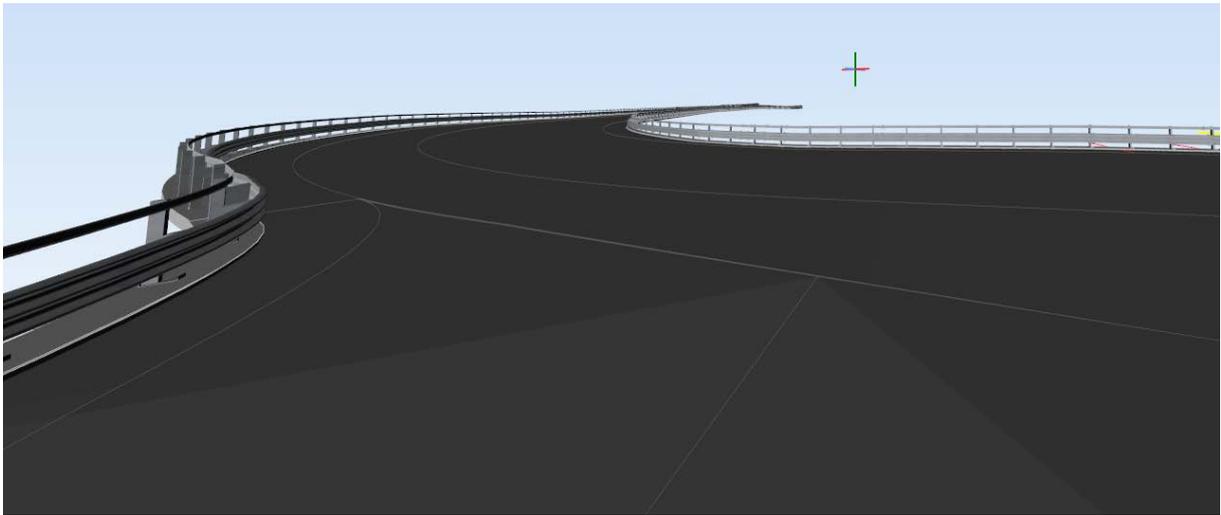
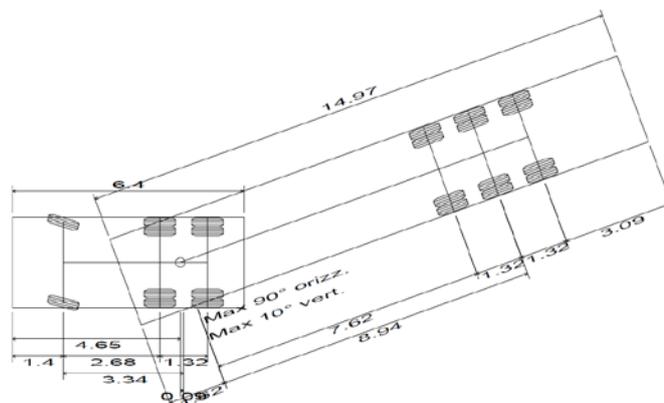


Figura 31: Verifica di visibilità plano-altimetrica in corrispondenza dello stop.

1.1.2 Inscrivibilità mezzi pesanti

Per l'inscrivibilità dei mezzi pesanti si considera un autoarticolato di lunghezza complessiva pari a 18,00 m composto da una motrice e un semirimorchio di lunghezza standard pari a 14,97 m. Nel comma 2 dell'art. 61 del C.d.S. si specifica che "gli autoarticolati e autosnodati non devono eccedere la lunghezza totale, compresi gli organi di traino, di 18,75 m, ferma restando l'idoneità certificata dei rimorchi, o delle unità di carico ivi caricate, al trasporto intermodale strada-rotaia e strada-mare, e sempre che siano rispettati gli altri limiti stabiliti nel regolamento". Coerentemente con i semirimorchi attualmente disponibili nel mercato, la lunghezza operativa degli autoarticolati è posta pari a 18,00 anziché 18,75 m a causa della composizione motrice-semirimorchio. La verifica dei mezzi pesanti può essere parallelamente sviluppata mediante un autotreno di lunghezza operativa complessiva pari a 18,75 m ma la sua configurazione geometrica risulta meno vincolante rispetto a quella di un autoarticolato.



Autoarticolato 18m
Lunghezza complessiva

18.000m

Sulla base di quanto appena espresso si riporta a seguire illustrazione delle verifiche di inscrivibilità dei mezzi pesanti per la rampa diretta in entrata sud alla S.S. n. 202 e per la rampa semidiretta in uscita sud alla S.S. n. 202.



Figura 32: Verifica di inscrivibilità per la rampa in uscita dalla S.S. n. 202.



Figura 33: Verifiche di inscrivibilità per la rampa in entrata alla S.S. n. 202.

5.5

Dalle figure si evince che i veicoli pesanti sono in grado di inscrivere ed eseguire le manovre all'intersezione con l'asse Ingresso all'area ARVEDI anche se in alcuni punti vi è parziale invasione della banchina (per maggiore dettaglio grafico si rimanda alle tavole di disegno).

Svincolo in direzione dell'area ARVEDI

Tracciamento planimetrico dell'asse



La lunghezza di intervento per la realizzazione dello svincolo in direzione dell'area ARVEDI risulta essere di 319,43 m; considerando la progressiva iniziale 0+000,00 in corrispondenza dell'intersezione con la rampa di ingresso all'area ARVEDI, il tracciato si snoda all'interno dell'area stessa fino a raggiungere la zona di smistamento.

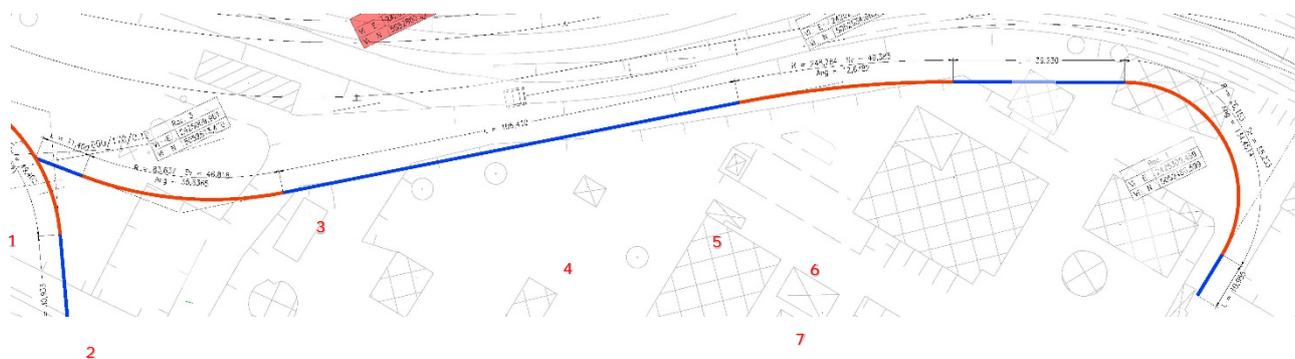


Figura 34: Andamento planimetrico dell'asse stradale - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI

Gli elementi che vanno a costituire la planimetria di tracciamento dello svincolo in direzione dell'area ARVEDI vengono riportati nella tabella seguente:

ELEMENTI PLANIMETRICI							Pagina:	1 / 1
N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A	
1	Rettifilo	0,000 m	10,955 m					
2	Raccordo	10,955 m	55,233 m	26,153 m	63,1752 g	328,7239 g		
3	Rettifilo	66,188 m	39,230 m					
4	Raccordo	105,418 m	49,385 m	248,764 m	328,7239 g	316,0856 g		
5	Rettifilo	154,803 m	106,410 m					
6	Raccordo	261,213 m	46,818 m	83,637 m	316,0856 g	351,7221 g		
7	Rettifilo	308,031 m	11,400 m					

5.5.2

Figura 35: Elementi planimetrici - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI

Verifiche planimetriche

Considerata la particolarità della piattaforma e l'utilizzo che ne verrà effettuato non sono state eseguite le classiche verifiche imposte dalla normativa per la progettazione planimetrica dell'asse stradale.



Pendenze trasversali

Lungo i tratti in rettifilo la carreggiata presenta una doppia pendenza verso l'esterno pari al 2.5%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il 2.5% ed il 7%.

5.5.3

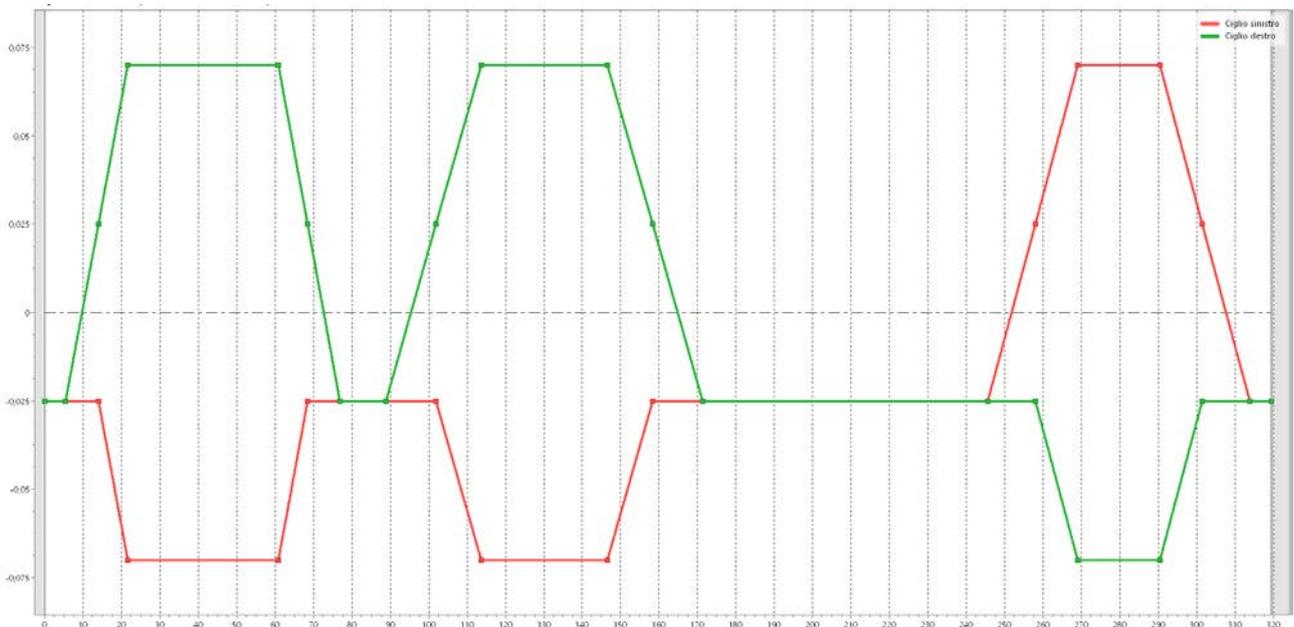


Figura 36: Andamento delle sopraelevazioni - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI



6 ANDAMENTO ALTIMETRICO

Come indicato nel paragrafo relativo alla progettazione planimetrica, anche quella altimetrica è caratterizzata dalla realizzazione del nuovo svincolo stradale di connessione alla GVT (Grande Viabilità Triestina), ovvero delle due rampe di collegamento alla S.S. 202 "Triestina" in direzione Muggia, e dalla viabilità di accesso al terminal ed all'area ARVEDI dove convergono i rami sopracitati.

