

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	3
2.1	Andamento planimetrico e diagramma delle velocità.....	3
2.2	Andamento altimetrico	7
3	L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO.....	9
3.1	Ampliamento autostradale.....	10
3.1.1	Andamento planimetrico e diagramma di velocità.....	12
3.1.2	Asse Nord.....	12
3.1.3	Asse Sud	13
3.2	Adeguamento degli svincoli e delle aree di servizio.....	15
4	CRITERI PROGETTUALI	17
4.1	ASSE AUTOSTRADALE	17
4.1.1	Caratteristiche planimetriche.....	17
4.1.2	Caratteristiche altimetriche.....	20
4.1.3	Analisi di visibilità	21
4.2	INTERSEZIONI	23
4.2.1	Criteri per la definizione della geometria d'asse.....	23
4.2.2	Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate	24
5	VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	25
5.1	Asse autostradale.....	25
5.1.1	Carreggiata Nord	25
5.1.2	Carreggiata Sud.....	27
5.2	Interconnessioni svincoli e aree di servizio	28
5.2.1	Corsie di immissione - Valutazioni funzionali	28
5.2.2	Adeguamento Svincolo di Terme Euganee.....	30
5.2.3	Adeguamento Area di Servizio San Pelagio	31
5.2.4	Schede verifiche funzionali corsie di immissione	32

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al Progetto Definitivo per l'Ampliamento alla 3ª corsia dell'Autostrada A13 Bologna-Padova nel tratto compreso fra lo Svincolo di Monselice e l'Interconnessione A13/A4 a sud di Padova.

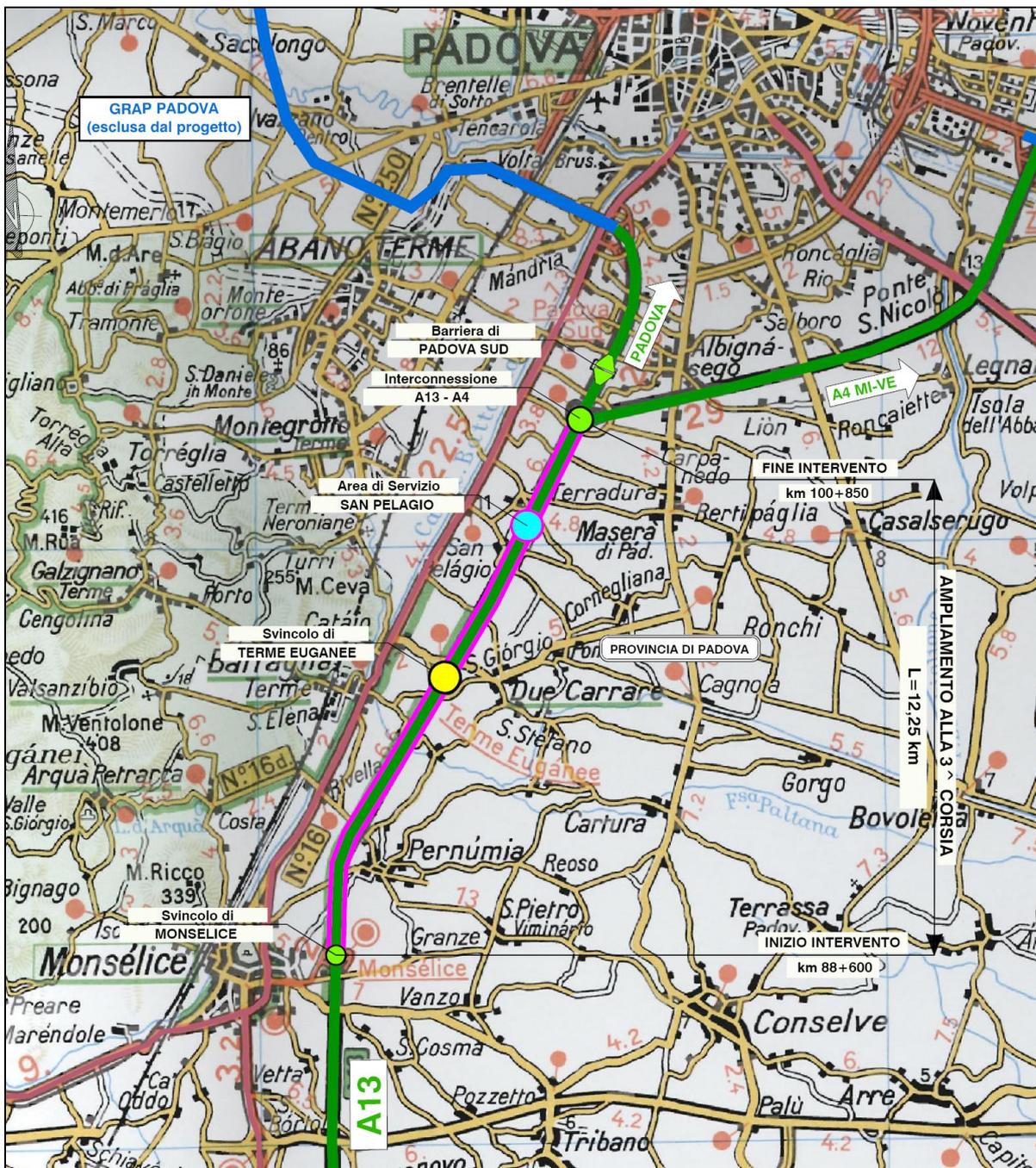


Figura 1 - Inquadramento territoriale

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 88+600 (in corrispondenza dello Svincolo di Monselice) fino alla progressiva 100+850 (in corrispondenza dell'Interconnessione A13/A4) e prevede per tutta l'estensione un potenziamento del tipo in sede.

Ad eccezione del tratto centrale, compreso fra le progressive 94+477 e 97+155 circa, per i tratti iniziale di 5.877 m e finale di 3.695 m è previsto un ampliamento di tipo simmetrico per una larghezza di circa 5 m per ciascun lato.

Lungo il suddetto tratto centrale di circa 2.678 m, comprendente le transizioni iniziale e finale alla sezione di ampliamento simmetrico, è previsto un ampliamento totalmente asimmetrico di circa 10.50 m sul lato della carreggiata direzione Padova. Il mantenimento dell'attuale ciglio autostradale della carreggiata direzione Bologna, consente di ridurre al minimo l'intervento di adeguamento delle rampe di tipo diretto dello Svincolo di Terme Euganee.

Nel presente documento sono descritte le caratteristiche stradali del progetto di potenziamento e illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza con le indicazioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 05/11/2001, prot. 6792) per autostrade extraurbane (strade di categoria A), non cogente per l'intervento in oggetto ai sensi del DM 22.04.04, in quanto trattasi di adeguamento di un'infrastruttura esistente.

2 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il nastro autostradale esistente si sviluppa su un territorio pianeggiante con una sezione sempre in rilevato prevalentemente di contenuta altezza, ad eccezione delle zone di scavalco dei corsi d'acqua interferenti.

I ponti sono di modesta estensione e non sono presenti significative opere di sostegno.

La sezione esistente è caratterizzata da due carreggiate, ciascuna composta da una corsia di marcia lenta e una di sorpasso di larghezza 3.75m, oltre alla corsia di emergenza da 2.50m. Lo spartitraffico centrale ha una larghezza pari 1.55m con banchine centrali da 45cm, per una larghezza complessiva del margine interno pari a 2.45m.

Il pavimentato totale è di 10.45m per ciascuna carreggiata, per una larghezza complessiva media della piattaforma stradale di circa 22.45m (vedi Figura 2). I tratti in viadotto mantengono la sezione tipo del pavimentato corrente.

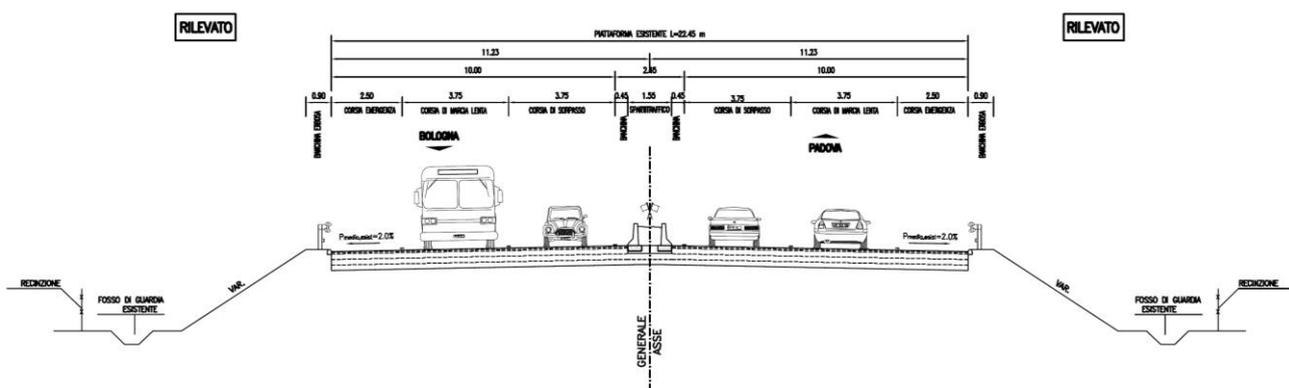


Figura 2 – Sezione tipo piattaforma esistente

2.1 Andamento planimetrico e diagramma delle velocità

L'andamento planimetrico si presenta piuttosto filante, con curve in alcuni casi sprovviste di raccordi clotoidici e valori di raggio piuttosto elevati: a partire da circa 1500m, fino ad un valore massimo di 5000m.

In Tabella 1 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l'asse autostradale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato

(R=Rettifilo, C=Curva Circolare). In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX=curva destrorsa, SX=curva sinistrorsa).

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	88,600.000	89,667.898	1067.898	R		
2	89,667.898	89,881.427	213.528	AT	565.00	
3	89,881.427	90,202.130	320.703	C	1495.00	DX
4	90,202.130	90,400.809	198.679	AT	545.00	
5	90,400.809	92,028.335	1627.526	R		
6	92,028.335	92,145.400	117.065	AT	535.00	
7	92,145.400	92,567.081	421.681	C	2445.00	DX
8	92,567.081	92,732.000	164.918	AT	635.00	
9	92,732.000	94,462.873	1730.874	R		
10	94,462.873	94,566.116	103.242	AT	550.00	
11	94,566.116	94,826.363	260.248	C	2930.00	DX
12	94,826.363	94,929.605	103.242	AT	550.00	
13	94,929.605	96,551.329	1621.723	R		
14	96,551.329	97,065.741	514.412	C	2175.00	SX
15	97,065.741	97,160.925	95.184	AT	455.00	
16	97,160.925	98,974.027	1813.102	R		
17	98,974.027	99,219.110	245.083	C	5000.00	DX
19	99,219.110	99,347.110	128.000	AT	800.00	

Tabella 1 – Asse esistente: riepilogo caratteristiche planimetriche

Nelle Tabella 2 e 3 sono sintetizzati i risultati della verifiche delle caratteristiche planimetriche del tracciato autostradale per ciascun senso di marcia.

In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (8) è indicato il valore di pendenza trasversale, mentre in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto di libera percorrenza calcolato in relazione agli effettivi valori delle pendenze trasversali.

Nelle colonne da (10) a (13) per quanto concerne gli elementi planimetrici che non rispettano le indicazioni normative vengono indicati:

- i valori minimi (o massimi) dei parametri che permetterebbero di ricondurre l'elemento a quanto indicato dalla normativa¹;
- l'esito negativo della verifica;

¹ In alcuni casi tali valori sono da considerarsi indicativi in quanto la modifica dei parametri comporta una conseguente modifica della geometria d'asse e del diagramma delle velocità e quindi della velocità massima da doversi considerare nella verifica.

