



**SPEA Engineering**

**AUTOSTRADA “A13”: BOLOGNA – PADOVA**

**AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA**

**TRATTO BOLOGNA ARCOVEGGIO – FERRARA SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**



**RELAZIONE TECNICA STRADALE**

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE .....</b>	<b>4</b>
2.1	Aspetti geometrici dell'infrastruttura esistente .....	4
2.2	Andamento plano-altimetrico attuale .....	4
2.2.1	Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 05.11.2001 .....	5
<b>3</b>	<b>L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO.....</b>	<b>8</b>
3.1	Andamento planimetrico e diagramma di velocità .....	9
<b>4</b>	<b>PROGETTAZIONE ASSE AUTOSTRADALE .....</b>	<b>12</b>
4.1	Criteri progettuali .....	12
4.1.1	Caratteristiche planimetriche .....	12
4.1.2	Caratteristiche altimetriche .....	15
4.1.3	Analisi di visibilità .....	16
<b>5</b>	<b>PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI.....</b>	<b>19</b>
5.1	Criteri progettuali .....	19
5.2	Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate .....	20
5.2.1	Corsie di immissione (o di entrata) .....	21
5.2.2	Corsie di diversione (o di uscita).....	22
<b>6</b>	<b>VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>24</b>
6.1	Asse autostradale .....	24
6.1.1	Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità .....	24
6.1.2	Andamento altimetrico .....	25
6.1.3	Verifiche di visibilità .....	26
6.2	Nuovo svincolo di Castelmaggiore .....	27
6.2.1	Larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate .....	27
6.2.2	Verifiche di rispondenza al dm 19/04/2006 .....	27
6.2.3	Corsie specializzate .....	30
6.3	Svincoli esistenti .....	31
6.3.1	Adeguamento Svincolo di Bologna Interporto .....	31
6.3.2	Adeguamento Area di Servizio Castel Bentivoglio .....	32
6.3.3	Adeguamento Svincolo di Altedo .....	33
6.4	Verifiche funzionali corsie di immissione .....	36

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al Progetto Definitivo per l'Ampliamento alla 3ª corsia dell'Autostrada A13 Bologna-Padova, nel tratto Bologna Arcoveggio – Ferrara Sud, tra le progressive km 1+070 e 33+547.