Rampa diretta in entrata sud alla S.S. 202 "Triestina"

6.1 *Tracciamento altimetrico dell'asse*

6.1.1 Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Per la costruzione dell'andamento altimetrico della rampa diretta in entrata sud alla S.S. 202 "Triestina", come quota del punto iniziale e finale del tracciato, sono state prese in considerazione quelle di stacco dalla rampa indiretta in direzione centro e della rampa in direzione Valmaura:

- progressiva 0+000,00: 15,61 m s.l.m.m.;
- progressiva 0+391,47: 11,79 m s.l.m.m..

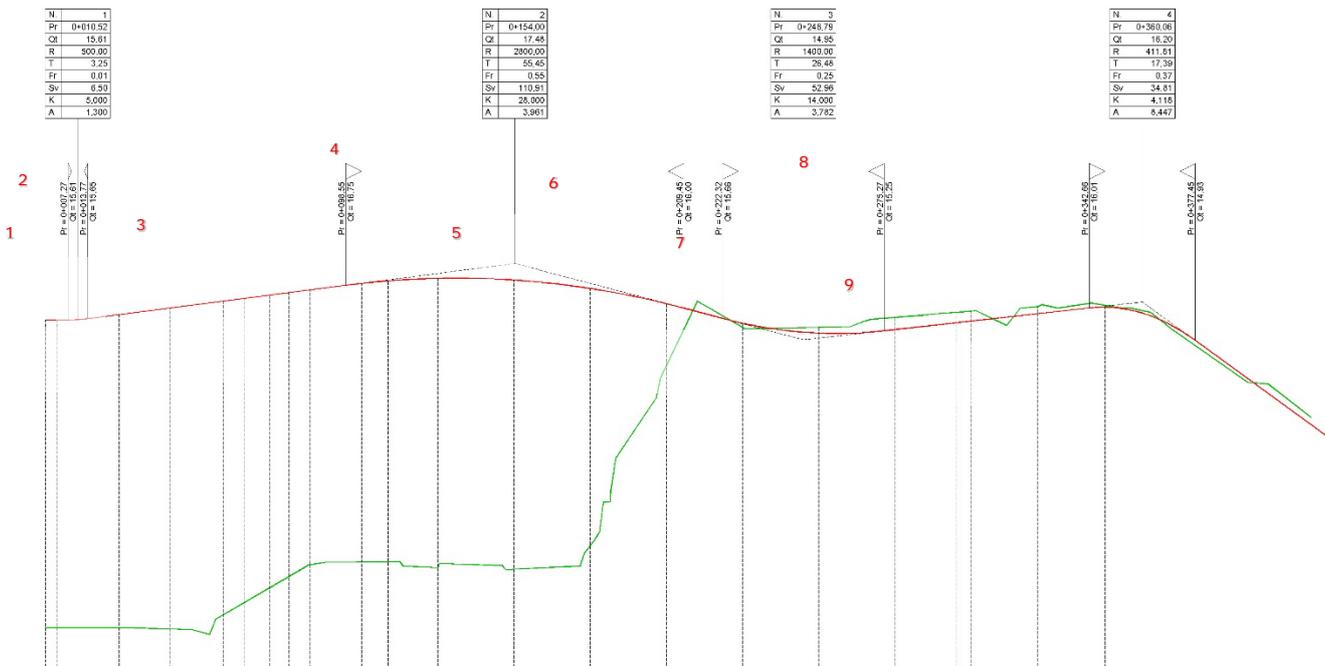


Figura 37: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa diretta in entrata sud

Nelle figure seguenti vengono riportati gli elementi che compongono il profilo altimetrico della strada in oggetto:

1 Livelletta - N. 1			
P1:	0+000,00	Pv1:	
Q1:	15,61 m	Qv1:	
P2:	0+007,27	Pv2:	0+010,52
Q2:	15,61 m	Qv2:	15,61 m
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	0,00 m
Sviluppo:	7,27 m	Pendenza:	0,00 v/h
2 Parabola altimetrica - N. 1			
P1:	0+007,27	Pv:	0+010,52
Q1:	15,61 m	Qv:	15,61 m
P2:	0+013,77		
Q2:	15,65 m	Raggio:	500,00 m
Progressiva:	0+007,27	Pendenza iniziale:	0,00 v/h
Sviluppo:	6,50 m	Pendenza finale:	0,01 v/h
3 Livelletta - N. 2			
P1:	0+013,77	Pv1:	0+010,52
Q1:	15,65 m	Qv1:	15,61 m
P2:	0+098,55	Pv2:	0+154,00
Q2:	16,75 m	Qv2:	17,48 m
Progressiva:	0+013,77	Differenza di quota:	1,10 m
Sviluppo:	84,79 m	Pendenza:	0,01 v/h
4 Parabola altimetrica - N. 2			
P1:	0+098,55	Pv:	0+154,00
Q1:	16,75 m	Qv:	17,48 m
P2:	0+209,45		
Q2:	16,00 m	Raggio:	2800,00 m
Progressiva:	0+098,55	Pendenza iniziale:	0,01 v/h
Sviluppo:	110,91 m	Pendenza finale:	-0,03 v/h
5 Livelletta - N. 3			
P1:	0+209,45	Pv1:	0+154,00
Q1:	16,00 m	Qv1:	17,48 m
P2:	0+222,32	Pv2:	0+248,79
Q2:	15,66 m	Qv2:	14,95 m
Progressiva:	0+209,45	Differenza di quota:	-0,34 m
Sviluppo:	12,87 m	Pendenza:	-0,03 v/h
6 Parabola altimetrica - N. 3			
P1:	0+222,32	Pv:	0+248,79
Q1:	15,66 m	Qv:	14,95 m
P2:	0+275,27		
Q2:	15,25 m	Raggio:	1400,00 m
Progressiva:	0+222,32	Pendenza iniziale:	-0,03 v/h
Sviluppo:	52,96 m	Pendenza finale:	0,01 v/h
7 Livelletta - N. 4			
P1:	0+275,27	Pv1:	0+248,79
Q1:	15,25 m	Qv1:	14,95 m
P2:	0+342,66	Pv2:	0+360,06
Q2:	16,01 m	Qv2:	16,20 m
Progressiva:	0+275,27	Differenza di quota:	0,76 m
Sviluppo:	67,40 m	Pendenza:	0,01 v/h
8 Parabola altimetrica - N. 4			
P1:	0+342,66	Pv:	0+360,06
Q1:	16,01 m	Qv:	16,20 m
P2:	0+377,45		
Q2:	14,93 m	Raggio:	411,81 m
Progressiva:	0+342,66	Pendenza iniziale:	0,01 v/h
Sviluppo:	34,81 m	Pendenza finale:	-0,07 v/h
9 Livelletta - N. 5			
P1:	0+377,45	Pv1:	0+360,06
Q1:	14,93 m	Qv1:	16,20 m
P2:	0+420,26	Pv2:	
Q2:	11,79 m	Qv2:	
Progressiva:	0+377,45	Differenza di quota:	-3,14 m
Sviluppo:	42,92 m	Pendenza:	-0,07 v/h

6.1.2

Figura 38: Elementi altimetrici - Rampa diretta in entrata sud

Verifiche altimetriche

La pendenza massima adottabile per una rampa diretta è stata indicata nel paragrafo inerente i riferimenti normativi, mentre l'arco di parabola quadratica ad asse verticale che costituisce il raccordo viene calcolato mediante la seguente espressione:

$$L = R_v * \frac{\Delta i}{100}$$

dove R_v è il raggio del cerchio osculatore nel vertice della parabola.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 41 di 72</p>
---	--	----------------------

Per maggiore completezza vengono riportate le principali verifiche eseguite lungo il profilo longitudinale della nuova variante:

– Nessuna parte del veicolo (eccetto le ruote) deve avere contatti con la superficie stradale:

- nei dossi: $R_v \geq 20m$;
- nelle sacche: $R_v \geq 40m$.

– Per il comfort dell'utenza l'accelerazione verticale non deve superare il valore limite:

$$a_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq 0.6 \frac{m}{s^2}$$

– Devono essere garantite le visuali libere.

– Raccordi verticali convessi (dossi):

- se la distanza di visibilità da realizzare D è inferiore allo sviluppo L del raccordo:

$$R_v = \frac{D^2}{3,7266}$$

- se $D > L$:

$$R_v = \frac{200}{\Delta i} * \left(D - \frac{186,3325}{\Delta i} \right)$$

– Raccordi verticali concavi (sacche):

- se $D < L$:

$$R_v = \frac{D^2}{2 * (0,5 + D * \sin 1)}$$

- se $D > L$:

$$R_v = \frac{200}{\Delta i} * \left[D - \frac{100}{\Delta i} * (0,5 + D * \sin 1) \right]$$

Le verifiche eseguite mediante il software di progettazione Roads sono riportate nell'immagine seguente, dove il segnale verde sta ad indicare che tutte le verifiche sono state soddisfatte:



✓ 1 Livelletta - N. 1	Pendenza: 0,00 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,00 v/h	0,07 v/h	40,00 km/h
✓ 2 Parabola altimetrica - N. 1	Raggio: 500,00 m Lunghezza: 6,50 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo verticale		500,00 m	500,00 m	40,00 km/h
✓ 3 Livelletta - N. 2	Pendenza: 0,01 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,01 v/h	0,07 v/h	43,84 km/h
✓ 4 Parabola altimetrica - N. 2	Raggio: 2800,00 m Lunghezza: 110,91 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo verticale		2800,00 m	2000,00 m	60,00 km/h
✓ 5 Livelletta - N. 3	Pendenza: -0,03 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,03 v/h	0,06 v/h	60,00 km/h
✓ 6 Parabola altimetrica - N. 3	Raggio: 1400,00 m Lunghezza: 52,96 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo verticale		1400,00 m	1000,00 m	60,00 km/h
✓ 7 Livelletta - N. 4	Pendenza: 0,01 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,01 v/h	0,05 v/h	60,00 km/h
⚠ 8 Parabola altimetrica - N. 4	Raggio: 411,81 m Lunghezza: 34,81 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo verticale		411,81 m	2000,00 m	60,00 km/h
⚠ 9 Livelletta - N. 5	Pendenza: -0,07 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,07 v/h	0,06 v/h	60,00 km/h

Figura 39: Verifica elementi altimetrici - Rampa diretta in entrata sud

Gli ultimi elementi non verificati fanno riferimento al tratto rampa in direzione Valmaura utilizzato per la progettazione dell'asse in oggetto

6.2.1

Rampa semidiretta in uscita sud dalla S.S. 202 "Triestina"

Tracciamento altimetrico dell'asse

Per la costruzione dell'andamento altimetrico della rampa semidiretta in uscita sud dalla S.S. 202 "Triestina", come quota del punto iniziale e finale del tracciato, sono state prese in considerazione quelle di stacco dalla GVT e quella di scavalco della nuova linea ferroviaria prevista all'interno della progettazione:

- progressiva 0+000,00: 15,42 m s.l.m.m.;
- progressiva 0+431,27: 15,75 m s.l.m.m..