– Il motivo della non congruenza secondo l'elenco riportato al § 4.1.1.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	88,600.000	89,667.898	1067.898	R				140.0				
2	89,667.898	89,881.427	213.528	AT	565.00			140.0				
3	89,881.427	90,202.130	320.703	C	1495.00	DX	3.14	125.8				
4	90,202.130	90,400.809	198.679	AT	545.00			140.0				
5	90,400.809	92,028.335	1627.526	R				140.0				
6	92,028.335	92,145.400	117.065	AT	535.00			131.1		815.00	NO	(h3)
7	92,145.400	92,567.081	421.681	C	2445.00	DX	2.20	121.8			NO	(f1) [-18.2km/h]
8	92,567.081	92,732.000	164.918	AT	635.00			134.8		815.00	NO	(h3)
9	92,732.000	94,462.873	1730.874	R				140.0				
10	94,462.873	94,566.116	103.242	AT	550.00			130.5		976.67	NO	(h3)
11	94,566.116	94,826.363	260.248	C	2930.00	DX	2.10	122.4			NO	(f1) [-17.6km/h]
12	94,826.363	94,929.605	103.242	AT	550.00			132.8		976.67	NO	(h3)
13	94,929.605	96,551.329	1621.723	R				140.0				
14	96,551.329	97,065.741	514.412	C	2175.00	SX	2.30	121.9			NO	(f1) [-18.1km/h]
15	97,065.741	97,160.925	95.184	AT	455.00			129.5		725.00	NO	Err. AE/AU (h3)
16	97,160.925	98,974.027	1813.102	R				140.0				
17	98,974.027	99,219.110	245.083	C	5000.00	DX	1.80	125.5			NO	(f1) [-14.5km/h]
18	99,219.110	99,347.110	128.000	AT	800.00			135.5		1666.67	NO	Err. AE/AU (h3)
19	99,347.110	100,855.171	1508.061	R				140.0				

Tabella 2 - Asse esistente: verifiche planimetriche carreggiata Padova

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	88,600.000	89,667.898	1067.898	R				140.0				
2	89,667.898	89,881.427	213.528	AT	565.00			138.1				
3	89,881.427	90,202.130	320.703	C	1495.00	DX	2.45	121.2			NO	(f1) [-18.8 km/h]
4	90,202.130	90,400.809	198.679	AT	545.00			136.9				
5	90,400.809	92,028.335	1627.526	R				140.0				
6	92,028.335	92,145.400	117.065	AT	535.00			134.1		815.00	NO	(h3)
7	92,145.400	92,567.081	421.681	C	2445.00	DX	2.48	125.0			NO	(f1) [-15.1 km/h]
8	92,567.081	92,732.000	164.918	AT	635.00			137.8		815.00	NO	(h3)
9	92,732.000	94,462.873	1730.874	R				140.0				
10	94,462.873	94,566.116	103.242	AT	550.00			139.3		976.67	NO	(h3)
11	94,566.116	94,826.363	260.248	C	2930.00	DX	2.77	131.4				
12	94,826.363	94,929.605	103.242	AT	550.00			139.3		976.67	NO	(h3)
13	94,929.605	96,551.329	1621.723	R				140.0				
14	96,551.329	97,065.741	514.412	C	2175.00	SX	2.18	120.8			NO	(f1) [-19.3 km/h]
15	97,065.741	97,160.925	95.184	AT	455.00			128.3		725.00	NO	Err. AE/AU (h3)
16	97,160.925	98,974.027	1813.102	R				140.0				
17	98,974.027	99,219.110	245.083	C	5000.00	DX	2.22	135.4				
18	99,219.110	99,347.110	128.000	AT	800.00			140.0		1666.67	NO	Err. AE/AU (h3)
19	99,347.110	100,855.171	1508.061	R				140.0				

Tabella 3 - Asse esistente: verifiche planimetriche carreggiata Bologna

L'asse esistente risulta correttamente verificato per quanto concerne le curve circolari e i rettili, mentre le curve a raggio variabile (clotoidi) non verificano i criteri ottici e in alcuni casi anche i criteri dinamici.

I valori delle pendenze trasversali esistenti in curva sono inferiori a quanto previsto dalla normativa di riferimento.

In Figura 3 e 4 si riportano il diagrammi delle velocità, uno per ciascun senso di marcia, determinati, come previsto al punto 5.4 del D.M. n. 5/11/2001, adottando per il calcolo della velocità di progetto delle curve circolari i valori delle pendenze trasversali esistenti (vedi Tabella 2 e 3) desunte dal rilievo topografico.

Dai calcoli effettuati la velocità di libera percorrenza (vedi Figura 3 e 4) risulta penalizzata a dai valori delle pendenze trasversali esistenti perché decisamente inferiori a quelle teoriche previste dalla normativa di riferimento; pertanto lungo le curve circolari non si arriva mai alla velocità massima di 140 km/h altrimenti raggiungibile con le pendenze teoriche.

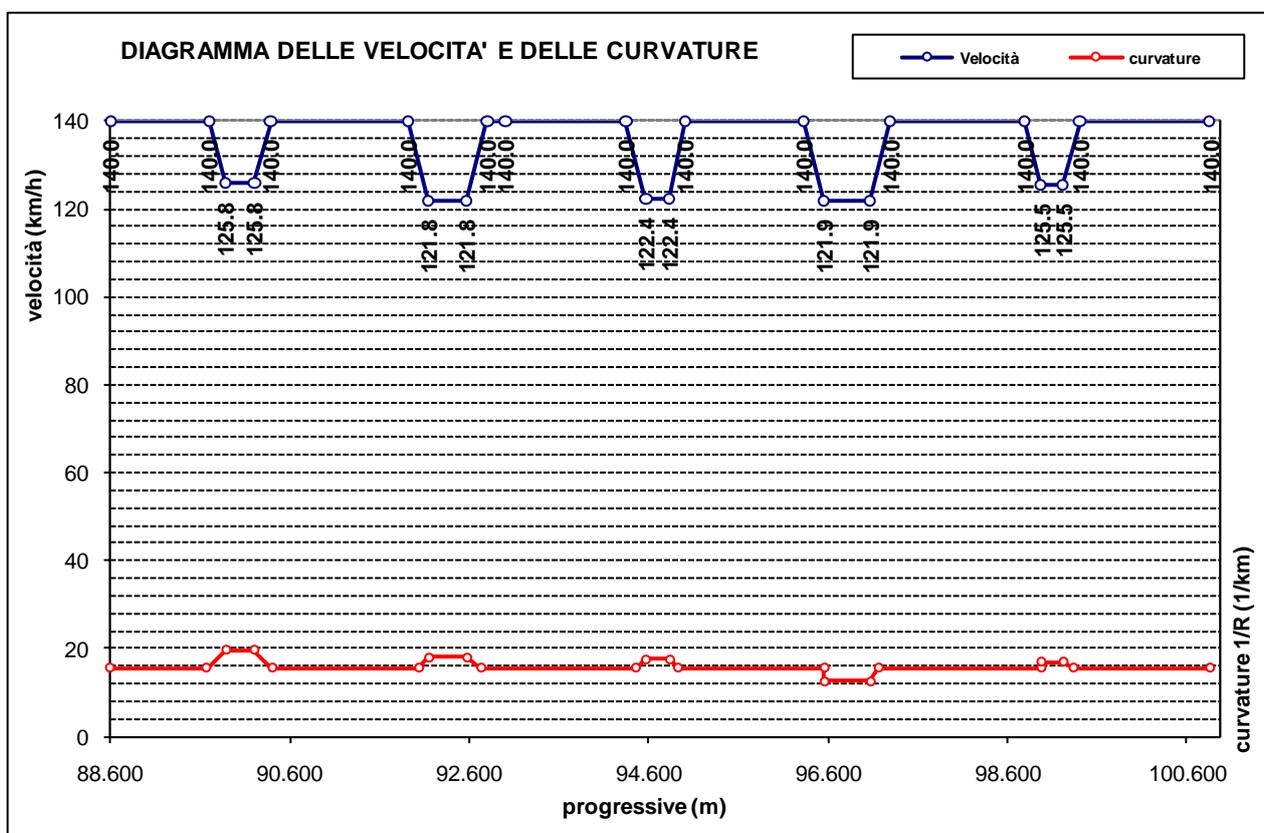


Figura 3 - Asse esistente: diagramma delle velocità carreggiata Padova

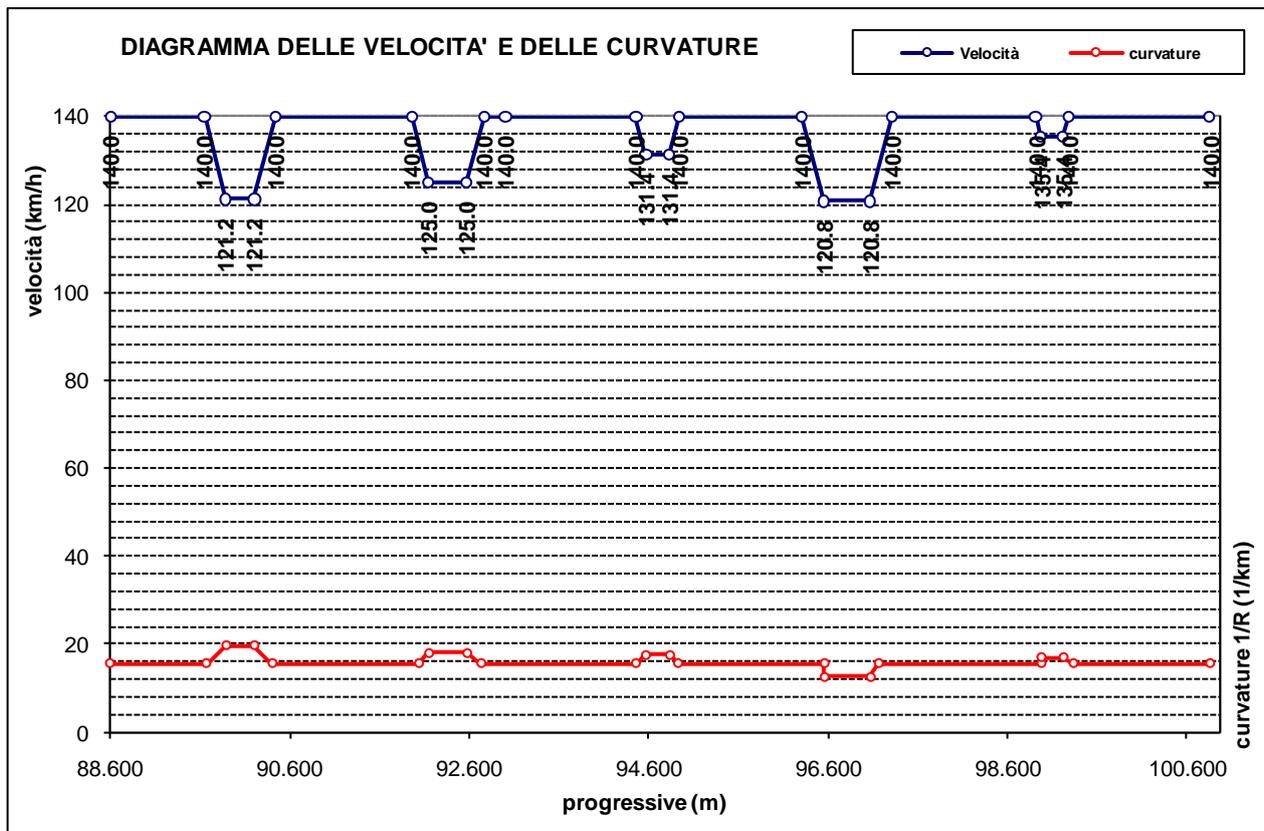


Figura 4 - Asse esistente: diagramma delle velocità carreggiata Bologna

2.2 Andamento altimetrico

Con riferimento all'andamento altimetrico il tracciato è caratterizzato da livellette a bassa pendenza e da raccordi altimetrici con valori di raggio da modesto ad ampio. Di seguito si riportano i tabulati altimetrici dell'asse esistente e relative verifiche (vedi § 4.1.2)