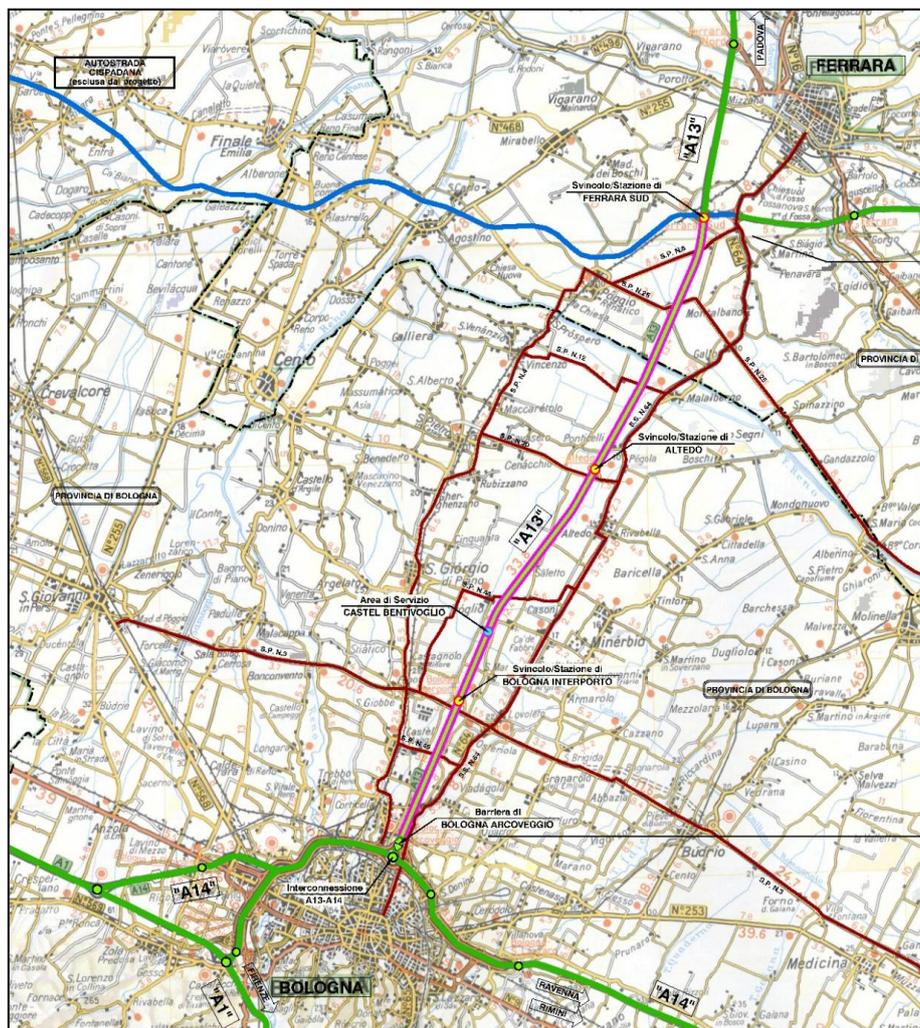


Figura 1– Inquadramento territoriale

Nel documento sono descritte le caratteristiche stradali del progetto di ampliamento alla terza corsia 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), relativamente al tracciato autostradale, e nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 19/04/2006) per quanto riguarda l'adeguamento delle intersezioni.

Relativamente all'asse autostradale il DM del 5.11.2001 risulta non cogente per l'intervento in oggetto ai sensi del DM 22.04.04, in quanto trattasi di adeguamento di un'infrastruttura esistente. Gli adeguamenti delle intersezioni esistenti sono stati sviluppati prendendo a riferimento il DM del 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" come previsto dall'articolo 2 comma 3 del decreto medesimo.

Con riferimento al nuovo svincolo di Castel Maggiore, trattandosi di nuova intersezione, sono illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza con le prescrizioni contenute nel DM 19/04/2006 che assume in questo ambito valore di normativa cogente.

## 2 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

### 2.1 Aspetti geometrici dell'infrastruttura esistente

L'attuale sezione tipo presenta una piattaforma pavimentata di circa 22.70 m, composta da due corsie per senso di marcia pari a 3.75 m, corsia d'emergenza di 2.75 m, margine interno di 2.20 m, banchine interne di 0.28 m (vedi Figura 2). I tratti su opera d'arte mantengono la sezione tipo del pavimentato corrente.

La pendenza trasversale in rettilo risulta variabile da 1.60 a 2.00%.

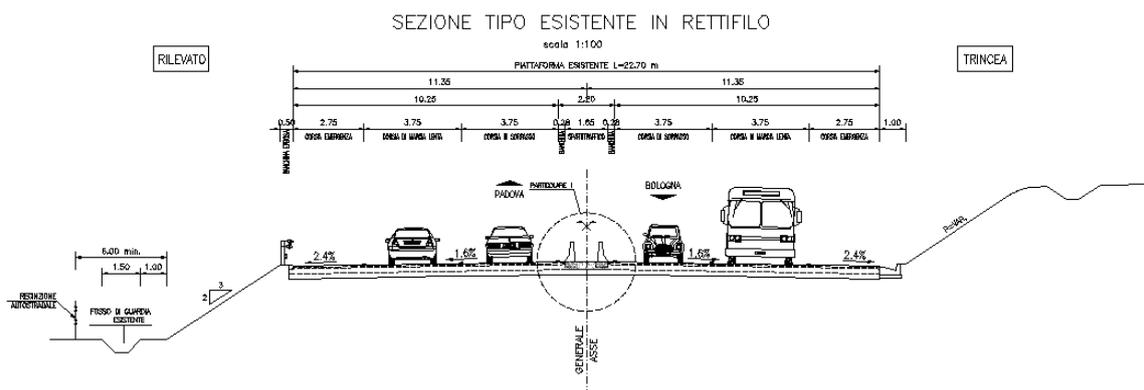


Figura 2 – Sezione tipo piattaforma esistente

### 2.2 Andamento plano-altimetrico attuale

Il tracciato dell'A13 nel tratto di intervento, di sviluppo complessivo pari a circa 32,5 km è stato ricostruito sulla base dei rilievi celerimetrici dei cigli autostradali esistenti e dei disegni di contabilità (as built) relativi ai lavori di primo impianto.

L'andamento planimetrico presenta lunghi rettili raccordati con curve generalmente di raggio elevato sprovviste di clotoidi di transizione.