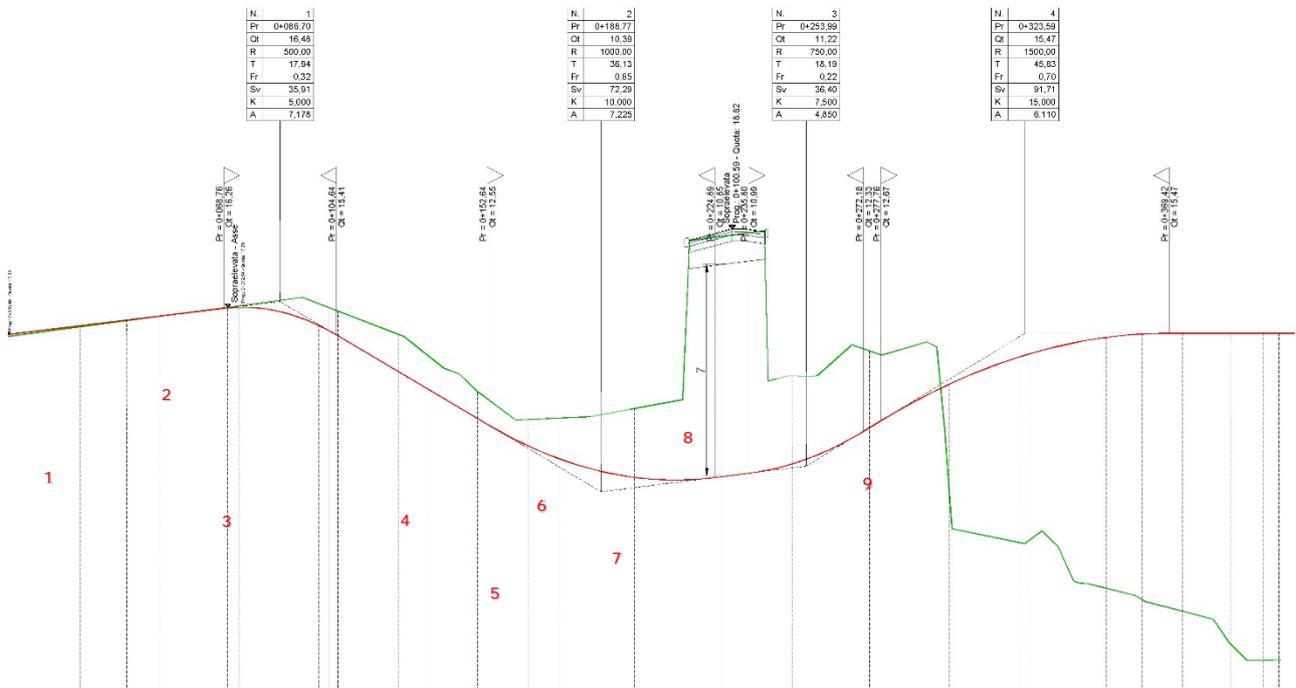


Figura 40: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa semidiretta in uscita sud

Nelle figure seguenti vengono riportati gli elementi che compongono il profilo altimetrico della strada in oggetto:



Relazione tecnica stradale

1 Livelletta - N. 1			
P1:	0+000,00	Pv1:	
Q1:	15,43 m	Qv1:	
P2:	0+068,76	Pv2:	0+086,70
Q2:	16,26 m	Qv2:	16,48 m
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	0,83 m
Sviluppo:	68,76 m	Pendenza:	0,01 v/h

2 Parabola altimetrica - N. 1			
P1:	0+068,76	Pv:	0+086,70
Q1:	16,26 m	Qv:	16,48 m
P2:	0+104,64		
Q2:	15,41 m	Raggio:	500,00 m
Progressiva:	0+068,76	Pendenza iniziale:	0,01 v/h
Sviluppo:	35,91 m	Pendenza finale:	-0,06 v/h

3 Livelletta - N. 2			
P1:	0+104,64	Pv1:	0+086,70
Q1:	15,41 m	Qv1:	16,48 m
P2:	0+152,64	Pv2:	0+188,77
Q2:	12,55 m	Qv2:	10,39 m
Progressiva:	0+104,64	Differenza di quota:	-2,86 m
Sviluppo:	48,08 m	Pendenza:	-0,06 v/h

4 Parabola altimetrica - N. 2			
P1:	0+152,64	Pv:	0+188,77
Q1:	12,55 m	Qv:	10,39 m
P2:	0+224,89		
Q2:	10,85 m	Raggio:	1000,00 m
Progressiva:	0+152,64	Pendenza iniziale:	-0,06 v/h
Sviluppo:	72,29 m	Pendenza finale:	0,01 v/h

7 Livelletta - N. 4			
P1:	0+272,18	Pv1:	0+253,99
Q1:	12,33 m	Qv1:	11,22 m
P2:	0+277,76	Pv2:	0+323,59
Q2:	12,67 m	Qv2:	15,47 m
Progressiva:	0+272,18	Differenza di quota:	0,34 m
Sviluppo:	5,60 m	Pendenza:	0,06 v/h

5 Livelletta - N. 3			
P1:	0+224,89	Pv1:	0+188,77
Q1:	10,85 m	Qv1:	10,39 m
P2:	0+235,80	Pv2:	0+253,99
Q2:	10,99 m	Qv2:	11,22 m
Progressiva:	0+224,89	Differenza di quota:	0,14 m
Sviluppo:	10,91 m	Pendenza:	0,01 v/h

8 Parabola altimetrica - N. 4			
P1:	0+277,76	Pv:	0+323,59
Q1:	12,67 m	Qv:	15,47 m
P2:	0+369,42		
Q2:	15,47 m	Raggio:	1500,00 m
Progressiva:	0+277,76	Pendenza iniziale:	0,06 v/h
Sviluppo:	91,71 m	Pendenza finale:	0,00 v/h

6 Parabola altimetrica - N. 3			
P1:	0+235,80	Pv:	0+253,99
Q1:	10,99 m	Qv:	11,22 m
P2:	0+272,18		
Q2:	12,33 m	Raggio:	750,00 m
Progressiva:	0+235,80	Pendenza iniziale:	0,01 v/h
Sviluppo:	36,40 m	Pendenza finale:	0,06 v/h

9 Livelletta - N. 5			
P1:	0+369,42	Pv1:	0+323,59
Q1:	15,47 m	Qv1:	15,47 m
P2:	0+430,69	Pv2:	
Q2:	15,47 m	Qv2:	
Progressiva:	0+369,42	Differenza di quota:	0,00 m
Sviluppo:	61,27 m	Pendenza:	0,00 v/h

6.2.2

Figura 41: Elementi altimetrici - Rampa semidiretta in uscita sud

Verifiche altimetriche

Le verifiche eseguite mediante il software di progettazione Roads sono riportate nell'immagine seguente, dove il segnale verde sta ad indicare che tutte le verifiche sono state soddisfatte:

	Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001	Pag. 45 di 72
	Relazione tecnica stradale	

✓	1 Livelletta - N. 1	Pendenza: 0,01 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Pendenza massima		0,01 v/h	0,10 v/h	
✓	2 Parabola altimetrica - N. 1	Raggio: 500,00 m Lunghezza: 35,91 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Raggio minimo verticale		500,00 m	500,00 m	
✓	3 Livelletta - N. 2	Pendenza: -0,06 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Pendenza massima		0,06 v/h	0,06 v/h	60,00 km/h
✓	4 Parabola altimetrica - N. 2	Raggio: 1000,00 m Lunghezza: 72,29 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Raggio minimo verticale		1000,00 m	1000,00 m	55,38 km/h
✓	5 Livelletta - N. 3	Pendenza: 0,01 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Pendenza massima		0,01 v/h	0,07 v/h	40,40 km/h
✓	6 Parabola altimetrica - N. 3	Raggio: 750,00 m Lunghezza: 36,40 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Raggio minimo verticale		750,00 m	500,00 m	40,00 km/h
✓	7 Livelletta - N. 4	Pendenza: 0,06 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Pendenza massima		0,06 v/h	0,07 v/h	40,00 km/h
✓	8 Parabola altimetrica - N. 4	Raggio: 1500,00 m Lunghezza: 91,71 m	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Raggio minimo verticale		1500,00 m	1500,00 m	46,29 km/h
✓	9 Livelletta - N. 5	Pendenza: 0,00 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Pendenza massima		0,00 v/h	0,07 v/h	41,02 km/h

Figura 42: Verifica elementi altimetrici - Rampa semidiretta in uscita sud

6.3

6.3.1 Ingresso al Terminal

Tracciamento altimetrico dell'asse

Per la costruzione dell'andamento altimetrico della rampa di ingresso al Terminal del nuovo Terminal, come quota del punto iniziale e finale del tracciato, sono state prese in considerazione quella di convergenza delle rampe di collegamento alla GVT e quella della piattaforma del terminal:

- progressiva 0+000,00: 15,75 m s.l.m.m.;
- progressiva 0+364,93: 4,30 m s.l.m.m..

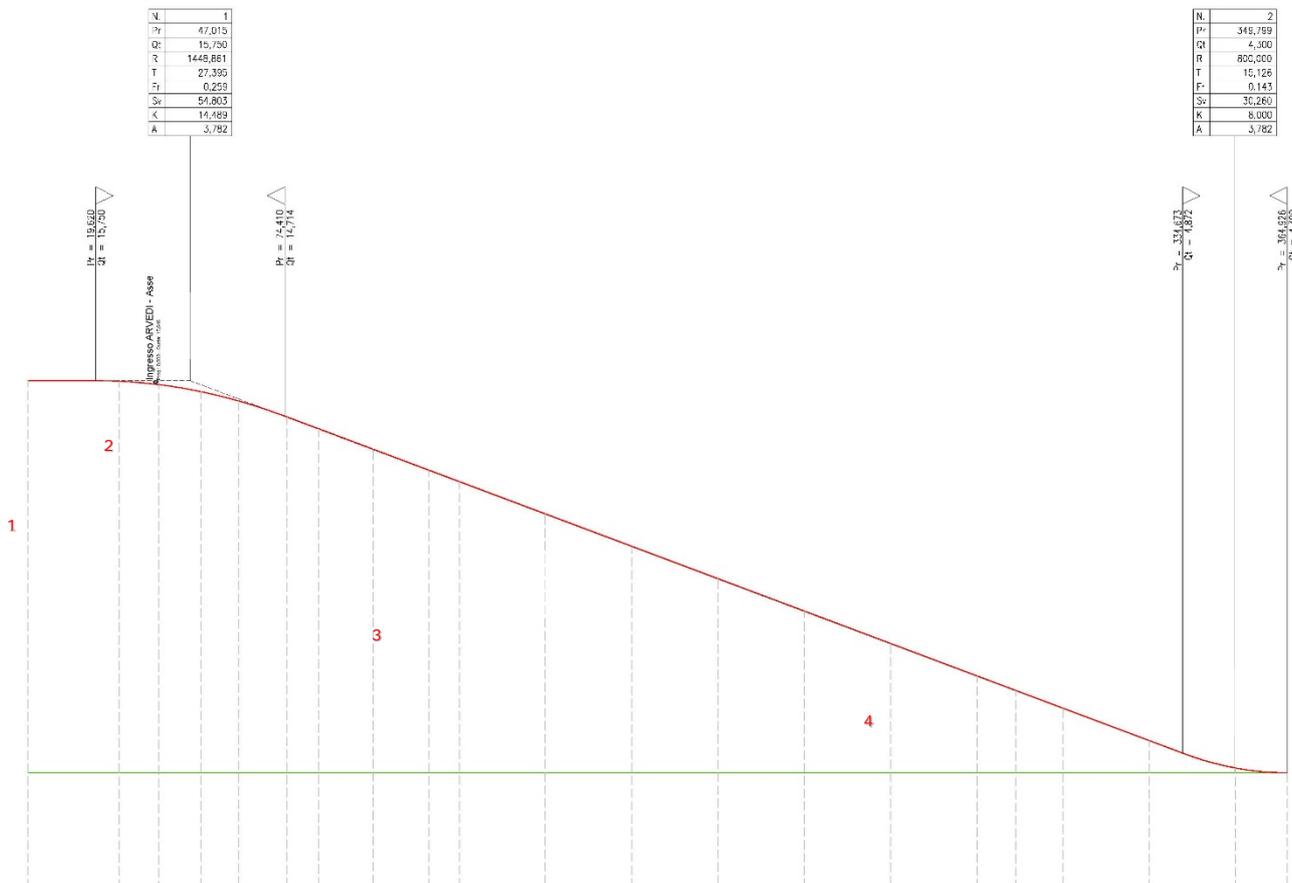


Figura 43: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa di accesso al Terminal