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
1	D	89,443	89,438	89,448	9.37	0.06	0.00	0.06	15000	140.0	228.5	-		
2	S	89,787	89,656	89,919	262.40	0.00	1.64	1.64	16000	140.0	225.4	5731		
3	D	90,087	89,930	90,245	314.46	1.64	-0.11	1.75	18000	129.1	196.4	10350		
4	D	90,996	90,863	91,129	266.03	-0.11	-1.58	1.48	18000	140.0	232.1	14457		
5	S	91,293	91,174	91,411	236.74	-1.58	1.53	3.11	7600	140.0	228.8	5825		
6	D	91,539	91,509	91,569	60.95	1.53	0.31	1.22	5000	140.0	225.1	11845	NO	123.9
7	D	91,757	91,641	91,873	232.21	0.31	-1.80	2.11	11000	140.0	231.7	14405	NO	128.9
8	S	92,072	91,970	92,174	203.50	-1.80	0.05	1.85	11000	135.7	220.0	-		
9	S	92,897	92,769	93,024	255.05	0.05	1.64	1.59	16000	140.0	225.3	5728		
10	D	93,123	93,073	93,173	100.21	1.64	0.73	0.91	11000	140.0	224.0	4282		
11	D	93,425	93,246	93,604	357.57	0.73	-1.73	2.47	14500	140.0	230.7	14280		
12	S	93,773	93,663	93,883	219.44	-1.73	-0.05	1.69	13000	140.0	232.3	-		
13	D	94,503	94,484	94,522	38.00	-0.05	-0.24	0.19	20000	128.9	198.9	-		
14	S	94,885	94,849	94,921	72.00	-0.24	0.13	0.36	20000	132.0	206.9	-		
15	D	95,782	95,776	95,788	12.51	0.13	0.10	0.03	50000	140.0	228.2	-		
16	S	96,206	96,137	96,275	138.23	0.10	1.56	1.46	9500	140.0	225.4	-		
17	D	96,541	96,425	96,657	231.56	1.56	-0.10	1.65	14000	131.9	203.9	11161		
18	D	96,810	96,703	96,916	212.47	-0.10	-1.59	1.49	14250	121.9	183.0	8991		
19	S	97,053	96,958	97,148	189.97	-1.59	0.14	1.73	11000	128.3	199.4	-		
20	D	97,222	97,210	97,234	23.88	0.14	0.02	0.12	20000	135.2	214.9	-		
21	D	97,982	97,967	97,997	29.53	0.02	-0.13	0.15	20000	140.0	228.9	-		
22	S	98,059	98,043	98,076	33.11	-0.13	0.04	0.17	20000	140.0	228.9	-		
23	S	98,484	98,472	98,495	22.90	0.04	0.15	0.11	20000	140.0	228.3	-		

24	D	98,521	98,511	98,532	21.00	0.15	0.04	0.11	20000	140.0	228.3	-		
25	S	98,884	98,877	98,890	12.21	0.04	0.17	0.12	10000	133.1	209.3	-		
26	D	98,937	98,927	98,947	20.72	0.17	-0.04	0.21	10000	129.2	199.2	-		
27	D	99,008	99,003	99,013	9.97	-0.04	-0.09	0.05	20000	125.5	189.9	-		
28	S	99,131	99,120	99,142	21.50	-0.09	0.02	0.11	20000	125.5	189.9	-		
29	S	100,072	100,006	100,139	132.49	0.02	0.15	0.13	100000	140.0	228.3	-		
30	D	100,483	100,408	100,558	150.00	0.15	0.00	0.15	100000	140.0	228.4	-		
31	S	100,632	100,582	100,682	100.02	0.00	0.10	0.10	100000	140.0	228.5	-		

Tabella 4 – Verifica delle caratteristiche altimetriche carreggiata Padova

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
1	D	89,443	89,438	89,448	9.37	0.06	0.00	0.06	15000	140.0	228.8	-		
2	S	89,787	89,656	89,919	262.40	0.00	1.64	1.64	16000	139.1	229.4	5843		
3	D	90,087	89,930	90,245	314.46	1.64	-0.11	1.75	18000	124.5	189.5	9636		
4	D	90,996	90,863	91,129	266.03	-0.11	-1.58	1.48	18000	140.0	225.3	13626		
5	S	91,293	91,174	91,411	236.74	-1.58	1.53	3.11	7600	140.0	228.6	5818		
6	D	91,539	91,509	91,569	60.95	1.53	0.31	1.22	5000	140.0	232.4	13054	NO	119.9
7	D	91,757	91,641	91,873	232.21	0.31	-1.80	2.11	11000	140.0	225.7	13673	NO	129.9
8	S	92,072	91,970	92,174	203.50	-1.80	0.05	1.85	11000	138.7	221.5	-		
9	S	92,897	92,769	93,024	255.05	0.05	1.64	1.59	16000	140.0	232.1	5919		
10	D	93,123	93,073	93,173	100.21	1.64	0.73	0.91	11000	140.0	233.5	6371		
11	D	93,425	93,246	93,604	357.57	0.73	-1.73	2.47	14500	140.0	226.7	13789		
12	S	93,773	93,663	93,883	219.44	-1.73	-0.05	1.69	13000	140.0	225.2	-		
13	D	94,503	94,484	94,522	38.00	-0.05	-0.24	0.19	20000	137.7	221.8	-		
14	S	94,885	94,849	94,921	72.00	-0.24	0.13	0.36	20000	138.7	224.8	-		
15	D	95,782	95,776	95,788	12.51	0.13	0.10	0.03	50000	140.0	229.1	-		
16	S	96,206	96,137	96,275	138.23	0.10	1.56	1.46	9500	140.0	232.0	-		
17	D	96,541	96,425	96,657	231.56	1.56	-0.10	1.65	14000	130.8	206.0	11382		
18	D	96,810	96,703	96,916	212.47	-0.10	-1.59	1.49	14250	120.8	175.4	8254		
19	S	97,053	96,958	97,148	189.97	-1.59	0.14	1.73	11000	127.2	191.8	-		
20	D	97,222	97,210	97,234	23.88	0.14	0.02	0.12	20000	134.0	212.5	-		
21	D	97,982	97,967	97,997	29.53	0.02	-0.13	0.15	20000	140.0	228.4	-		
22	S	98,059	98,043	98,076	33.11	-0.13	0.04	0.17	20000	140.0	228.5	-		
23	S	98,484	98,472	98,495	22.90	0.04	0.15	0.11	20000	140.0	229.0	-		
24	D	98,521	98,511	98,532	21.00	0.15	0.04	0.11	20000	140.0	229.1	-		
25	S	98,884	98,877	98,890	12.21	0.04	0.17	0.12	10000	140.0	229.1	-		
26	D	98,937	98,927	98,947	20.72	0.17	-0.04	0.21	10000	139.0	226.1	-		
27	D	99,008	99,003	99,013	9.97	-0.04	-0.09	0.05	20000	135.4	215.8	-		
28	S	99,131	99,120	99,142	21.50	-0.09	0.02	0.11	20000	135.4	215.9	-		
29	S	100,072	100,006	100,139	132.49	0.02	0.15	0.13	100000	140.0	229.0	-		
30	D	100,483	100,408	100,558	150.00	0.15	0.00	0.15	100000	140.0	229.0	-		
31	S	100,632	100,582	100,682	100.02	0.00	0.10	0.10	100000	140.0	228.9	-		

Tabella 5 – Verifica delle caratteristiche altimetriche carreggiata Bologna

Dalla verifica risulta che per alcuni raccordi i valori dei raggi non sono sempre superiori a quelli minimi calcolati in funzione delle velocità desunte dal diagramma di velocità; si riportano nelle rispettive tabelle i valori delle velocità compatibili ai parametri di progetto.

Le velocità compatibili, in relazione alle indicazioni riportate del §4.1.2, soddisfano il limite di velocità di 110km/h in condizione di pavimentazione bagnata.

3 L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO

Il progetto di potenziamento e ammodernamento dell'autostrada A13, nella tratta compresa fra lo Svincolo di Monselice e l'Interconnessione A13/A4 (circa 12.5 km di sviluppo), prevede un ampliamento alla terza corsia per la maggior parte di tipo simmetrico, ad eccezione dell'asta in corrispondenza dello Svincolo di Terme Euganee dove è previsto un ampliamento totalmente asimmetrico lato carreggiata direzione Padova.

Conseguentemente all'intervento di ampliamento autostradale, il progetto prevede l'adeguamento dello Svincolo di Monselice, dello Svincolo di Terme Euganee, dell'Area di Servizio S. Pelagio e l'allaccio all'Interconnessione A13/A4 nella configurazione definita nel Progetto Esecutivo di adeguamento funzionale e geometrico.

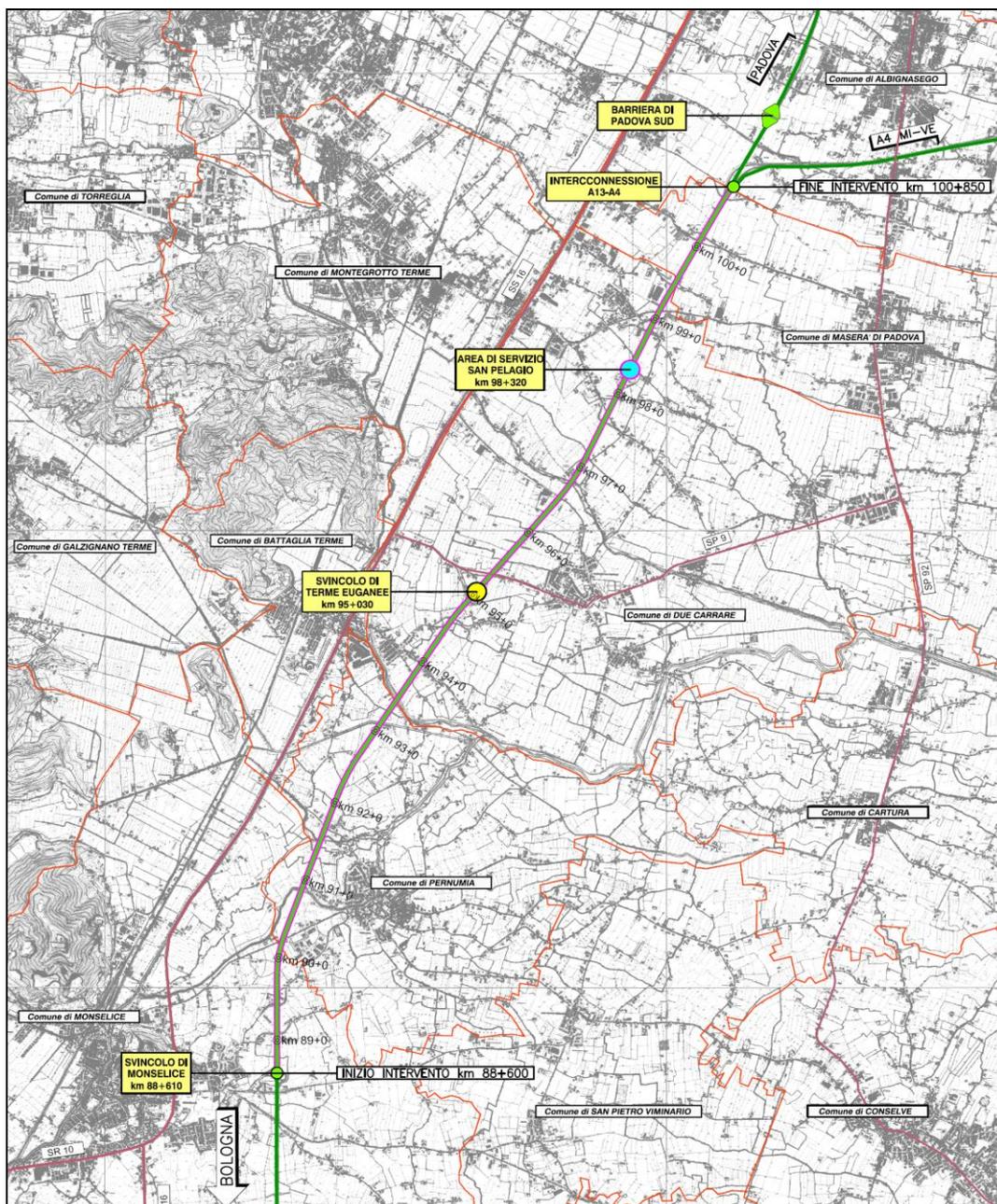


Figura 5 - Asse esistente: diagramma delle velocità carreggiata Bologna

3.1 Ampliamento autostradale

Il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della Norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale.

L'ammodernamento dell'autostrada prevede l'adeguamento della sezione stradale alla categoria A (autostrada in ambito extraurbano) alla quale le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" assegna un intervallo di velocità di progetto compreso tra 90 e 140 km/h.

Lo studio dell'andamento planimetrico si limita sostanzialmente alla rigeometrizzazione delle curve circolari del tracciato esistente con l'inserimento e/o ottimizzazione delle curve a raggio variabile. In particolare in corrispondenza dell'Interconnessione A13/A4 è previsto l'attacco dell'asse autostradale alle geometrie definite nel progetto esecutivo di adeguamento della suddetta interconnessione.