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	0.000	2'573.807	2573.807	R		
2	2'573.807	2'844.589	270.782	C	10000.00	DX
3	2'844.589	9'138.978	6294.389	R		
4	9'138.978	9'517.246	378.268	C	10250.00	SX
5	9'517.246	10'859.942	1342.696	R		
6	10'859.942	11'194.413	334.471	C	2100.00	DX
7	11'194.413	13'792.021	2597.608	R		
8	13'792.021	14'062.777	270.756	C	6000.00	DX
9	14'062.777	17'997.148	3934.371	R		
10	17'997.148	18'432.035	434.887	C	5000.00	SX
11	18'432.035	27'094.868	8662.833	R		
12	27'094.868	27'528.960	434.092	C	5000.00	SX

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
13	27'528.960	29'048.780	1519.820	R		
14	29'048.780	29'154.432	105.652	C	350000.00	DX
15	29'154.432	31'994.487	2840.055	R		
16	31'994.487	32'389.819	395.332	C	1080.00	SX
17	32'389.819	34'163.058	1773.239	R		

Tabella 1 - Riepilogo caratteristiche planimetriche

Con riferimento all'andamento altimetrico il tracciato risultata complessivamente pianeggiante con pendenza longitudinale media inferiore all'1%.

Nonostante un andamento quasi orizzontale, il profilo risulta caratterizzato da variazioni di livellette che si realizzano prevalentemente in corrispondenza di attraversamenti stradali ed idraulici attraverso una sequenza sacca – dosso – sacca.

### 2.2.1 Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 05.11.2001

Vengono di seguito riportati in forma tabellare i dati plano-altimetrici dell'asse autostradale esistente ed i risultati delle verifiche di rispondenza alla normativa di riferimento DM 05/11/2001 prot. N° 6792, condotte sul tratto oggetto del presente intervento, con l'indicazione degli elementi non rispondenti in riferimento ai parametri di seguito descritti.

#### Criteria di Verifica delle caratteristiche planimetriche

**(a)** - Raggio minimo delle curve planimetriche

**(b)** - Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede

**(c)** - Compatibilità tra i raggi di due curve successive

**(d)** - Lunghezza massima dei rettifili

**(e)** - Lunghezza minima dei rettifili

**(f1)** - Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio da tratti con  $V_{p,max}$  a curve a  $V_p$ ,  $< V_{p,max}$

**(f2)** - Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio fra due curve successive ( $V_{p1} > V_{p2}$ )

**(g)** - Lunghezza minima delle curve circolari

**(h1)** - Verifica del parametro A delle Clotoidi: Limitazione del contraccolpo

**(h2)** - Verifica del parametro A delle Clotoidi: Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità

**(h3)** - Verifica del parametro A delle Clotoidi: Criterio Ottico

#### Criteria di Verifica delle caratteristiche altimetriche

**(i)** - Pendenze longitudinali massime

**(j)** - Raccordi verticali convessi

**(k)** - Raccordi verticali concavi

Come mostrato nella seguente tabelle, con riferimento alle caratteristiche planimetriche, il tracciato non presenta particolari criticità rispetto a quanto richiesto dalla normativa di riferimento da un punto di vista geometrico. Gli elementi di diversità sono rappresentati dall'assenza di curve a raggio variabile (raccordi clotoidici), dalla presenza di tre rettifili che eccedono la lunghezza di 3080 metri, corrispondente al valore massimo suggerito dalla norma in ambito autostradale per la costruzione di nuove strade .

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	0,000	2'573.807	2573.807	R				140,0				
2	2'573.807	2'844.589	270.782	C	100000,00	DX	-2,10	140,0				
3	2'844.589	9'138.978	6294.389	R				140,0	3080,00		NO	(d)
4	9'138.978	9'517.246	378.268	C	10250,00	SX	-1,70	140,0				
5	9'517.246	10'859.942	1342.696	R				140,0				
6	10'859.942	11'194.413	334.471	C	2100,00	DX	2,10	119,8				(f1) [-20,2 km/h]
7	11'194.413	13'792.021	2597.608	R				140,0				
8	13'792.021	14'062.777	270.756	C	6000,00	DX	-2,30	106,7				(f1) [-33,3 km/h]
9	14'062.777	17'997.148	3934.371	R				140,0	3080,00		NO	(d)
10	17'997.148	18'432.035	434.887	C	5000,00	SX	-2,10	98,5				(f1) [-41,5 km/h]
11	18'432.035	27'094.868	8662.833	R				140,0	3080,00		NO	(d)
12	27'094.868	27'528.960	434.092	C	5000,00	SX	-1,80	98,5				(f1) [-41,5 km/h]
13	27'528.960	29'048.780	1519.820	R				140,0				
14	29'048.780	29'154.432	105.652	C	350000,00	DX	-1,90	140,0				
15	29'154.432	31'994.487	2840.055	R				140,0				
16	31'994.487	32'389.819	395.332	C	1080,00	SX	2,30	120,2				(f1) [-19,8 km/h]
17	32'389.819	34'163.058	1773.239	R				140,0				

Tabella 2 - Asse esistente: verifiche planimetriche

Per quanto riguarda le velocità di percorrenza, come risulta dal diagramma delle velocità riportati in figura 2, il tracciato si pone in corrispondenza dell'intervallo di velocità di progetto per strade di categoria A (90 – 140 km/h).