Nelle figure seguenti vengono riportati gli elementi che compongono il profilo altimetrico della strada in oggetto:



Relazione tecnica stradale

1 Livellotta - N. 1			
P1:	0+000,00	Pv1:	
Q1:	15,75 m	Qv1:	
P2:	0+019,62	Pv2:	0+048,70
Q2:	15,75 m	Qv2:	15,75 m
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	0,00 m
Sviluppo:	19,62 m	Pendenza:	0,00 v/h

2 Parabola altimetrica - N. 1			
P1:	0+019,62	Pv:	0+048,70
Q1:	15,75 m	Qv:	15,75 m
P2:	0+077,77		
Q2:	14,58 m	Raggio:	1448,86 m
Progressiva:	0+019,62	Pendenza iniziale:	0,00 v/h
Sviluppo:	58,16 m	Pendenza finale:	-0,04 v/h

3 Livellotta - N. 2			
P1:	0+077,77	Pv1:	0+048,70
Q1:	14,58 m	Qv1:	15,75 m
P2:	0+319,76	Pv2:	
Q2:	4,87 m	Qv2:	
Progressiva:	0+077,77	Differenza di quota:	-9,71 m
Sviluppo:	242,18 m	Pendenza:	-0,04 v/h

4 Parabola altimetrica - N. 2			
P1:	0+319,76	Pv:	0+334,88
Q1:	4,87 m	Qv:	4,30 m
P2:	0+350,01		
Q2:	4,30 m	Raggio:	800,00 m
Progressiva:	0+319,76	Pendenza iniziale:	-0,04 v/h
Sviluppo:	30,26 m	Pendenza finale:	0,00 v/h

Figura 44: Elementi altimetrici - Rampa di ingresso al Terminal

6.3.2

Verifiche altimetriche

Considerata la particolarità della piattaforma e l'utilizzo che ne verrà effettuato non sono state eseguite le classiche verifiche imposte dalla normativa per la progettazione altimetrica dell'asse stradale.

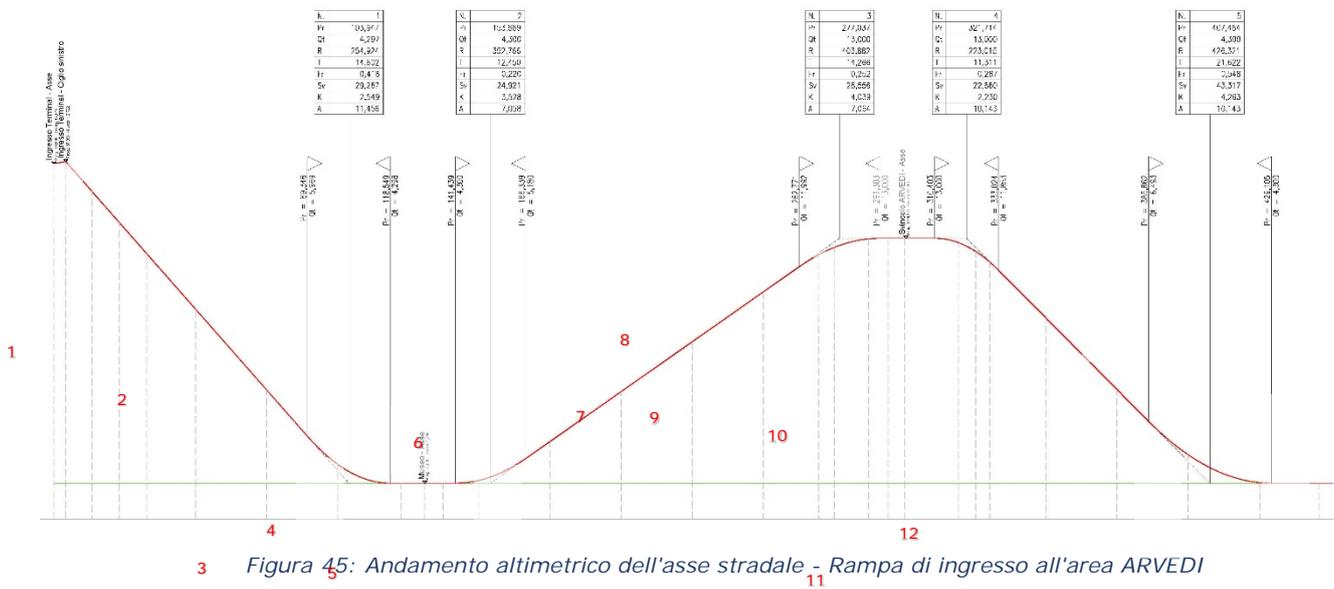
6.4.1

Ingresso all'area ARVEDI

Tracciamento altimetrico dell'asse

Per la costruzione dell'andamento altimetrico della rampa di ingresso all'area ARVEDI, come quota del punto iniziale e finale del tracciato, sono state prese in considerazione quella dell'intersezione con la rampa di ingresso al Terminal del nuovo Terminal e quella di arrivo alla quota della piattaforma del molo stesso:

- progressiva 0+000,00: 15,72 m s.l.m.m.;
- progressiva 0+451,88: 4,30 m s.l.m.m..



Nelle figure seguenti vengono riportati gli elementi che compongono il profilo altimetrico della strada in oggetto:



1 Livelletta - N. 1			
P1:	0,000 m	Pv1:	
Q1:	15,646 m	Qv1:	
P2:	4,164 m	Pv2:	
Q2:	15,722 m	Qv2:	
Progressiva:	0,000 m	Differenza di quota:	0,076 m
Sviluppo:	4,165 m	Pendenza:	0,018 v/h

2 Livelletta - N. 2			
P1:	4,164 m	Pv1:	
Q1:	15,722 m	Qv1:	
P2:	89,346 m	Pv2:	103,947 m
Q2:	5,969 m	Qv2:	4,297 m
Progressiva:	4,164 m	Differenza di quota:	-9,753 m
Sviluppo:	85,738 m	Pendenza:	-0,114 v/h

3 Parabola altimetrica - N. 1			
P1:	89,346 m	Pv:	103,947 m
Q1:	5,969 m	Qv:	4,297 m
P2:	118,549 m		
Q2:	4,298 m	Raggio:	254,924 m
Progressiva:	89,346 m	Pendenza iniziale:	-0,114 v/h
Sviluppo:	29,267 m	Pendenza finale:	0,000 v/h

4 Livelletta - N. 3			
P1:	118,549 m	Pv1:	103,947 m
Q1:	4,298 m	Qv1:	4,297 m
P2:	141,439 m	Pv2:	153,889 m
Q2:	4,300 m	Qv2:	4,300 m
Progressiva:	118,549 m	Differenza di quota:	0,001 m
Sviluppo:	22,890 m	Pendenza:	0,000 v/h

5 Parabola altimetrica - N. 2			
P1:	141,439 m	Pv:	153,889 m
Q1:	4,300 m	Qv:	4,300 m
P2:	166,339 m		
Q2:	5,180 m	Raggio:	352,766 m
Progressiva:	141,439 m	Pendenza iniziale:	0,000 v/h
Sviluppo:	24,921 m	Pendenza finale:	0,071 v/h

6 Livelletta - N. 4			
P1:	166,339 m	Pv1:	153,889 m
Q1:	5,180 m	Qv1:	4,300 m
P2:	262,771 m	Pv2:	277,037 m
Q2:	11,992 m	Qv2:	13,000 m
Progressiva:	166,339 m	Differenza di quota:	6,812 m
Sviluppo:	96,672 m	Pendenza:	0,071 v/h

7 Parabola altimetrica - N. 3			
P1:	262,771 m	Pv:	277,037 m
Q1:	11,992 m	Qv:	13,000 m
P2:	291,303 m		
Q2:	13,000 m	Raggio:	403,882 m
Progressiva:	262,771 m	Pendenza iniziale:	0,071 v/h
Sviluppo:	28,556 m	Pendenza finale:	0,000 v/h

8 Livelletta - N. 5			
P1:	291,303 m	Pv1:	277,037 m
Q1:	13,000 m	Qv1:	13,000 m
P2:	310,403 m	Pv2:	321,714 m
Q2:	13,000 m	Qv2:	13,000 m
Progressiva:	291,303 m	Differenza di quota:	0,000 m
Sviluppo:	19,100 m	Pendenza:	0,000 v/h

9 Parabola altimetrica - N. 4			
P1:	310,403 m	Pv:	321,714 m
Q1:	13,000 m	Qv:	13,000 m
P2:	333,024 m		
Q2:	11,853 m	Raggio:	223,015 m
Progressiva:	310,403 m	Pendenza iniziale:	0,000 v/h
Sviluppo:	22,660 m	Pendenza finale:	-0,101 v/h

10 Livelletta - N. 6			
P1:	333,024 m	Pv1:	321,714 m
Q1:	11,853 m	Qv1:	13,000 m
P2:	365,862 m	Pv2:	407,484 m
Q2:	6,493 m	Qv2:	4,300 m
Progressiva:	333,024 m	Differenza di quota:	-5,360 m
Sviluppo:	53,109 m	Pendenza:	-0,101 v/h

11 Parabola altimetrica - N. 5			
P1:	365,862 m	Pv:	407,484 m
Q1:	6,493 m	Qv:	4,300 m
P2:	429,105 m		
Q2:	4,300 m	Raggio:	426,321 m
Progressiva:	365,862 m	Pendenza iniziale:	-0,101 v/h
Sviluppo:	43,317 m	Pendenza finale:	0,000 v/h

12 Livelletta - N. 7			
P1:	429,105 m	Pv1:	407,484 m
Q1:	4,300 m	Qv1:	4,300 m
P2:	451,875 m	Pv2:	
Q2:	4,300 m	Qv2:	
Progressiva:	429,105 m	Differenza di quota:	0,000 m
Sviluppo:	22,770 m	Pendenza:	0,000 v/h

6.4.2

Figura 46: Elementi altimetrici - Rampa di ingresso all'area ARVEDI

Verifiche altimetriche

6.5 Considerata la particolarità della piattaforma e l'utilizzo che ne verrà effettuato non sono state eseguite le classiche verifiche imposte dalla normativa per la progettazione altimetrica dell'asse stradale.