L'andamento altimetrico ricalca sostanzialmente l'esistente (vedi Cap. 2) anche in considerazione delle lievi variazioni altimetriche dettate dalle soluzioni d'intervento della pavimentazione e di adeguamento delle pendenze trasversali.

La sezione tipo autostradale viene riorganizzata con due carreggiate composte ciascuna da tre corsie di marcia da 3,75 m, da una corsia di emergenza larga 3,00 m e da una banchina interna da 0,70 m. Lo spartitraffico centrale esistente viene adeguato ad una larghezza di 2,60m nel quale saranno alloggiare barriere di sicurezza in calcestruzzo.

Soluzione a 3+3 corsie di marcia

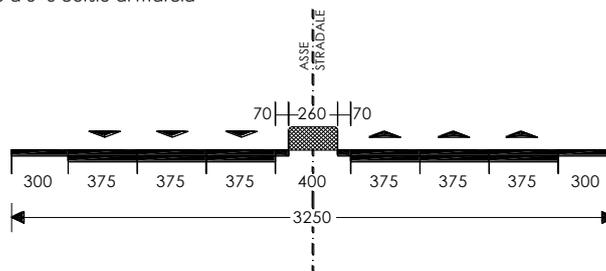


Figura 6 - Sezione tipo di progetto

In merito agli interventi sulla pavimentazione esistente, ad eccezione delle porzioni di pavimentato oggetto di risanamento profondo e di adeguamento delle pendenze trasversali, il progetto prevede un intervento generalizzato di stesa di usura drenante in sovrapposizione al manto autostradale esistente.

Nel tratto di collegamento all'interconnessione A13/A4 è previsto l'attacco alle quote definite nel progetto esecutivo di adeguamento della suddetta interconnessione, il quale tiene già conto della medesima modalità di stesa del tappeto di usura.

In corrispondenza delle curve si prevede l'adeguamento delle pendenze trasversali ai valori di progetto rispondendo alle indicazioni contenute nel DM del 5.11.2001.

Nei tratti di ampliamento simmetrico, per ciascuna carreggiata, è previsto il rifacimento della pavimentazione in corrispondenza dell'esistente corsia d'emergenza (ed eventualmente anche la

corsia di marcia lenta) e la realizzazione di una nuova fascia esterna di pavimentato per una larghezza media di circa 5 m.

In corrispondenza del pavimentato esistente non oggetto di risanamento profondo si prevede, a meno di eventuali modeste ricariche connesse all'adeguamento dello spartitraffico, la stesa di usura drenante in sovra spessore all'esistente. Sulla corsia di emergenza esistente e sulla nuova fascia pavimentata è prevista l'adozione della pendenza trasversale indicata dalla normativa di riferimento e pari a 2.5%.

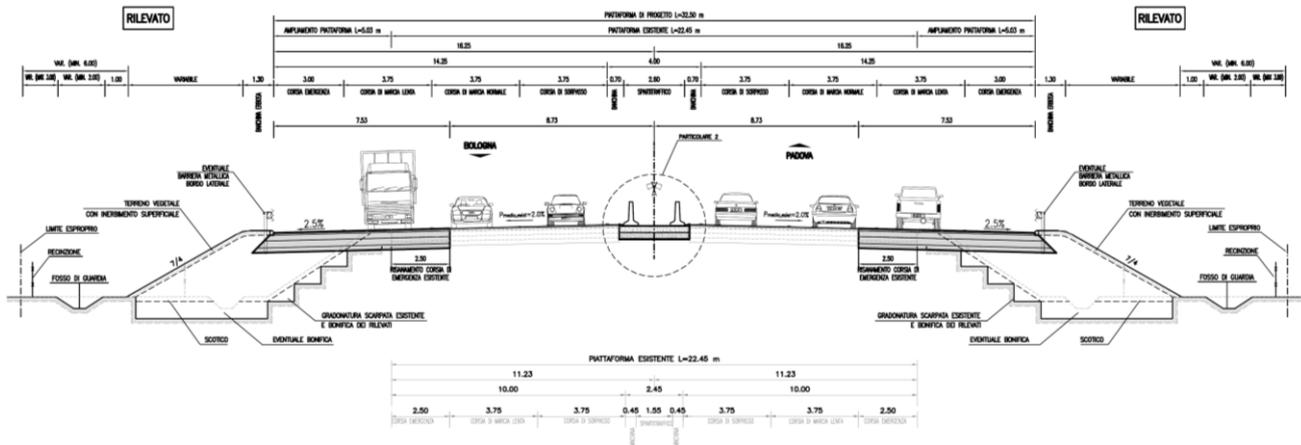


Figura 7 - Sezione tipo ampliamento simmetrico

Nel tratto di ampliamento asimmetrico sono previsti modalità di intervento distinti per ciascuna carreggiata.

Lungo la carreggiata da ampliarsi in spartitraffico (carreggiata direzione Bologna) è previsto il rifacimento dell'esistente corsia di marcia e l'eventuale rifacimento dell'attuale corsia di emergenza, oltre al risanamento dello spartitraffico. In rettilo si mantiene la pendenza trasversale esistente per tutta la larghezza della nuova carreggiata.

Lungo la carreggiata da ampliarsi esternamente alla piattaforma esistente (carreggiata direzione Padova) è previsto il rifacimento della pavimentazione in corrispondenza dell'esistente corsia d'emergenza e la realizzazione di una nuova fascia esterna di pavimentato per una larghezza media pari a circa 10.55 m. Per tutta la larghezza della carreggiata si adotta in rettilo la pendenza trasversale indicata dalla normativa di riferimento e pari al 2.5%.

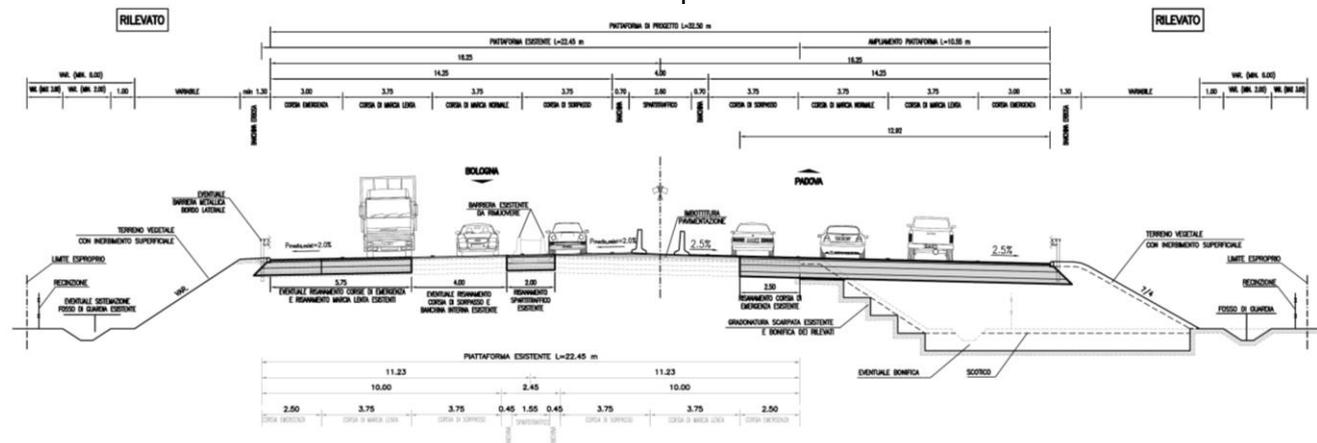


Figura 8 - Sezione tipo ampliamento asimmetrico

3.1.1 Andamento planimetrico e diagramma di velocità

La piattaforma di progetto viene modellata con due assi di tracciamento sostanzialmente paralleli; il primo, denominato “ASSE NORD” riferito alla carreggiata in direzione Padova, e il secondo, denominato “ASSE SUD” riferito alla carreggiata in direzione Bologna.

Nei seguenti paragrafi si riportano le caratteristiche planimetriche degli assi interessati e il relativo diagramma di velocità.

L’andamento altimetrico di progetto rimane sostanzialmente invariato rispetto all’esistente.

3.1.2 Asse Nord

In Tabella 6 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l’asse autostradale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

R = Rettifilo

- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, ed in colonna (9) la velocità di progetto.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	88,600.000	89,667.919	1067.919	R				140.0
2	89,667.919	89,881.305	213.386	AT	564.43			140.0
3	89,881.305	90,201.441	320.136	C	1493.00	DX	5.29	140.0
4	90,201.441	90,399.987	198.546	AT	544.45			140.0
5	90,399.987	92,027.604	1627.617	R				140.0
6	92,027.604	92,144.621	117.017	AT	534.67			140.0
7	92,144.621	92,565.900	421.278	C	2443.00	DX	3.86	140.0
8	92,565.900	92,730.750	164.851	AT	634.61			140.0
9	92,730.750	94,476.999	1746.248	R				140.0
10	94,476.999	94,578.198	101.200	AT	449.66			140.0
11	94,578.198	94,725.082	146.884	C	1998.00	DX	4.39	140.0
12	94,725.082	94,826.281	101.200	AT	449.66			140.0
13	94,826.281	96,291.870	1465.589	R				140.0
14	96,291.870	96,773.150	481.280	AT	1045.69			140.0
15	96,773.150	97,084.565	311.415	C	2272.00	SX	4.05	140.0
16	97,084.565	97,155.081	70.516	AT	400.26			140.0
17	97,155.081	98,954.558	1799.477	R				140.0
18	98,954.558	98,995.048	40.491	AT	449.86			140.0
19	98,995.048	99,220.062	225.014	C	4998.00	DX	2.50	140.0
20	99,220.062	99,348.036	127.974	AT	799.76			140.0
21	99,348.036	100,471.205	1123.169	R				140.0
22	100,471.205	100,588.131	116.926	C	10250.00	DX	2.50	140.0
23	100,588.131	100,807.356	219.225	AC	430.00			140.0
24	100,807.356	100,868.723	61.367	C	779.30	DX	7.00	128.1

Tabella 6 - Asse Nord: elementi planimetrici

Da cui il diagramma delle velocità:

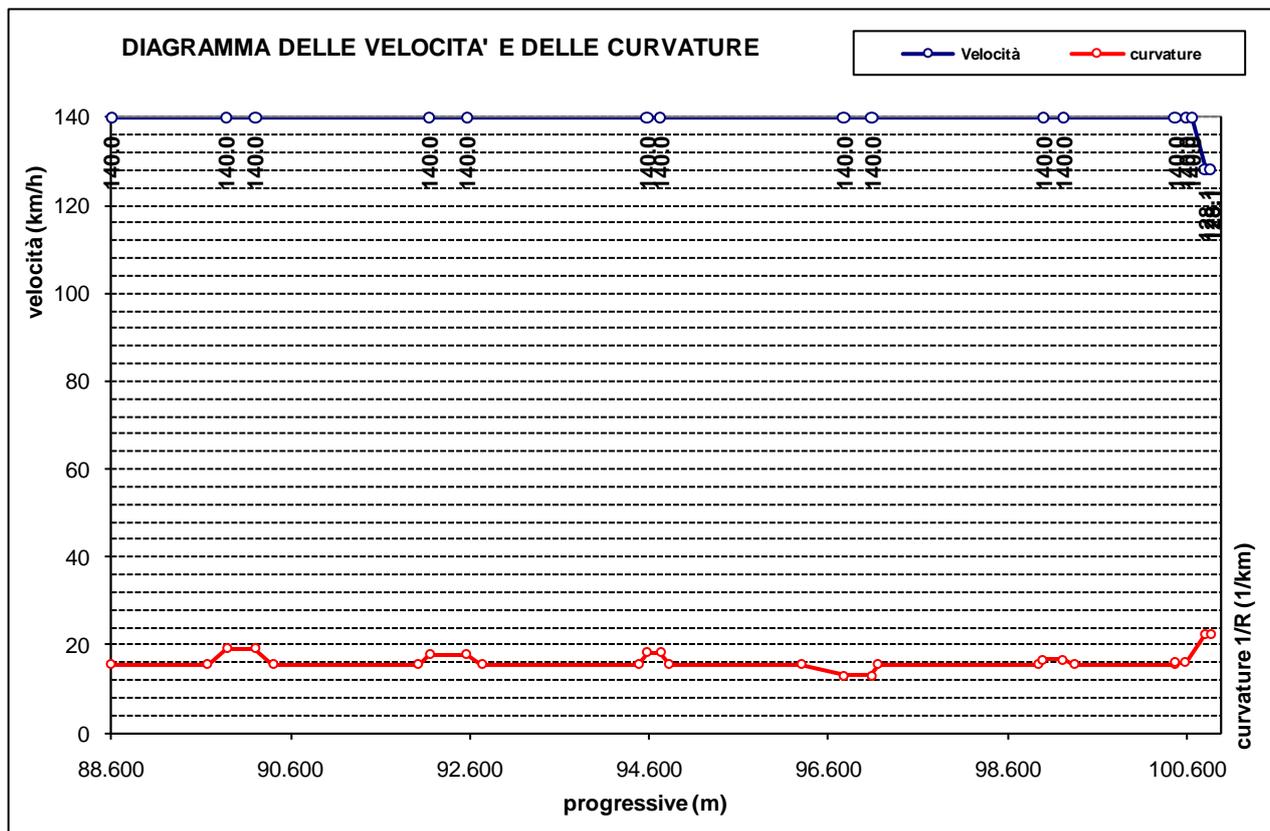


Figura 9 - Asse Nord: diagramma delle velocità

3.1.3 Asse Sud

In Tabella 7 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l'asse autostradale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, ed in colonna (9) la velocità di progetto.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	88,600.000	89,667.777	1067.777	R				140.0
2	89,667.777	89,881.448	213.671	AT	565.57			140.0
3	89,881.448	90,202.718	321.270	C	1497.00	DX	5.28	140.0
4	90,202.718	90,401.529	198.812	AT	545.55			140.0