Svincolo in direzione dell'area ARVEDI

Tracciamento altimetrico dell'asse

Per la costruzione dell'andamento altimetrico dello svincolo in direzione dell'area ARVEDI, come quota del punto iniziale e finale del tracciato, sono state prese in considerazione quella di arrivo alla quota della piattaforma del molo e quella dell'intersezione con la rampa di ingresso all'area stessa:



Relazione tecnica stradale

- progressiva 0+000,00: 4,30 m s.l.m.m.;
- progressiva 0+319,43: 13,00 m s.l.m.m..

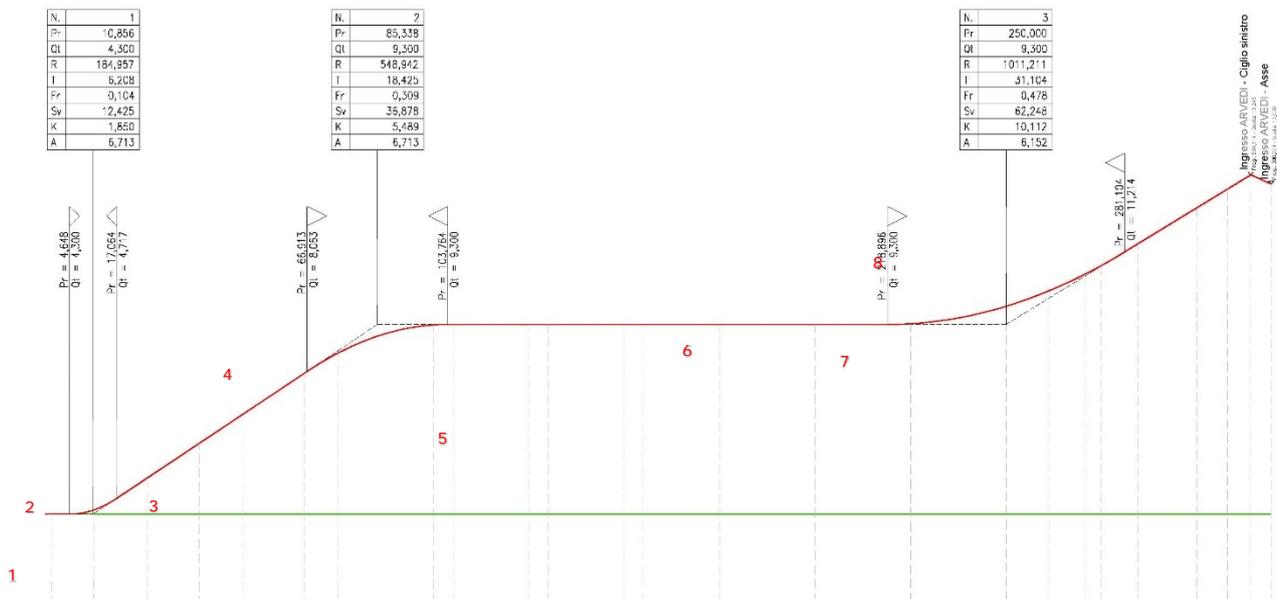


Figura 47: Andamento altimetrico dell'asse stradale - Rampa di svincolo per l'area ARVEDI

Nelle figure seguenti vengono riportati gli elementi che compongono il profilo altimetrico della strada in oggetto:



Relazione tecnica stradale

1 Livellotta - N. 1			
P1:	-1,673 m	Pv1:	
Q1:	4,300 m	Qv1:	
P2:	4,648 m	Pv2:	10,856 m
Q2:	4,300 m	Qv2:	4,300 m
Progressiva:	-1,673 m	Differenza di quota:	0,000 m
Sviluppo:	6,321 m	Pendenza:	0,000 v/h

2 Parabola altimetrica - N. 1			
P1:	4,648 m	Pv:	10,856 m
Q1:	4,300 m	Qv:	4,300 m
P2:	17,064 m		
Q2:	4,717 m	Raggio:	184,957 m
Progressiva:	4,648 m	Pendenza iniziale:	0,000 v/h
Sviluppo:	12,425 m	Pendenza finale:	0,067 v/h

3 Livellotta - N. 2			
P1:	17,064 m	Pv1:	10,856 m
Q1:	4,717 m	Qv1:	4,300 m
P2:	66,913 m	Pv2:	85,338 m
Q2:	8,063 m	Qv2:	9,300 m
Progressiva:	17,064 m	Differenza di quota:	3,346 m
Sviluppo:	49,961 m	Pendenza:	0,067 v/h

4 Parabola altimetrica - N. 2			
P1:	66,913 m	Pv:	85,338 m
Q1:	8,063 m	Qv:	9,300 m
P2:	103,764 m		
Q2:	9,300 m	Raggio:	548,942 m
Progressiva:	66,913 m	Pendenza iniziale:	0,067 v/h
Sviluppo:	36,878 m	Pendenza finale:	0,000 v/h

5 Livellotta - N. 3			
P1:	103,764 m	Pv1:	85,338 m
Q1:	9,300 m	Qv1:	9,300 m
P2:	218,896 m	Pv2:	250,000 m
Q2:	9,300 m	Qv2:	9,300 m
Progressiva:	103,764 m	Differenza di quota:	0,000 m
Sviluppo:	115,132 m	Pendenza:	0,000 v/h

6 Parabola altimetrica - N. 3			
P1:	218,896 m	Pv:	250,000 m
Q1:	9,300 m	Qv:	9,300 m
P2:	281,104 m		
Q2:	11,214 m	Raggio:	1011,211 m
Progressiva:	218,896 m	Pendenza iniziale:	0,000 v/h
Sviluppo:	62,248 m	Pendenza finale:	0,062 v/h

7 Livellotta - N. 4			
P1:	281,104 m	Pv1:	250,000 m
Q1:	11,214 m	Qv1:	9,300 m
P2:	314,121 m	Pv2:	
Q2:	13,245 m	Qv2:	
Progressiva:	281,104 m	Differenza di quota:	2,031 m
Sviluppo:	33,079 m	Pendenza:	0,062 v/h

8 Livellotta - N. 5			
P1:	314,121 m	Pv1:	
Q1:	13,245 m	Qv1:	
P2:	319,431 m	Pv2:	
Q2:	13,000 m	Qv2:	
Progressiva:	314,121 m	Differenza di quota:	-0,245 m
Sviluppo:	5,316 m	Pendenza:	-0,046 v/h

Figura 48: Elementi altimetrici - Svincolo in direzione dell'area ARVEDI

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 52 di 72</p>
---	--	----------------------

7 VERIFICA DI VISIBILITÀ PLANO-ALTIMETRICA

Per un buon coordinamento plano-altimetrico e per la sicurezza della circolazione vengono eseguite le verifiche di visibilità:

- per l'arresto;
- per il sorpasso;
- per il cambio di corsia;

in entrambe le direzioni di marcia.

Date le tipologie di piattaforma utilizzate nella progettazione, ovvero rampe monodirezionali, verrà omessa la verifica di visibilità per il sorpasso ed il cambio di corsia.

Con riferimento alla visibilità per l'arresto, questa viene valutata attraverso la seguente formula:

$$D_A = \frac{V_0}{3,6} * \tau - \frac{1}{3,6^2} * \int_{v_0}^{V_1} \frac{V}{g * \left[f_i(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV$$

dove:

- V_0 : velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità;
- V_1 : velocità finale del veicolo, in questo caso 0;
- i : pendenza longitudinale del tracciato;
- τ : tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione);
- g : accelerazione di gravità;
- Ra : resistenza aerodinamica;
- m : massa del veicolo;
- f_i : quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura;
- r_0 : resistenza unitaria al rotolamento.

Con riferimento alla visibilità per il sorpasso, questa viene valutata attraverso la seguente formula:

$$D_S = 20 * v = 5,5 * V$$

dove v (m/s) oppure V (km/h) è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità ed attribuita uguale sia per il veicolo sorpassante che per il veicolo proveniente dal senso opposto.

Rampa diretta in entrata sud alla S.S. 202 "Triestina"

Nel caso in esame la verifica è stata eseguita puntualmente attraverso il coordinamento piano-altimetrico del tracciato fino alla progressiva 0+0270,24, evidenziando la necessità di apportare degli allargamenti della sede stradale in corrispondenza dell'elemento 3:

N.	Progressiva	Allargamento esterno sx	Allargamento interno sx	Allargamento interno dx	Allargamento esterno dx
1	7,13	0,00	0,00	0,00	0,00
2	25,92	0,00	0,00	0,00	2,54
3	29,33	0,00	0,00	0,00	2,73
4	41,17	0,00	0,00	0,00	3,15
5	47,87	0,00	0,00	0,00	3,32
6	75,00	0,00	0,00	0,00	1,00
7	89,47	0,00	0,00	0,00	0,00
8	415,41	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 49: Allargamenti per la visibilità piano-altimetrica per l'arresto - Rampa diretta in entrata sud

Da quanto sopra riportato è possibile riscontrare un allargamento massimo di 1,2 m in corrispondenza dell'elemento 3; si riporta inoltre il grafico relativo alla verifica di visibilità per l'arresto effettuata:

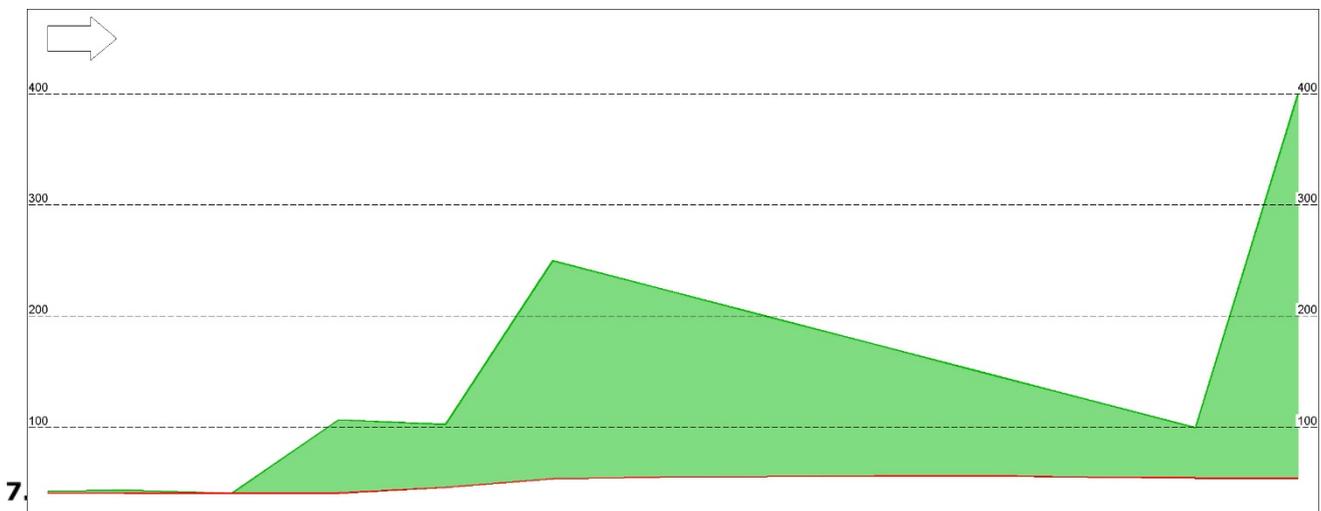


Figura 50: Verifica di visibilità per l'arresto - Rampa diretta in entrata sud

Rampa semidiretta in uscita sud dalla S.S. 202 "Triestina"

Nel caso in esame la verifica è stata eseguita puntualmente attraverso il coordinamento piano-altimetrico del tracciato, evidenziando la necessità di apportare degli allargamenti della sede stradale in corrispondenza degli elementi 3, 7 e 10:



N.	Progressiva	Allargamento esterno sx	Allargamento interno sx	Allargamento interno dx	Allargamento esterno dx
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	37,93	0,00	0,00	0,00	0,00
3	69,94	0,00	0,00	0,00	0,00
4	133,93	0,00	0,00	0,00	0,00
5	165,70	0,00	0,00	0,00	1,52
6	175,57	0,00	0,00	0,00	1,46
7	226,83	0,00	0,00	5,30	1,13
8	321,37	0,00	0,00	5,30	0,53
9	360,88	0,00	0,00	0,23	0,28
10	404,37	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 51: Allargamenti per la visibilità plano-altimetrica per l'arresto - Rampa semidiretta in uscita sud

Da quanto sopra riportato è possibile riscontrare un allargamento massimo di 2,6 m in corrispondenza dell'elemento 3, di 5,3 m all'elemento 7 e 0,53 m in corrispondenza dell'elemento 10; si riporta inoltre il grafico relativo alla verifica di visibilità per l'arresto effettuata:

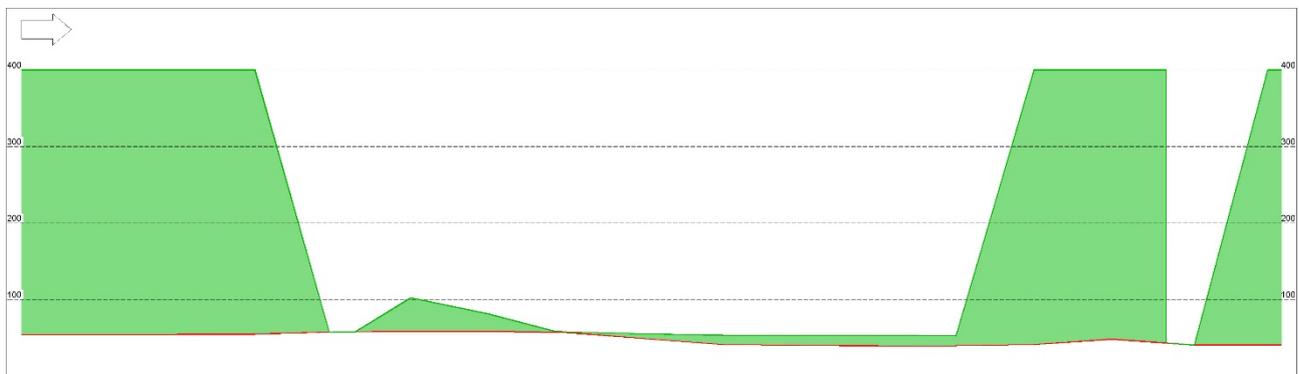


Figura 52: Verifica di visibilità per l'arresto - Rampa semidiretta in uscita sud

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 55 di 72</p>
---	--	----------------------

8 PAVIMENTAZIONE STRADALE

Per la realizzazione del nuovo svincolo stradale di connessione alla GVT (Grande Viabilità Triestina) si prevede vengano realizzate 4 rampe di collegamento con la stessa e due rami di interni, uno in direzione del nuovo Terminal ed uno in direzione dell'area ARVEDI.

Per la scelta del pacchetto da utilizzare è stato effettuato un dimensionamento *ad hoc* attraverso la metodologia di verifica AASHTO utilizzata anche nel *Catalogo delle Pavimentazioni Stradali*.

Il metodo si basa sul concetto di attitudine al mantenimento nel tempo dell'adeguatezza del servizio (serviceability) attraverso l'elaborazione dell'indice PSI (Present Serviceability Index) sulla base di misure oggettive delle caratteristiche della pavimentazione come regolarità, presenza di fessure e riparazioni, ormaie.

I dati di input presi in considerazione per il dimensionamento sono:

- Categoria stradale: A (massima categoria prevista ed assimilabile alla condizione di progetto per la distribuzione della tipologia di veicoli transitanti);
- TGM [veic/giorno]: 1.830;
- Veicoli commerciali [%]: 54;
- Giorni di traffico commerciale: 365;
- Vita utile della pavimentazione: 20 anni;
- Tasso di incremento annuo del traffico [%]: 2 (valore previsto all'interno dei piani regionali del Friuli-Venezia Giulia);
- CBR sottofondo: 20 (sulle valutazioni fatte per i materiali utilizzati per la realizzazione del sottofondo stradale); nelle tratte in rilevato dove verrà utilizzato materiale di riporto o da cava dovrà essere soddisfatto questo requisito minimo per lo strato di sottofondo.

Il metodo AASHTO si sviluppa in 7 fasi:

- 1) Viene determinato il carico di traffico in termini di ESAL (Equivalent Single Axle Load) cioè in assi standard equivalenti da 80 kN. Per procedere al calcolo vengono utilizzati lo spettro di traffico suggerito dal *Catalogo nazionale delle pavimentazioni*, nel caso specifico quello per una strada di categoria A, ed i coefficienti di equivalenza di carico per asse.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	12,2	0	24,4	14,6	2,4	12,2	2,4	4,9	2,4	4,9	2,4	4,9	0,1	0	0	12,2
A	Distribuzione dei carichi per asse in KN															
	10	15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	130			
1	12,2	0	12,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	0	0	0	0	24,4	0	0	24,4	0	0	0	0	0			
4	0	0	0	0	0	14,6	0	0	0	0	14,6	0	0			
5	0	0	0	0	2,4	0	0	4,8	0	0	0	0	0			
6	0	0	0	0	0	0	12,2	0	0	24,4	0	0	0			
7	0	0	0	0	2,4	0	0	4,8	2,4	0	0	0	0			
8	0	0	0	0	0	0	4,9	0	0	14,7	0	0	0			
9	0	0	0	0	2,4	0	0	9,6	0	0	0	0	0			
10	0	0	0	0	0	0	4,9	0	9,8	9,8	0	0	0			
11	0	0	0	0	2,4	0	0	7,2	0	2,4	0	0	0			
12	0	0	0	0	0	0	4,9	0	14,7	0	4,9	0	0			
13	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,3			
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16	0	0	0	0	0	12,2	0	12,2	0	0	0	0	0			
Totale	12,2	0	12,2	0	34	26,9	26,9	63	26,9	51,3	19,5	0,1	0,3			

Figura 53: Spettro di traffico per una strada di categoria A

Carichi asse [kN]	$C_{eq} = (L/L_{ESAL})^4$
10	0,00024
20	0,00391
30	0,01978
40	0,0625
50	0,15259
60	0,31641
70	0,58618
80	1
90	1,60181
100	2,44141
110	3,57446
120	5,0625
130	6,9729

Figura 54: Coefficienti di equivalenza di carico per asse

Da quanto esposto è possibile calcolare il carico di traffico per asse $ESAL_{passes}$:

Carichi asse [kN]	10	15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	130	Totale
$C_{eq} = (L/L_{ESAL})^4$	0,00024	0,002075	0,00391	0,01978	0,0625	0,15259	0,31641	1	1,60181	2,44141	3,57446	5,0625	6,9729	
$ESAL_{passes}$	0,002928	0	0,047702	0	2,125	4,104671	8,511429	63	43,08869	125,244333	69,70197	0,50625	2,09187	318,424842

Figura 55: Tabella riassuntiva per il calcolo dei carichi per asse

Successivamente si calcola il TGM commerciale, prima in termini di veicoli/giorno, poi lo si trasforma, mediante proporzione, in termini di ESAL/giorno:

$$TGM_{commerciale} = TGM * \%veicoli\ commerciali = 1000 \frac{veic}{giorno} = 3.146,6743\ ESAL/giorno$$

Ottenuto questo valore si può calcolare il traffico di progetto:

$$ESAL_d = \left(\frac{gg}{anno} \right)_{commerciale} * TGM_{commerciale} * v_c * F * C_e * \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 13.953.203,3611$$

Essendo C_e la percentuale di veicoli commerciali per senso di marcia (0,5), r il tasso di incremento annuo del traffico e n la vita utile della pavimentazione.

- 2) Si calcola il modulo resiliente del sottofondo:

$$M_r = 1500 * CBR = 30.000 \text{ psi}$$

- 3) Viene scelto il grado di affidabilità del calcolo Z_R , che è il frattile della distribuzione normale standard, ed S_0 , cioè la deviazione standard dello scarto fra durata effettiva e durata prevista della pavimentazione; i due termini caratterizzano la *Reliability* del metodo di calcolo con ipotesi di distribuzione normale delle variabili.

Con riferimento a Z_R viene utilizzata un'affidabilità del 90%, mentre, per quanto riguarda la deviazione standard, questa viene presa pari a 0,5.

Affidabilità (%)	Z_R
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Figura 56: Grado di affidabilità

- 4) Si stabilisce il PSI (Present Serviceability Index) iniziale e finale sulla base di misure oggettive delle caratteristiche della pavimentazione (regolarità, presenza di fessure e riparazioni, profondità ormaie); dato che viene verificato un pacchetto di nuova realizzazione vengono presi rispettivamente i valori di 4,2 e 2,5.

Il margine di funzionalità disponibile è:

$$\Delta PSI = PSI_i - PSI_f = 1,7$$

- 5) Si ipotizza una tipologia di pavimentazione e si calcola lo Structural Number (SN) che rappresenta un indice che esprime la capacità strutturale della pavimentazione.

L'indice si determina in funzione dello spessore degli strati e della tipologia di materiale per ciascuno di essi:

$$SN = \sum_{i=1}^n m_i * a_i * h_i$$

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 58 di 72</p>
---	--	----------------------

Dove n è il numero degli strati della pavimentazione, m_i è un coefficiente di drenaggio dello strato i -esimo, a_i è un coefficiente di struttura dello strato i -esimo ed h_i è lo spessore dello strato i -esimo.

Ai fini del dimensionamento viene previsto l'utilizzo del seguente pacchetto di pavimentazione stradale:

- 3 cm di conglomerato bituminoso per lo strato di usura;
- 7 cm di conglomerato bituminoso per lo strato di binder;
- 10 cm di conglomerato bituminoso per lo strato di base;
- 20 cm di misto stabilizzato per lo strato di fondazione.