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp
5	90,401.529	92,028.965	1627.436	R				140.0
6	92,028.965	92,146.079	117.113	AT	535.33			140.0
7	92,146.079	92,568.162	422.084	C	2447.00	DX	3.86	140.0
8	92,568.162	92,733.148	164.986	AT	635.39			140.0
9	92,733.148	94,479.278	1746.130	R				140.0
10	94,479.278	94,580.579	101.301	AT	450.34			140.0
11	94,580.579	94,727.858	147.279	C	2002.00	DX	4.39	140.0
12	94,727.858	94,829.158	101.301	AT	450.34			140.0
13	94,829.158	96,294.909	1465.750	R				140.0
14	96,294.909	96,775.765	480.856	AT	1044.31			140.0
15	96,775.765	97,086.389	310.624	C	2268.00	SX	4.05	140.0
16	97,086.389	97,156.843	70.454	AT	399.74			140.0
17	97,156.843	98,956.342	1799.499	R				140.0
18	98,956.342	98,996.850	40.508	AT	450.13			140.0
19	98,996.850	99,222.076	225.226	C	5002.00	DX	2.50	140.0
20	99,222.076	99,350.102	128.026	AT	800.24			140.0
21	99,350.102	100,446.768	1096.666	R				140.0
22	100,446.768	100,543.915	97.147	C	10250.00	DX	2.50	140.0
23	100,543.915	100,609.447	65.533	R				140.0
24	100,609.447	100,772.280	162.833	AT	357.00			140.0
25	100,772.280	100,853.143	80.863	C	782.70	DX	7.00	128.4

Tabella 7 - Asse Sud: elementi planimetrici

Da cui il diagramma delle velocità:

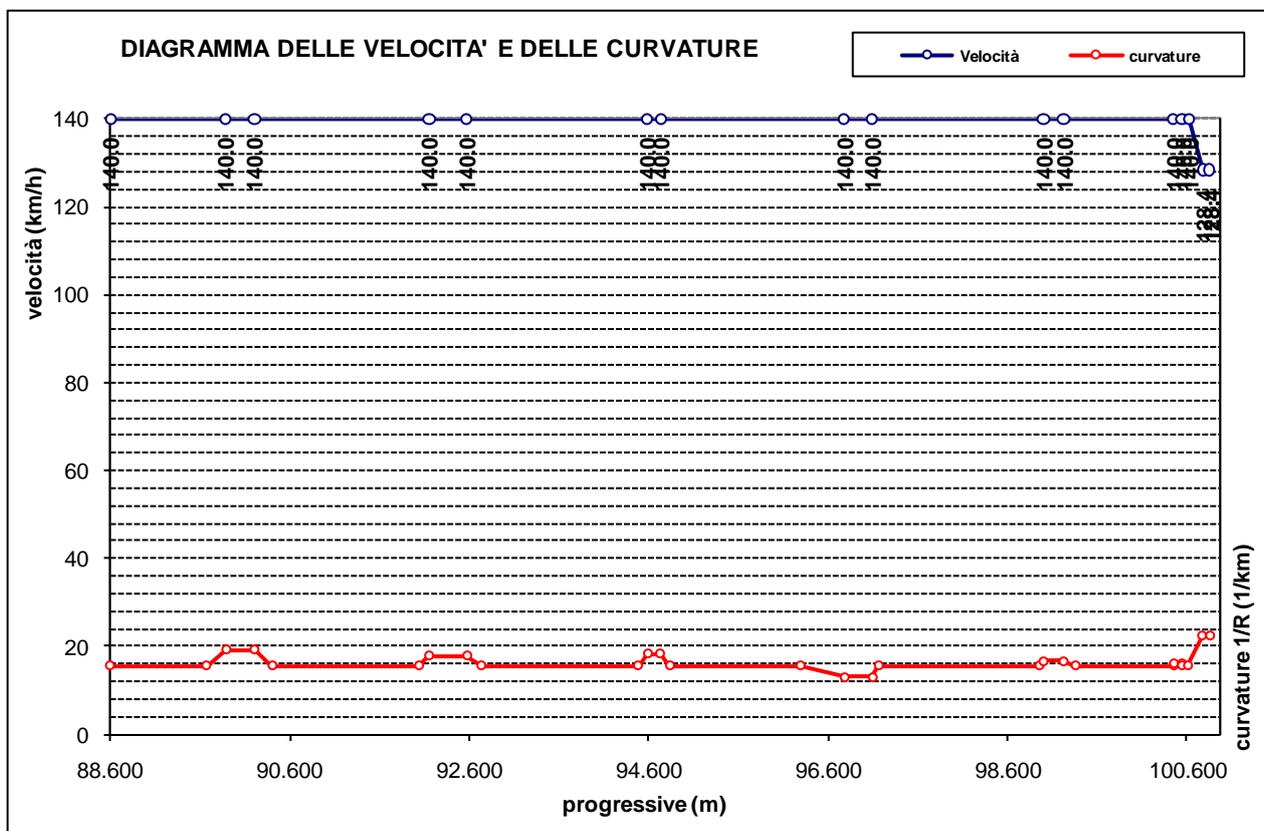


Figura 10 - Asse Sud: diagramma delle velocità

3.2 Adeguamento degli svincoli e delle aree di servizio

Il progetto prevede l'adeguamento dello Svincolo di Monselice, dello Svincolo di Terme Euganee, dell'Area di Servizio S. Pelagio e dell'Interconnessione A13/A4.

Nella progettazione delle intersezioni si è fatto riferimento ai contenuti del DM 2006 relativamente ai seguenti aspetti:

- VELOCITÀ DI PROGETTO**
 Per tutte le rampe è stato utilizzato un intervallo di velocità di progetto pari a 40/60 km/h ad eccezione delle rampe dell'interconnessione A13/A4 per le quali, coerentemente a quanto previsto dal progetto esecutivo, è stata assunto un intervallo di 40-70 km/h per la rampa di tipo semidiretto in direzione Barriera di Padova sud ed una velocità di 50-80km/h lungo la rampa di tipo diretto d'immissione verso Bologna.
- GEOMETRIA DELL'ANDAMENTO PLANOALTIMETRICO**
 Con riferimento all'andamento dei tracciati planimetrico e altimetrico si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nella D.M. 19/04/2006 e relativi rimandi al D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".
- LARGHEZZA DEGLI ELEMENTI MODULARI DELLE RAMPE E CORSIE SPECIALIZZATE**
 Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari di progetto delle rampe oggetto di ricostruzione si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nella D.M. 19/04/2006 che, relativamente al caso di strade extraurbane, fornisce le indicazioni riportate in Tabella 8

Strade extraurbane				
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	-
	B	3.75	1.75	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50		
	B	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50		
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3.50	1.00	-
	B	1 corsia: 3.50	1.00	-

Tabella 8 – Larghezze degli elementi modulari

Rispetto a quanto riportato dalla tabella, relativamente alle larghezze minime da impiegare per le rampe bidirezionali di nuova realizzazione (corsie da 3.50m), il progetto prevede una maggiorazione ad un valore di 3.75m al fine di limitare il più possibile la variazione di larghezza di corsia nel passaggio dalla sezione monodirezionale alla sezione bidirezionale.

Nelle zone di attacco alle esistenti rampe di svincolo, lungo le corsie specializzate di diversione e di immissione si è provveduto a geometrizzare raccordi che assicurino una graduale variazione della larghezza dei singoli elementi di sezione.

- DIMENSIONAMENTO LONGITUDINALE DELLE CORSIE SPECIALIZZATE**
 Le corsie specializzate di immissione e di diversione sono dimensionate in riferimento a quanto previsto dal DM 19.04.2006 tenendo conto degli elementi compositivi lo sviluppo, offrendo così migliori condizioni di deflusso e sicurezza.

Si riporta di seguito il dettaglio degli interventi degli svincoli e delle aree di servizio:

Svincolo di Monselice (km 88+600)

Costituisce il caposaldo iniziale in corrispondenza del quale si apre e si chiude la terza corsia in luogo delle esistenti corsie di immissione sulla carreggiata Padova e di diversione dalla carreggiata Bologna. Il progetto prevede l'adeguamento delle geometrie di attacco alle rampe di svincolo.

Svincolo di Terme Euganee (km 95+030)

L'intersezione del tipo a trombetta è caratterizzata da un'opera di scavalco non compatibile con l'ampliamento autostradale della quale si prevede la demolizione e il rifacimento fuori sede determinando così un'importante adeguamento dell'intero svincolo.

Al fine di contenere l'intervento, si è previsto un ampliamento asimmetrico lato carreggiata Padova dell'asta rettilinea su quale ricade l'intersezione in esame, salvaguardando così le rampe di tipo diretto in uscita ed in entrata sulla carreggiata Bologna.

In accordo al mantenimento in esercizio di tutte le manovre di svincolo si prevede un disassamento fra il cavalcavia nuovo ed esistente, inoltre in considerazione dell'ampliamento autostradale di tipo asimmetrico sono state rigeometrizzate le rampe di tipo semidiretto ed indiretto in ingresso ed in uscita dalla carreggiata Padova

Al fine di continuare a mantenere una configurazione compatta delle rampe di svincolo, ed in considerazione del regime di riferimento ai contenuti del DM 19.04.2006, la geometria planimetrica studiata rispetta pienamente i criteri dinamici, ma lungo alcuni elementi viene meno alla rispondenza ai criteri di tipo ottico che avrebbero provocato un notevole incremento della superficie di esproprio.

Area di servizio Pelagio (km 98+250)

Il progetto prevede l'adeguamento delle geometrie di attacco ai piazzali e dello sviluppo delle corsie specializzate.

Interconnessione di A4/A13 (km 100+850)

Si prevede il raccordo al progetto esecutivo di adeguamento dell'interconnessione, che completa le manovre di collegamento da e per la Barriera di Padova sud non previste dalla configurazione esistente a "salto di montone".

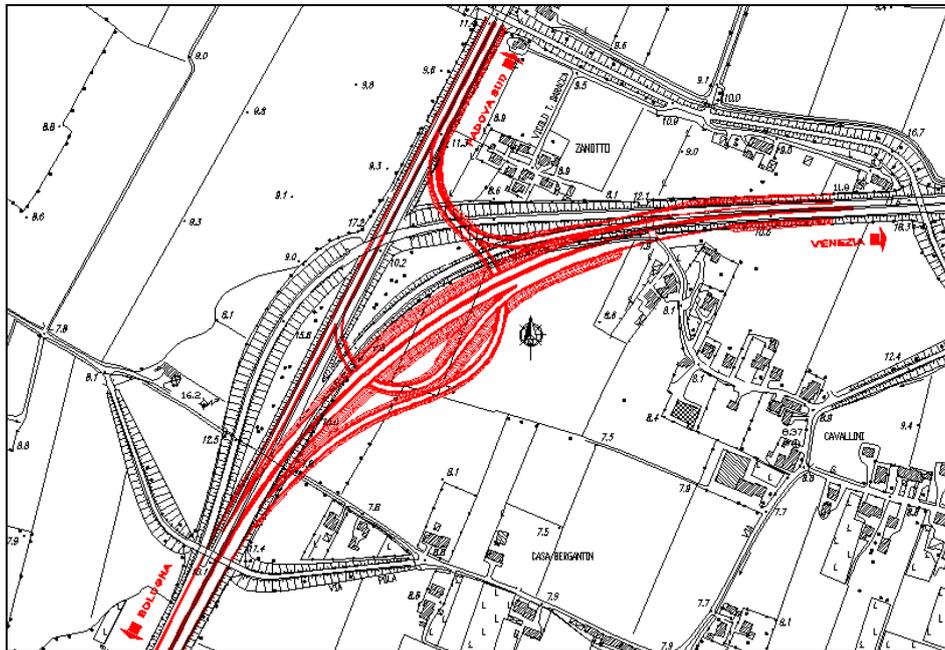


Figura 11 - Configurazione progetto esecutivo A13/A4

Il progetto prevede l'adeguamento delle geometrie di attacco alle previste rampe di immissione e diversione preservando il cavalcavia alla progressiva 100+678 (OP.N°597) della strada comunale Mameli.