Materiale	Coefficiente a
Misto granulare	0,11
Misto granulare con frantumato	0,13÷0,14
Misto bitumato	0,20÷0,22
Conglomerato bituminoso per base	0,25÷0,30
Misto cementato	0,25÷0,30
Conglomerato bituminoso per collegamento	0,36÷0,40
Conglomerato bituminoso per usura	0,40÷0,44

Figura 57: Valori di a in funzione del materiale

Considerando un valore pari a 1 per m_i degli strati legati e 0,95 per quelli non legati, il valore di SN risulta:

$$SN = 8,31 \text{ cm} = 3,2741 \text{ in}$$

- 6) Viene calcolata la perdita di serviceability dovuta al traffico, cioè il numero di ESAL che la pavimentazione di progetto è in grado di sopportare, attraverso la seguente formulazione:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 9,36 * \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 * \log_{10}(M_R) - 8,07$$

dalla quale si ottiene un valore di:

$$ESAL_p = 14.999.092,3404$$

- 7) Analizzando i risultati:

$$ESAL_p = 14.999.092,3404 > 13.953.203,3611 = ESAL_d$$

la capacità portante della pavimentazione risulta essere ampiamente superiore del danno inflitto dal traffico nel corso della sua vita utile, perciò l'utilizzo di tale pacchetto, oltre a garantire durata e sicurezza, permette di resistere ad eventuali aumenti di traffico nel corso degli anni.

	Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001 Relazione tecnica stradale	Pag. 59 di 72
---	--	---------------

Con il calcolo appena effettuato, considerando che sulle 2 rampe, come indicato nel capitolo inerente i dati di traffico, i valori del TGM (Traffico Giornaliero Medio), risultano essere inferiori, con le medesime condizioni al contorno anche per questi assi il pacchetto risulta essere adeguato ai flussi veicolari:

- Rampe in direzione Muggia: $ESAL_p = 14.999.092,3404 > 10.476.339,5728 = ESAL_d$;

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 60 di 72</p>
---	--	----------------------

9 DISPOSITIVI DI RITENUTA

Scelta della tipologia di dispositivi

A seguito della redazione progettuale per la realizzazione del nuovo svincolo stradale di connessione alla GVT (Grande Viabilità Triestina), si è riscontrata la necessità di inserire dispositivi di ritenuta lungo tutto l'intervento e sui nuovi manufatti previsti.

Per la scelta dei dispositivi di ritenuta adeguati alle caratteristiche geometriche e di traffico delle strade, ai fini della sicurezza degli utenti, è necessario fare riferimento alle seguenti normative:

- normativa europea UNI EN 1317 "Barriere di sicurezza stradali";
- normativa italiana:
 - o D.M. 18/02/1992 n. 223;
 - o D.M. 03/06/1998;
 - o D.M. 21/06/2004 n. 2367;
 - o Circolare n° 104862 del 15/11/2007;
 - o Circolare n° 62032 del 21/07/2010;
 - o D.M. 28/06/2011.

In funzione della quantità di traffico precedentemente analizzata ed espressa in termini di TGM, con un valore di 1.830 veicoli/giorno, ed una percentuale di veicoli pesanti del 54%, è possibile determinare la tipologia di traffico da utilizzare nella progettazione dei dispositivi di ritenuta:

TIPO DI TRAFFICO	TGM	% VEICOLI CON MASSA > 3,5 T
I	≤ 1000	QUALSIASI
I	> 1000	≤ 5
II	> 1000	5 < N ≤ 15
III	> 1000	> 15

Figura 58: Individuazione del tipo di traffico

che in questo caso risulta essere di tipo III; detto ciò, in funzione della categoria stradale, è necessario l'inserimento di barriere tipo H3 per il Bordo Ponte.

TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	BARRIERE SPARTITRAFFICO	BARRIERE BORDO LATERALE	BARRIERE BORDO PONTE(1)	ATTENUATORI
AUTOSTRAD E STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI (B)	I	H2	H1	H2	P50, P80, P100
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 (2)	H2-H3 (2)	H3-H4 (2)	
STRADE EXTRAURBANE	I	H1	N2	H2	
SECONDARIE (C) E STRADE URBANE DI SCORRIMENTO (D)	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	

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale
 (2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Figura 59: Scelta della classe minima di contenimento

Viene prevista l'installazione di barriere H3 BP (Bordo Ponte) a nastro e paletti, per le quali devono essere soddisfatte le verifiche imposte dalla normativa per le prove di crash test:

- Prova TB11 - input:
 - o velocità: 100 km/h;
 - o angolo di impatto: 20°;
 - o massa del veicolo: 900 kg;
- Prova TB61 - input:
 - o velocità: 80 km/h;
 - o angolo di impatto: 20°;
 - o massa del veicolo: 16000 kg;

I valori risultanti dalla prova, che devono essere contenuti nei limiti imposti, sono i seguenti:

- ASI (Acceleration Severity Index): livello di accelerazioni subite dagli occupanti del veicolo, considerati seduti, con cinture di sicurezza allacciate;

LIVELLO DI SEVERITÀ DELL'URTO	INDICI	
A	ASI ≤ 1,0	*THIV ≤ 33 KM/H
B	1,0 < ASI ≤ 1,4	
C	1,4 < ASI ≤ 1,9	

*Per quanto concerne il parametro THIV le norme prescrivono un valore massimo pari a 33 km/h per le barriere di sicurezza (UNI EN 1317-2) e 44 km/h per attenuatori e terminali (UNI EN 1317-3 e 4).

Figura 60: Livelli di severità dell'urto



- THIV (Theoretical Head Impact Velocity): velocità teorica con cui la testa impatta su un'ipotetica superficie interna del veicolo alla fine del tempo di volo;
- D_m (deflessione dinamica): massimo spostamento dinamico trasversale del fronte del sistema di contenimento;
- W_m (larghezza operativa): distanza tra la posizione iniziale del fronte del sistema di contenimento e la massima posizione dinamica laterale di qualsiasi componente principale del sistema;

CLASSI CON LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA	LIVELLI DI LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA
W1	$W_N \leq 0,6 \text{ M}$
W2	$W_N \leq 0,8 \text{ M}$
W3	$W_N \leq 1,0 \text{ M}$
W4	$W_N \leq 1,3 \text{ M}$
W5	$W_N \leq 1,7 \text{ M}$
W6	$W_N \leq 2,1 \text{ M}$
W7	$W_N \leq 2,5 \text{ M}$
W8	$W_N \leq 3,5 \text{ M}$

Figura 61: Larghezza operativa normalizzata

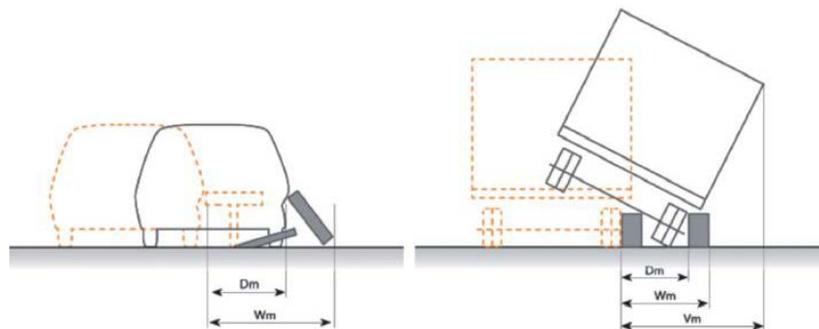


Figura 62: Schemi per la misura dei parametri geometrici

- V_{Im} (intrusione del veicolo): distanza tra la posizione iniziale del fronte lato strada della barriera di sicurezza e la massima posizione dinamica laterale di qualsiasi componente principale del veicolo;

CLASSI DI INTRUSIONE VEICOLO NORMALIZZATI	LIVELLI DI INTRUSIONE VEICOLO NORMALIZZATI
VI1	$V_{I_n} \leq 0,6 \text{ M}$
VI2	$V_{I_n} \leq 0,8 \text{ M}$
VI3	$V_{I_n} \leq 1,0 \text{ M}$
VI4	$V_{I_n} \leq 1,3 \text{ M}$
VI5	$V_{I_n} \leq 1,7 \text{ M}$
VI6	$V_{I_n} \leq 2,1 \text{ M}$
VI7	$V_{I_n} \leq 2,5 \text{ M}$
VI8	$V_{I_n} \leq 3,5 \text{ M}$
VI9	$V_{I_n} > 3,5 \text{ M}$

Figura 63: Classe d'intrusione normalizzata

Inserimento dei dispositivi nel contesto

9.2 Per l'ancoraggio delle barriere Bordo Laterale la lunghezza di infissione dei montanti deve essere tale da mantenere la rigidità prevista dal sistema a seguito delle prove di crash test ed il valore viene indicato dalla casa costruttrice scelta.

Nel passaggio tra barriere BP e BL viene previsto l'inserimento degli appositi elementi di raccordo (fasce di collegamento dei nastri ed eventualmente terminali degli elementi di protezione superiori); nel caso in cui la barriera termini senza continuità si deve prevedere l'inserimento di appositi terminali.

Quanto sopra esposto è dipendente dalla scelta della casa costruttrice.

In particolare, vengono riportate le indicazioni normative (che dovranno essere rispettate in fase di esecuzione dei lavori) con riferimento alle tratte di raccordo:

- la lunghezza di transizione dovrà essere almeno pari a 12,5 volte la differenza tra le deformazioni dinamiche delle due barriere accoppiate;
- la rigidità all'interno di qualunque tipo di transizione dovrà variare gradualmente da quella del sistema meno rigido a quella del più rigido;
- il collegamento tra gli elementi longitudinali "resistenti" delle due barriere deve essere fatto per mezzo di elementi di raccordo inclinati sul piano verticale di non più dell'8% e non più di 5° sul piano orizzontale;
- tutte le transizioni tra barriere metalliche di diverso tipo dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal produttore, curando che non rimangano in alcun caso discontinuità tra gli elementi longitudinali che compongono le barriere;
- l'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal produttore, avendo cura di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali, prima della sua interruzione;

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 64 di 72</p>
---	--	----------------------

- nel caso particolare di transizioni tra barriere che prevedono il corrente superiore e barriere che non lo prevedono, quest'ultimo dovrà essere raccordato con un pezzo speciale terminale sagomato e vincolato al paletto della barriera senza corrente superiore ubicato al termine della transizione, a tergo della medesima.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 65 di 72</p>
---	--	----------------------

10 SEGNALETICA

Ai fini della sicurezza degli utenti viene prevista l'utilizzazione di una serie di segnali stradali, sia verticali che orizzontali, i quali fanno riferimento al seguente quadro normativo:

- D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 "*Nuovo Codice della Strada*" (C.d.S.);
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 "*Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo C.d.S.*";
- Direttiva Ministero dei Lavori Pubblici del 24/10/2000 (sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del C.d.S. in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione).

In particolare, viene fatto riferimento al Titolo II "*Della costruzione e tutela delle strade*", Capo II "*Organizzazione della circolazione e segnaletica stradale*" del D.Lgs. 30/04/1992 n.285 "*Nuovo Codice della Strada*":

- Art. 37 "*Apposizione e manutenzione della segnaletica stradale*";
- Art. 38 "*Segnaletica stradale*";
- Art. 39 "*Segnali verticali*";
- Art. 40 "*Segnali orizzontali*";
- Art. 41 "*Segnali luminosi*";
- Art. 42 "*Segnali complementari*";
- Art. 43 "*Segnalazione degli agenti del traffico*";
- Art. 44 "*Passaggi a livello*";
- Art. 45 "*Uniformità segnaletica, mezzi di regolazione e controllo ed omologazioni*".

10.1 Tutti i segnali previsti dal D.L. 30/04/1992 n.285 sono soggetti ad omologazione del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, previo accertamento del grado di protezione e delle caratteristiche geometriche, fotometriche, cromatiche e di idoneità indicati nel D.P.R. 16/12/1992 n. 495 ed in specifiche Norme (D.va LL.PP. 24/10/2000).

Segnaletica verticale

La segnaletica verticale si esplica attraverso una serie di pannelli:

- segnali di pericolo: presenza di pericolo specifico e obbligo di comportamento adeguato;
- segnali di prescrizione: obblighi, divieti e limitazioni;

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 66 di 72</p>
---	--	----------------------

- segnali di indicazione: informazioni utili e/o necessarie per la guida.

La visibilità e la leggibilità della segnaletica verticale si realizza per effetto di un processo definito "meccanica della percezione" che si articola cronologicamente in:

- Individuazione: isolamento del segnale dallo sfondo:
 - o analisi del rapporto superficie cartello/categoria strada;
 - o la visione migliora quando il segnale si trova al centro del campo visivo (un segnale laterale implica un processo di focalizzazione più complesso e conseguente calo del livello di attenzione momentanea);
 - o il posizionamento deve avvenire valutando la possibilità di occupazione della sede stradale da parte del veicolo pesante (dimensioni/posizione);
 - o la posizione migliore è giudicata quella che vede il segnale a circa 1,5 m sulla destra della carreggiata ed a circa 2,4 m al di sopra di essa: in tal modo la lettura può avvenire senza alzare o voltare la testa rispetto all'asse ottimale di guida.
- Identificazione: riconoscimento della forma e dei colori del pannello legata direttamente al contrasto in radianza cioè il rapporto flusso luminoso emesso/rinviato per unità di superficie:
 - o ore diurne: visuale d'insieme dell'ambiente – appropriate combinazioni cromatiche e opportuno dimensionamento;
 - o ore notturne: illuminazione con l'impianto fari e retroriflessione;
 - o il concetto del contrasto garantisce le situazioni migliori: in generale sfondi bianchi sono indicati per installazioni a lato carreggiata e sfondi verdi/blu per installazioni su portali.
- Lettura: discriminazione del messaggio che si desidera trasmettere:
 - o i segnali devono contenere soltanto informazioni essenziali;
 - o il contrasto tra sfondo e scritte deve essere 8:1 o 10:1;
 - o altezza media dei caratteri in funzione della distanza di lettura:
 - di giorno: 2,5 cm/15 m;
 - di notte: 2,5 cm/12,8 m;
 - o le migliori combinazioni risultano essere:
 - nero su giallo;

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 67 di 72</p>
---	--	----------------------

- nero su bianco;
 - bianco su nero.
- Reazione: manovra effettuata in esito all’analisi mentale del messaggio:
- tempo di lettura istantaneo stradale: si ipotizza di 1 s;
 - tempo di inizio lettura:
 - segnaletica di posizione: 5 s;
 - pre-segnaletica: 3 s.

L’efficacia della segnaletica verticale è tanto migliore quanto più lungo è l’intervallo di tempo concesso al conducente per reagire agli stimoli; quanto detto viene espresso dal processo di riconoscimento, il quale si distingue in due distanze:

- campo di leggibilità d_l : porzione di spazio che consente la lettura di quanto è scritto sul segnale verticale:

$$d_l = d_{l,max} - d_{l,min}$$

- $d_{l,max}$: distanza a cui è possibile distinguere il messaggio;
 - $d_{l,min}$: distanza che permette di completare la lettura;
- distanza di avvistamento d_{avv} : spazio privo di ostacoli che deve essere garantito per la corretta visibilità del segnale relativa ad una determinata velocità di percorrenza:

$$d_{avv} = d_p + d_l + d_{at}$$

- d_p : distanza di percezione;
- d_l : campo di leggibilità;
- d_{at} : distanza di attuazione del comportamento.

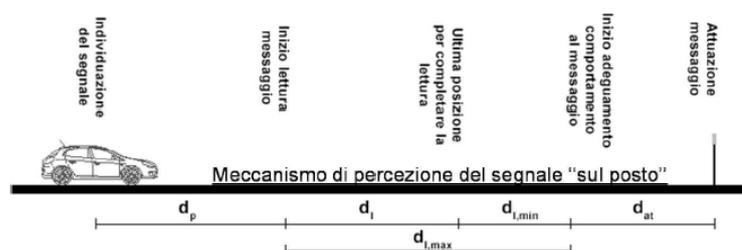


Figura 29: Processo di riconoscimento della segnaletica verticale

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione tecnica stradale</p>	<p>Pag. 68 di 72</p>
---	--	----------------------

Secondo gli Artt. 79 e 81 del D.P.R. 16/12/1992 n. 495, per posizionamento plano-altimetrico dei segnali verticali, si deve verificare in ogni punto la sussistenza delle distanze di avvistamento e di ubicazione.

Categoria di strada	Minima distanza di avvistamento [m]	
	Segnali di pericolo	Segnali di prescrizione
Autostrade e strade extraurbane principali	150	250
Strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento	100	150
Altre strade	50	80

Figura 30: Distanze di avvistamento dei segnali verticali

Le indicazioni generali adottate per la redazione del progetto sono le seguenti:

- segnali su carreggiata: altezza minima 5,1 m;
- segnali su marciapiedi: altezza minima 2,2 m;
- sostegni su marciapiedi:
 - o distanza minima ciglio interno 0,3 m;
 - o distanza massima ciglio interno 1 m;
- sostegni ubicati a distanze dal ciglio della banchina non inferiori a 0,5 m;
- evitare segnali coperti da ostacoli;
- evitare molti pannelli sullo stesso sostegno;
- evitare l'ubicazione di segnali in prossimità di insegne/cartelloni pubblicitari;
- garantire adeguate condizioni dei pannelli.

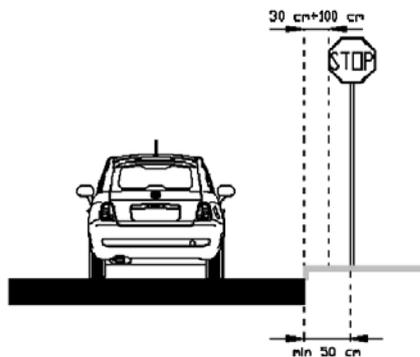


Figura 31: Distanza del segnale dalla banchina

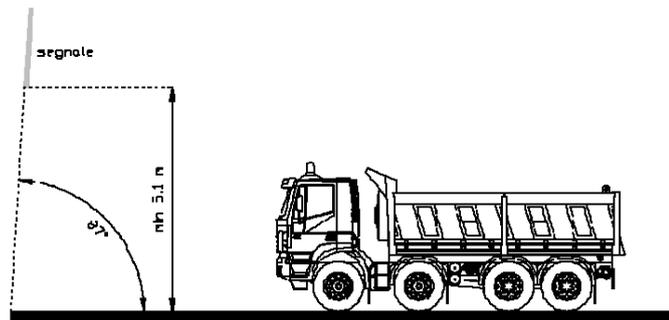


Figura 32: Altezza e inclinazione del segnale

Segnaletica orizzontale

10.2 Le linee ed i dispositivi orizzontali hanno la funzione di caratterizzare la strada, tracciare la guida dei percorsi, costituire in generale un riferimento.

I principali segnali orizzontali si suddividono in:

- strisce longitudinali;
- strisce trasversali;
- attraversamenti pedonali e ciclabili;
- frecce direzionali;
- iscrizioni e simboli;
- strisce di delimitazione;
- isole di traffico e presegnalamento.

In particolare, nella redazione del progetto si è riscontrata la necessità di utilizzare:

- la larghezza minima delle strisce longitudinali di separazione corsie di 12 cm;
- la larghezza minima delle strisce longitudinali di margine di 15 cm;
- zebraure aventi spessore 60 cm ed interasse 120 cm;
- linea di stop di spessore 50 cm.

Vengono riportati gli estratti del C.d.S. che fanno riferimento alla tipologia e caratterizzazione delle strisce longitudinali:



Relazione tecnica stradale

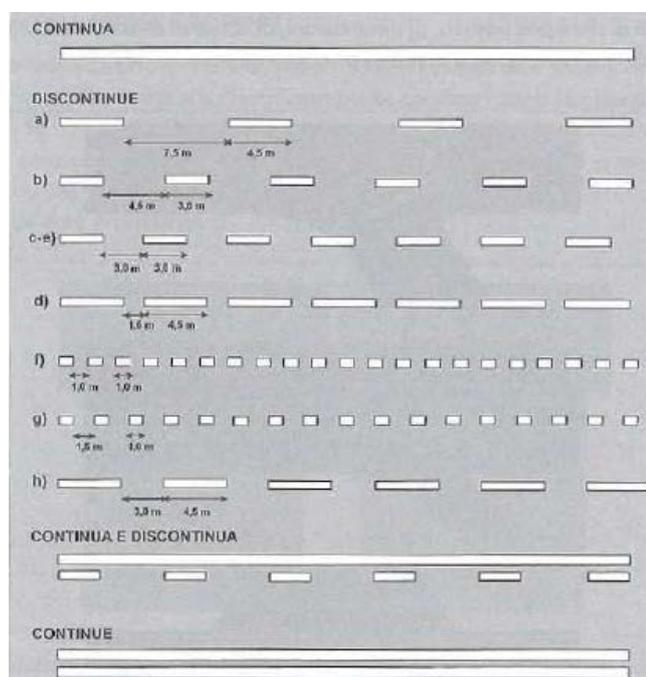


Figura 33: Tipologia e caratterizzazione delle strisce longitudinali (parte 1)

TIPO DI STRISCIA	TRATTO (m)	INTERVALLO (m)	AMBITO DI APPLICAZIONE
a	4,5	7,5	Per separazione dei sensi di marcia e delle corsie di marcia nei tratti con velocità di progetto maggiore di 110 km/h
b	3,0	4,5	Per separazione dei sensi di marcia e delle corsie di marcia nei tratti con velocità di progetto tra 50 e 110 km/h
c	3,0	3,0	Per separazione dei sensi di marcia e delle corsie di marcia nei tratti con velocità di progetto non superiore a 50 km/h
d	4,5	1,5	Per strisce di preavviso dell'approssimarsi di una striscia continua
e	3,0	3,0	Per delimitare le corsie di entrata ed uscita alle intersezioni
f	1,0	1,0	Per strisce di margine per interruzione di linee continue in corrispondenza di accessi laterali o di passi carrabili
g	1,0	1,5	Per strisce di guida sulle intersezioni
h	4,5	3,0	Per strisce di separazione delle corsie reversibili

Figura 34: Tipologia e caratterizzazione delle strisce longitudinali (parte 2)