4 CRITERI PROGETTUALI

4.1 ASSE AUTOSTRADALE

Nel seguito si riporta una descrizione dei criteri progettuali presi a riferimento per la progettazione.

4.1.1 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta:

- pari a 339 metri nel caso di autostrade extraurbane

(b) Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettilineo (L) che la precede:

$$\text{per } L < 300 \text{ m } \quad R \geq L$$

$$\text{per } L \geq 300 \text{ m } \quad R \geq 400 \text{ m}$$

(c) Compatibilità tra i raggi di due curve successive.

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 12;

(d) Lunghezza massima dei rettilinei:

$$L_{\max} = 22 \cdot V_{p,\max}$$

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità del progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

- (e) *Lunghezza minima dei rettifili.* La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella 9; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

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

Tabella 9 – Lunghezza minima dei rettifili in relazione alla velocità

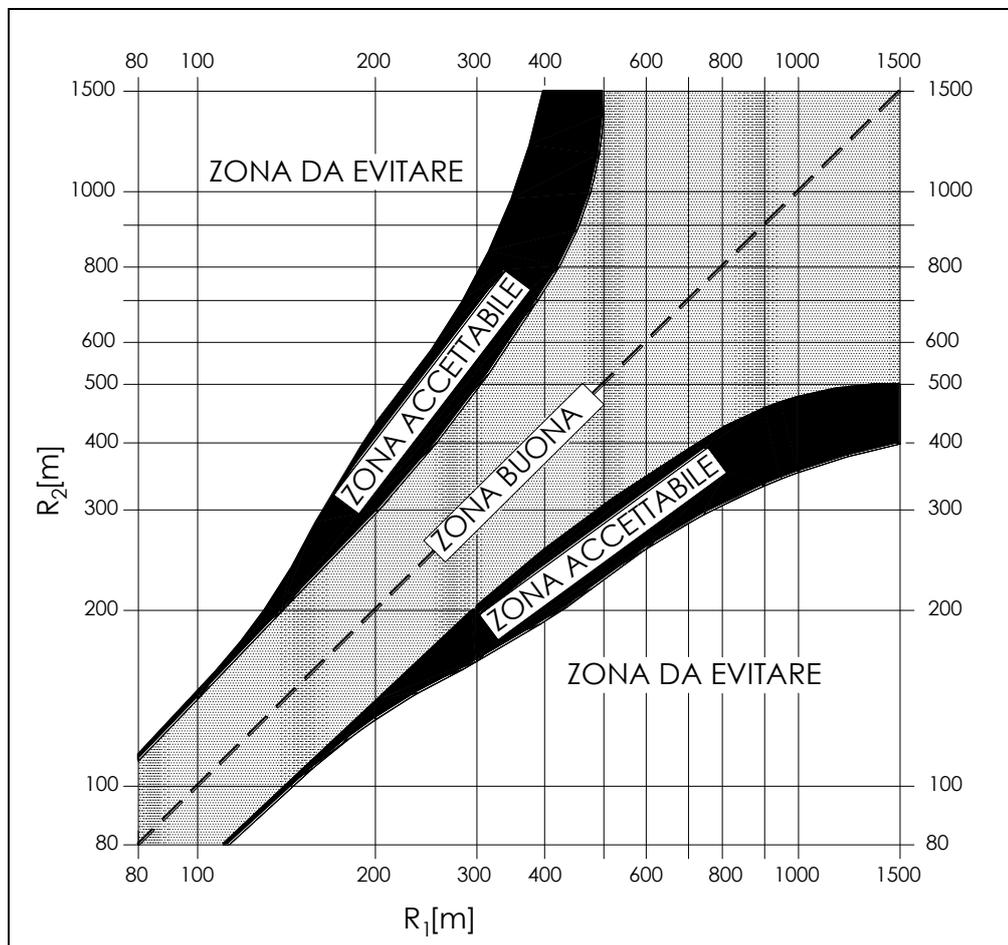


Figura 12 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

- (f) *Congruenza del diagramma delle velocità.* La norma prevede che per $V_{p,max} \geq 100$ km/h (e quindi per autostrade) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f_1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f_2).

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.* La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,\min} = 2.5 \cdot v_P$$

con v_P in m/s ed $L_{c,\min}$ in m.

(h) *Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)*

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

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

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccolpo;
- v = **massima velocità (m/s)**, desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

$$c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$$

Ponendo $v(m/s)$ si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{gv^2R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0.0206125 \cdot V^2 \cong 0.021 \cdot V^2$$

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

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

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

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;
- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale
- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio la norma prevede che sia soddisfatta la relazione :

$$R/3 \leq A \leq R$$

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

$$R_2/3 \leq A \leq R_1$$

dove R_1 è il raggio minore ed R_2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti la norma prevede che il rapporto A_E/A_U delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e il rapporto A_1/A_2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto indicato dal D.M. 5/11/2001, soddisfino le relazioni:

$$2/3 \leq A_E/A_U \leq 3/2 \quad 2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

4.1.2 Caratteristiche almetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo A (autostrade extraurbane), è pari al 5% (in galleria 4%).

(j) Raccordi verticali convessi

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

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

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

- se invece $D > L$

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

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]
 D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
 Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
 h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
 h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma $h_1 = 1.10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0.10$ m.

(k) Raccordi verticali concavi

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

- se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - \frac{100}{\Delta i} \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta) \right]$$

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]
 D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].
 Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento
 h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale
 ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.
 Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

4.1.3 Analisi di visibilità

Per distanza di visuale libera (DVL) si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade a carreggiate separate, con la **distanza di visibilità per l'arresto**, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.

La procedura adottata per il calcolo della distanza di visibilità per l'arresto, tiene conto del nuovo quadro di riferimento rappresentato dalla disposizione del Codice della Strada, introdotta dal D.Lgs. 15 gennaio 2002 n.9, che limita a 110 km/h la velocità massima consentita in autostrada in presenza di pioggia.

Visto che il D.M. 05/11/2001 specifica che i valori di aderenza da adottare nel calcolo delle distanze di arresto (e precisati nello stesso testo della norma, vedi anche Tabella 10) sono riferiti a condizioni di pavimentazione bagnata, si è ritenuto che l'introduzione del limite di velocità di 110 km/h in presenza di pioggia consentisse di calcolare le distanze di arresto, limitando superiormente la velocità di progetto dei singoli elementi del tracciato a 120 km/h. Tale valore è stato determinato in analogia a quanto indicato nella norma, che prescrive di effettuare le verifiche adottando un valore massimo della velocità di progetto pari al limite di velocità legale previsto dal Codice della Strada incrementato di 10 km/h, al fine di mantenere il fattore di sicurezza adottato (e quindi il livello di rischio accettato) dalla norma stessa.

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f_l Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

Tabella 10 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

Per completezza nel calcolo delle distanze di arresto si è fatto anche riferimento alla condizione di pavimentazione asciutta; le verifiche sono state effettuate considerando che il tracciato sia percorso alla velocità di progetto, secondo il diagramma delle velocità, ed adottando valori di aderenza su pavimentazione asciutta. Per questi ultimi non essendo forniti dal D.M. si è fatto ricorso a valori reperibili in letteratura ed in particolare ai dati sperimentali del progetto VERT, finanziato dalla UE nel periodo 1999 – 2001, nell'ambito del progetto Brite Euram BRPR-CT97-0461.

Analizzando i dati disponibili di misure su superficie asciutta effettuate durante progetto VERT dai laboratori del CETE francese e del VTI svedese, è stato ottenuto un valore medio cautelativo di aderenza a ruota bloccata di 0,70, sostanzialmente costante al variare della velocità ed indipendente dalle caratteristiche di tessitura dei piani viabili.

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. I valori delle distanze di arresto sono stati determinati in relazione alle seguenti condizioni secondo l'espressione sotto riportata:

- Velocità di progetto limitata superiormente a 120km/h e coefficienti di aderenza longitudinale come da tabella 9
- Velocità di progetto pari a 100km/h e coefficienti di aderenza longitudinale come da tabella 9
- Velocità di progetto da diagramma delle velocità e coefficiente di aderenza longitudinale pari a 0.7

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

dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
 D_2 = spazio di frenatura
 V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
 V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]
 i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
 τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g	=	accelerazione di gravità	[m/s ²]
Ra	=	resistenza aerodinamica	[N]
m	=	massa del veicolo	[kg]
f _l	=	quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura	
r ₀	=	resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile	[N/kg]

Per il tempo complessivo di reazione si sono assunti valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h, in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità:

$$\tau = (2,8 - 0,01V) \quad [s] \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

I risultati delle analisi sono riportati in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto.

4.2 INTERSEZIONI

4.2.1 Criteri per la definizione della geometria d'asse

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, al fine di valutare gli standard geometrici, si sono individuati i seguenti criteri relativamente a:

- raggi minimi planimetrici;
- parametri minimi e massimi delle clotoidi;
- pendenze longitudinali massime;
- raggi altimetrici minimi (raccordi concavi);
- raggi altimetrici minimi (raccordi convessi).

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche

Le curve circolari devono avere un raggio superiore al raggio minimo che risulta funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto (vedi Tabella 11).

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250

Tabella 11 – Raggi minimi delle rampe in funzione della velocità di progetto minima

(b) Parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

Per l'inserimento di curve a raggio variabile, si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al § 4.1.1 ed in particolare al punto (h).

(c) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette considerata in funzione della velocità di progetto è quella riportata in Tabella 12.

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Pendenza massima in salita	(%)	10	7.0			5.0	
Pendenza massima in discesa	(%)	10	8.0			6.0	

Tabella 12 – Pendenze massime delle rampe

(d) Raccordi verticali convessi

Per l'inserimento di raccordi verticali convessi si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al § 4.1.2 ed in particolare al punto (j).

(e) Raccordi verticali concavi

Per l'inserimento di raccordi verticali concavi si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al § 4.1.2 ed in particolare al punto (k).

4.2.2 Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate

Il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione e diversione è stato effettuato con riferimento ai criteri contenuti nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006).

4.2.2.1 Corsie di diversione

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura 13), la lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ (avente inizio a metà del tratto di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita, coincidente con il punto di inizio della clotoide) è correlata alla diminuzione di velocità longitudinale tra quella del ramo da cui provengono i veicoli in uscita e quella ammissibile con il raggio di curvatura della rampa.

La lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ viene calcolata pertanto mediante criterio cinematico utilizzando la seguente espressione:

$$L_{d,u} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{d,u}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tronco di decelerazione pari alla velocità di progetto del ramo da cui provengono i veicoli in uscita (velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità);
- v_2 (m/s) è la velocità di uscita dal tronco di decelerazione (per v_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di uscita);
- a (m/s²) è la decelerazione assunta per la manovra pari a 3 m/s² per le strade tipo A, B e 2,0 m/s² per le altre strade.

Il tratto di manovra $L_{m,u}$ deve avere una lunghezza pari a 90 m per velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia superiori ai 120 km/h.



Figura 13 - schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

4.2.2.2 Corsie di Immissione

Con riferimento allo schema di Figura 14 la lunghezza minima del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ è stata calcolata mediante la seguente espressione:

$$L_{a,e} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

dove:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) è la velocità all'inizio del tratto di accelerazione (per v_1 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);

- v_2 (m/s) è la velocità alla fine del tratto di accelerazione, pari a $0,80 \cdot v_p$ (velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, desunta dal diagramma di velocità)
- a (m/s²) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a 1 m/s^2 .

Il tratto di raccordo $L_{v,e}$ deve avere una lunghezza pari a 75 metri per velocità di progetto, della strada su cui la corsia si immette, superiori a 80km/h ($L_{v,e} = 50$ metri per velocità di progetto minori o uguali a 80km/h);



Figura 14 – Schema planimetrico corsia di immissione

5 VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

5.1 Asse autostradale

Nei seguenti paragrafi si riportano le verifiche planimetriche sui tracciati di progetto. Le verifiche sono svolte sulla base di quanto specificato dal D.M. 05/11/2001. Trattandosi di un adeguamento di una strada esistente, il decreto in oggetto ai sensi del DM 22.04.04, viene preso come riferimento, ma risulta non cogente ai fini della progettazione.

5.1.1 Carreggiata Nord

5.1.1.1 Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

In Tabella 13 vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche planimetriche. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, mentre in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità.

Nelle colonne da (10) a (13) per quanto concerne gli elementi planimetrici che non rispettano le indicazioni normative vengono indicati:

- i valori minimi (o massimi) dei parametri che permetterebbero di ricondurre l'elemento a quanto indicato dalla normativa²;
- l'esito negativo della verifica;
- Il motivo della non congruenza secondo l'elenco riportato al paragrafo 4.1.1.

² In alcuni casi tali valori sono da considerarsi indicativi in quanto la modifica dei parametri comporta una conseguente modifica della geometria d'asse e del diagramma delle velocità e quindi della velocità massima da doversi considerare nella verifica.

Infine nella restante porzione di tabella a destra si riportano i valori di controllo dei parametri progettuali (parametri minimi delle clotoidi, lunghezze minime dei rettifili, ecc).

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lunghezza (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica	Note									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)									
1	88,600.000	89,667.777	1067.777	R				140.0													
2	89,667.777	89,881.448	213.671	AT	565.57			140.0													
3	89,881.448	90,202.718	321.270	C	1497.00	DX	5.28	140.0													
4	90,202.718	90,401.529	198.812	AT	545.55			140.0													
5	90,401.529	92,028.965	1627.436	R				140.0													
6	92,028.965	92,146.079	117.113	AT	535.33			140.0		815.67	NO										(h3)
7	92,146.079	92,568.162	422.084	C	2447.00	DX	3.86	140.0													
8	92,568.162	92,733.148	164.986	AT	635.39			140.0		815.67	NO										(h3)
9	92,733.148	94,479.278	1746.130	R				140.0													
10	94,479.278	94,580.579	101.301	AT	450.34			140.0		667.33	NO										(h3)
11	94,580.579	94,727.858	147.279	C	2002.00	DX	4.39	140.0													
12	94,727.858	94,829.158	101.301	AT	450.34			140.0		667.33	NO										(h3)
13	94,829.158	96,294.909	1465.750	R				140.0													
14	96,294.909	96,775.765	480.856	AT	1044.31			140.0			NO	Err. AE/AU									
15	96,775.765	97,086.389	310.624	C	2268.00	SX	4.05	140.0													
16	97,086.389	97,156.843	70.454	AT	399.74			140.0		756.00	NO	Err. AE/AU									(h3)
17	97,156.843	98,956.342	1799.499	R				140.0													
18	98,956.342	98,996.850	40.508	AT	450.13			140.0		1667.33	NO	Err. AE/AU									(h3)
19	98,996.850	99,222.076	225.226	C	5002.00	DX	2.50	140.0													
20	99,222.076	99,350.102	128.026	AT	800.24			140.0		1667.33	NO	Err. AE/AU									(h3)
21	99,350.102	100,446.768	1096.666	R				140.0													
22	100,446.768	100,543.915	97.147	C	10250.00	DX	2.50	140.0	97.22		NO										(g)
23	100,543.915	100,609.447	65.533	R				140.0													
24	100,609.447	100,772.280	162.833	AT	357.00			140.0													
25	100,772.280	100,853.143	80.863	C	782.70	DX	7.00	128.4	89.15		NO										(g)

Tabella 13 - Asse Nord: verifiche planimetriche

Dalle verifiche effettuate, il tracciato di progetto presenta caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05/11/2001, fatta eccezione per il criterio ottico per le clotoidi, e per il tempo di percorrenza delle curve circolari, talvolta inferiore ai 2.5 secondi previsti dalla normativa.

5.1.1.2 Andamento altimetrico

Trattandosi di un intervento di adeguamento dell'attuale autostrada, per il quale le prescrizioni della normativa non sono vincolanti rispetto alle geometrie esistenti, ed in considerazione che l'andamento altimetrico di progetto è sostanzialmente corrispondente a quello esistente a meno di lievi variazioni connesse agli interventi sulle pavimentazioni, si assumono valide le verifiche altimetriche condotte del § 2.2.

5.1.1.3 Verifiche di visibilità

Per quanto riguarda le distanze di visibilità è stato verificato che in linea generale queste sono superiori alle distanze d'arresto calcolate a 120 km/h in condizioni di pavimentazione bagnata e comunque mai inferiori alle distanze di arresto calcolate per 100 km/h.

I risultati sono riportati in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica							Note						
21	99,350.102	100,446.768	1096.666	R				140.0																
22	100,446.768	100,543.915	97.147	C	10250.00	DX	2.50	140.0	97.22		NO							(g)						
23	100,543.915	100,609.447	65.533	R				140.0																
24	100,609.447	100,772.280	162.833	AT	357.00			140.0																
25	100,772.280	100,853.143	80.863	C	782.70	DX	7.00	128.4	89.15		NO							(g)						

Tabella 14 - Asse Sud: verifiche planimetriche

Dalle verifiche effettuate, il tracciato di progetto presenta caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05/11/2001, fatta eccezione per il criterio ottico per le clotoidi, e per il tempo di percorrenza delle curve circolari, talvolta inferiore ai 2.5 secondi previsti dalla normativa.

5.1.2.2 Andamento altimetrico

Trattandosi di un intervento di adeguamento dell'attuale autostrada, per il quale le prescrizioni della normativa non sono vincolanti rispetto alle geometrie esistenti, ed in considerazione che l'andamento altimetrico di progetto è sostanzialmente corrispondente a quello esistente a meno di lievi variazioni connesse agli interventi sulle pavimentazioni, si assumono valide le verifiche altimetriche condotte del § 2.2.

5.1.2.3 Verifiche di visibilità

Per quanto riguarda le distanze di visibilità è stato verificato che in linea generale queste sono superiori alle distanze d'arresto calcolate a 120 km/h in condizioni di pavimentazione bagnata e comunque mai inferiori alle distanze di arresto calcolate per 100 km/h.

I risultati sono riportati in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto.

5.2 Interconnessioni svincoli e aree di servizio

In relazione all'adeguamento dei nodi di svincolo interessati dal potenziamento autostradale di progetto, si riportano nei seguenti paragrafi le sole verifiche di dimensionamento longitudinale delle nuove corsie di immissione e diversione. In particolare per lo Svincolo di Monselice e per l'Interconnessione A13/A4 non è prevista alcuna verifica perché costituenti il caposaldo di apertura e chiusura della terza corsia autostradale.

5.2.1 Corsie di immissione - Valutazioni funzionali

Le zone di immissione sono state verificate funzionalmente tramite la procedura proposta dall'Highway Capacity Manual (HCM) ed. 2010. Il Livello di Servizio per le nuove strade è definito dal DM 05.11.2001 e dal DM 19.04.2006 (Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali) che afferma: "il livello di servizio dell'intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal DM 05.11.2001 n.6792 (Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade) per il tipo di strade confluenti al nodo". Per gli adeguamenti o i potenziamenti di una strada esistente la suddetta normativa è di riferimento e le zone di immissione è auspicabile garantiscano come minimo il livello di servizio dello scenario programmatico corrispondente.

Nel caso in oggetto l'intervento si configura come potenziamento e il LOS di riferimento è LOS B oppure, come minimo, il LOS dello scenario programmatico corrispondente.

I dati di traffico implementati sono quelli risultanti dall'elaborazione del modello di traffico sviluppato per il Progetto Definitivo dell'ampliamento alla terza corsia dell'A13 tra Monselice e l'all. A13/Padova Sud. Tale modello ha considerato l'ora di punta 8-9 del giorno medio feriale del periodo neutro (escluso il mese agosto).

L'orizzonte temporale considerato è il 2025, anno rispetto al quale si è considerato esaurito il periodo di ramp up.

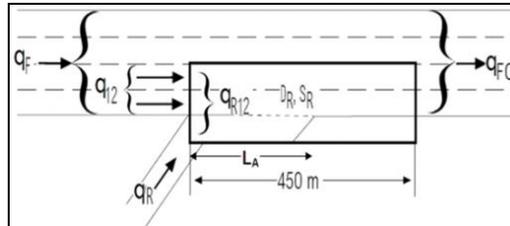


Figura 15 Schema funzionale immissione

I risultati ottenuti dalle verifiche, sintetizzati nella tabella seguente, hanno dato esito positivo.

SVINCOLO	ZONA DI IMMISSIONE	SCENARIO	LOS area influenza immissione	Risultato verifica
Terme Euganee	Immissione dir. BO	programmatico 2025	C	OK
Terme Euganee	Immissione dir. BO	progettuale 2025	B	
Terme Euganee	Immissione dir. PD	programmatico 2025	D	OK
Terme Euganee	Immissione dir. PD	progettuale 2025	B	

Figura 16 Livelli di Servizio zone di immissione scenario 2025

Si riporta in coda al presente documento le schede relative alle verifiche svolte.

5.2.2 Adeguamento Svincolo di Terme Euganee

5.2.2.1 Corsie specializzate

Carreggiata Padova: Immissione per Padova – Intervallo di velocità di progetto 40-60km/h

Raggio curva circolare	Rf	(m)	46.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	336.5
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	122.3
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	214.2
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	320.0
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	365.0
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	517.3

Carreggiata Padova: Deviazione da Bologna - Intervallo di velocità di progetto 40-60km/h

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	85.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	235.0
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	190.0
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia deviazione	Lt	(m)	280.00

Carreggiata Bologna: Immissione per Bologna - Intervallo di velocità di progetto 40-60km/h

Raggio curva circolare	Rf	(m)	150.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	2.48 (esistente)
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	336.5
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	99.00
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	237.5
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	300.0
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	345.0
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	474.0

Carreggiata Bologna: Deviazione da Padova - Intervallo di velocità di progetto 40-60km/h

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	85.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	4.40 (esistente)
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	235.0
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	190.0
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia deviazione	Lt	(m)	280.00

5.2.3 Adeguamento Area di Servizio San Pelagio

5.2.3.1 Corsie specializzate

Carreggiata Padova: Immissione per Padova - Velocità di progetto 40km/h

Raggio curva circolare	Rf	(m)	220.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	4.70
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	28.0
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	394.2
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	400
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	445.0
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	503.0

Carreggiata Padova: Uscita da Bologna - Velocità di progetto 40km/h

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	200.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	5.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	205.8
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	190
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	280.0

Carreggiata Bologna: Immissione per Bologna - Velocità di progetto 40km/h

Raggio curva circolare	Rf	(m)	400.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	3.20 (esistente)
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	15.0
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	407.2
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	410
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	455.0
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	500.0

Carreggiata Bologna: Uscita da Padova - Velocità di progetto 40km/h

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	200.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	5.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	205.8
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	190
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	280.0

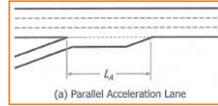
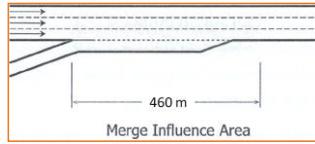
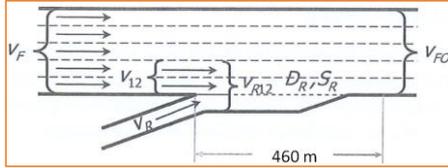
5.2.4 Schede verifiche funzionali corsie di immissione

**HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE
FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD
ON-RAMP**

Oggetto Immissione direzione Bologna svincolo Terme Euganee

GENERAL INFO

AUTOSTRADA A13 Bologna-Padova
DIREZIONE Bologna
NOTE Scenario programmatico 2025
Ora di Punta mattina feriale 8,00-9,00



BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY

Good Weather Good Visibility No Incidents No Accidents No Work Zone
No Pavement Deterioration FFS of mainline freeway = 90/120 km/h Min number of mainline freeway lanes = 2
Min Lanes width = 3 m No Extended bridge segment No Extended tunnel segment
No upstream queuing on a segment No ITS No oversaturated condition $V \geq C$

FREEWAY INPUT DATA

Total hourly Volume	V_F	2284	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{F TRUCKS}$	21%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{F RVs}$	0%	
Numbers Lanes	N_F	2	
Width Lanes	L_{lanes}	3.75	m
Right-side Lateral Clearance	L_r	1.8	m
Series of grade succession (yes/no)		no	text
Grade Methodology (Average Grade Technique/General Terrain/Specific Grade)		General T.	text
If General Terrain: Level, Rolling, Mountainous		Level	
Grade	i	0.00%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	

FREEWAY FLOW RATE

Total Flow Rate	V_F	2887	Veque/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.90	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

RAMP INPUT DATA

Total hourly Volume	V_R	168	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	35%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_R RVs$	0%	
Numbers Lanes	N_R	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	
FFS of the ramp at the junction point	S_{FR}	70	km/h

Length acceleration lane (continuous and dash lane) L_A 160 m

RAMP FLOW RATE

Total Flow Rate	V_R	226	Veque/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.85	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY

Flow rate upstream	V_F	2887	Veque/h
Capacity of upstream segment	C_F	4800	Veque/h
Necessary condition: $V_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	V_{FO}	3113	Veque/h
Capacity of downstream segment	C_{FO}	4800	Veque/h
Necessary condition: $V_{FO} < C_{FO}$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP

Ramp flow rate	V_R	226	Veque/h
Capacity ramp	C_R	2100	Veque/h
Necessary condition: $V_R < C_R$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA

Flow rate entering the ramp influence area	V_{R12}	3113	Veque/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	d_{R12}	4400	Veque/h
Desiderable condition: $V_{R12} < d_{R12}$		OK	

ESTIMATE DENSITY

Ramp Influence Area Density	D_R	16.4	Veque/km/ln
-----------------------------	-------	------	-------------

DETERMINE LEVEL OF SERVICE

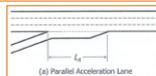
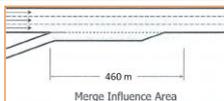
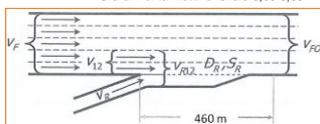
Checkpoint conditions	OK
LOS	LOS C

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE
FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD
ON-RAMP

Oggetto Immissione direzione Bologna svincolo Terme Euganee

GENERAL INFO

AUTOSTRADA A13 Bologna-Padova
 DIREZIONE Bologna
 NOTE Scenario progettuale 2025
 Ora di Punta mattina ferialle 8,00-9,00



BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY

Good Weather Good Visibility No Incidents No Accidents No Work Zone
 No Pavement Deterioration FFS of mainline freeway = 90/120 km/h Min number of mainline freeway lanes = 2
 Min Lanes width = 3 m No Extended bridge segment No Extended tunnel segment
 No upstream queuing on a segment No ITS No oversaturated condition $V >= C$

FREEWAY INPUT DATA

Total hourly Volume	V_F	2333	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	22%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_F RVs$	0%	
Numbers Lanes	N_F	3	
Width Lanes	L_{lanes}	3.75	m
Right-side Lateral Clearance	L_r	1.8	m
Series of grade succession (yes/no)		no	text
Grade Methodology (Average Grade Technique/General Terrain/Specific Grade)		General T.	text
If General Terrain: Level, Rolling, Mountainous		Level	
Grade	i	0.00%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	

FREEWAY FLOW RATE

Total Flow Rate	V_F	2954	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.90	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

RAMP INPUT DATA

Total hourly Volume	V_R	211	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	36%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_R RVs$	0%	
Numbers Lanes	N_R	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	
FFS of the ramp at the junction point	S_{FR}	70	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	L_A	400	m

RAMP FLOW RATE

Total Flow Rate	V_R	285	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.85	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION

There's an adjacent upstream ramp junction in a 2450 m segment?		off	none/on/off
Distance between the subject ramp junction and the adjacent upstream ramp junctions	L_{UP}	430	m
Total hourly Volume	V_{UP}	163	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	13%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{UP RVs}$	0%	
Numbers Lanes	N_{UP}	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	= freeway
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	= freeway
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	= freeway
Total Flow Rate	V_{UP}	198	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.94	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION

There's an adjacent downstream ramp junction in a 2450 m segment?		none	none/on/off
Distance between the subject ramp junction and the adjacent downstream ramp junctions	L_{DOWN}		m
Total hourly Volume	V_{DOWN}		veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	N_{DOWN}		
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	= freeway
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	= freeway
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	= freeway
Total Flow Rate	V_{DOWN}	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}		
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY

Flow rate upstream	V_F	2954	Veq/h
Capacity of upstream segment	C_F	4800	Veq/h
Necessary condition: $V_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	V_{FO}	3238	Veq/h
Capacity of downstream segment	C_{FO}	4800	Veq/h
Necessary condition: $V_{FO} < C_{FO}$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP

Ramp flow rate	V_R	285	Veq/h
Capacity ramp	C_R	2100	Veq/h
Necessary condition: $V_R < C_R$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA

Flow rate entering the ramp influence area	V_{R12}	2147	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	d_{R12}	4400	Veq/h
Desiderable condition: $V_{R12} < d_{R12}$		OK	

ESTIMATE DENSITY

Ramp Influence Area Density	D_R	8.6	Veq/km/ln
-----------------------------	-------	-----	-----------

DETERMINE LEVEL OF SERVICE

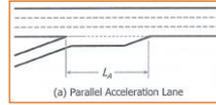
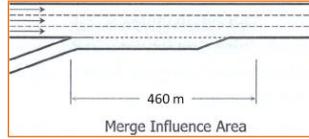
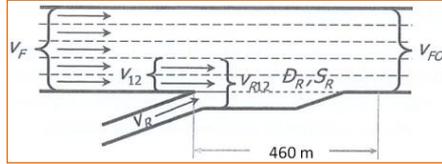
Checkpoint conditions	OK
LOS	LOS B

**HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE
 FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD
 ON-RAMP**

Oggetto Immissione direzione Padova sincolo Terme Euganee

GENERAL INFO

AUTOSTRADA A13 Bologna-Padova
 DIREZIONE Padova
 NOTE Scenario programmatico 2025
 Ora di Punta mattina feriale 8,00-9,00



BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY

Good Weather Good Visibility No Incidents No Accidents No Work Zone
 No Pavement Deterioration FFS of mainline freeway = 90/120 km/h Min number of mainline freeway lanes = 2
 Min Lanes width = 3 m No Extended bridge segment No Extended tunnel segment
 No upstream queuing on a segment No ITS No oversaturated condition $V \geq C$

FREEWAY INPUT DATA

Total hourly Volume	V_F	2533	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{F TRUCKS}$	19%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{F RVs}$	0%	
Numbers Lanes	N_F	2	
Width Lanes	L_{lanes}	3.75	m
Right-side Lateral Clearance	L_r	1.8	m
Series of grade succession (yes/no)		no	text
Grade Methodology (Average Grade Technique/General Terrain/Specific Grade)		General T.	text
If General Terrain: Level, Rolling, Mountainous		Level	
Grade	i	0.00%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	

FREEWAY FLOW RATE

Total Flow Rate	V_F	3176	Ve q/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.91	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

RAMP INPUT DATA

Total hourly Volume	V_R	721	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	13%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_R RVs$	0%	
Numbers Lanes	N_R	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	
FFS of the ramp at the junction point	S_{FR}	70	km/h

Lenght acceleration lane (continuous and dash lane) L_A **205** m

RAMP FLOW RATE

Total Flow Rate	V_R	877	Ve q/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.94	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY

Flow rate upstream	V_F	3176	Ve q/h
Capacity of upstream segment	C_F	4800	Ve q/h
Necessary condition: $V_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	V_{FO}	4053	Ve q/h
Capacity of downstream segment	C_{FO}	4800	Ve q/h
Necessary condition: $V_{FO} < C_{FO}$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP

Ramp flow rate	V_R	877	Ve q/h
Capacity ramp	C_R	2100	Ve q/h
Necessary condition: $V_R < C_R$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA

Flow rate entering the ramp influence area	V_{R12}	4053	Ve q/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	d_{R12}	4400	Ve q/h
Desiderable condition: $V_{R12} < d_{R12}$		OK	

ESTIMATE DENSITY

Ramp Influence Area Density	D_R	20.2	Ve q/km/ln
-----------------------------	-------	------	------------

DETERMINE LEVEL OF SERVICE

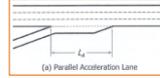
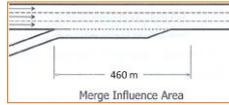
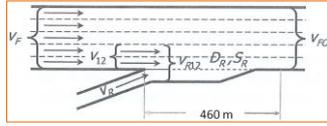
Checkpoint conditions	OK
LOS	LOS D

**HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE
FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD
ON-RAMP**

Oggetto Immissione direzione Padova svincolo Terme Euganee

GENERAL INFO

AUTOSTRADA A13 Bologna-Padova
DIREZIONE Padova
NOTE Scenario progettuale 2025
Ora di Punta mattina ferialle 8,00-9,00



BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY

Good Weather Good Visibility No Incidents No Accidents No Work Zone
No Pavement Deterioration FFS of mainline freeway = 90/120 km/h Min number of mainline freeway lanes = 2
Min Lanes width = 3 m No Extended bridge segment No Extended tunnel segment
No upstream queuing on a segment No ITS No oversaturated condition $V > C$

FREEWAY INPUT DATA

Total hourly Volume	V_F	2651	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	19%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_F RVs$	0%	
Numbers Lanes	N_F	3	
Width Lanes	L_{lanes}	3.75	m
Right-side Lateral Clearance	L_r	1.8	m
Series of grade succession (yes/no)		no	text
Grade Methodology (Average Grade Technique/General Terrain/Specific Grade)		General T.	text
If General Terrain: Level, Rolling, Mountainous		Level	text
Grade	i	0.00%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	

FREEWAY FLOW RATE

Total Flow Rate	V_F	3317	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.91	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

RAMP INPUT DATA

Total hourly Volume	V_R	896	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	11%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_R RVs$	0%	
Numbers Lanes	N_R	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	
FFS of the ramp at the junction point	S_{FR}	70	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	L_A	410	m

RAMP FLOW RATE

Total Flow Rate	V_R	1080	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.95	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION

There's an adjacent upstream ramp junction in a 2450 m segment?		off	none/on/off
Distance between the subject ramp junction and the adjacent upstream ramp junctions	L_{UP}	250	m
Total hourly Volume	V_{UP}	896	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	11%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{UP RVs}$	0%	
Numbers Lanes	N_{UP}	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	= freeway
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	= freeway
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	= freeway
Total Flow Rate	V_{UP}	1080	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.95	
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION

There's an adjacent downstream ramp junction in a 2450 m segment?		none	none/on/off
Distance between the subject ramp junction and the adjacent apstream ramp junctions	L_{DOWN}		m
Total hourly Volume	V_{DOWN}		veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	N_{DOWN}		
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	= freeway
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	= freeway
PHF (0,88-0,98)	PHF	0.9	= freeway
Total Flow Rate	V_{DOWN}		Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}		
Adjustment for Population Factor	f_p	1.00	

CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY

Flow rate upstream	V_F	3317	Veq/h
Capacity of upstream segment	C_F	4800	Veq/h
Necessary condition: $V_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	V_{FO}	4397	Veq/h
Capacity of downstream segment	C_{FO}	4800	Veq/h
Necessary condition: $V_{FO} < C_{FO}$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP

Ramp flow rate	V_R	1080	Veq/h
Capacity ramp	C_R	2100	Veq/h
Necessary condition: $V_R < C_R$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA

Flow rate entering the ramp influence area	V_{R12}	2997	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	d_{R12}	4400	Veq/h
Desiderable condition: $V_{R12} < d_{R12}$		OK	

ESTIMATE DENSITY

Ramp Influence Area Density	D_R	12.4	Veq/km/ln
-----------------------------	-------	------	-----------

DETERMINE LEVEL OF SERVICE

Checkpoint conditions	OK
LOS	LOS B