Il tracciato presenta attualmente una serie di salti di velocità da Vp max a curve di velocità inferiore. L'andamento del diagramma delle velocità relativo all'infrastruttura esistente risulta quindi non congruente con quanto previsto dalla normativa di riferimento in quanto la variazione di velocità in corrispondenza delle curve circolari, è generalmente superiore al valore massimo previsto, pari a 10 km/h. Tale incongruenza è essenzialmente legata alle pendenze trasversali attualmente inferiori a quanto indicato nella normativa di riferimento; per effetto delle precitate pendenze trasversali esistenti sulle curve circolari si origina il diagramma di velocità di seguito riportato.

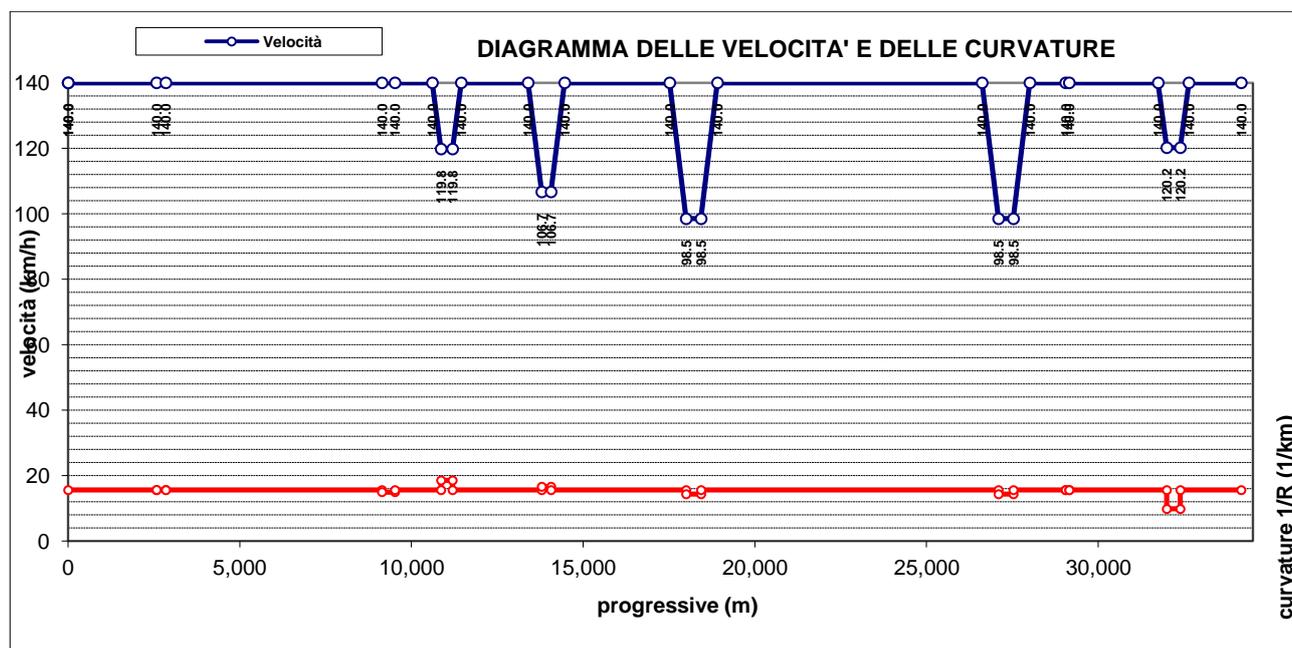


Figura 3 - Asse esistente: diagramma delle velocità

Con riferimento all'andamento altimetrico del tracciato esistente, la pendenza massima delle livellette risulta prossima al 2%, sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa, che richiede per strade di tipo A – Autostrade extraurbane di non superare la pendenza del 5%. Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati della verifica dei raccordi verticali concavi e convessi rispetto alla distanza di visibilità per l'arresto, effettuata in condizioni di pavimentazione bagnata. In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- S = Raccordo verticale convesso (Sacca)

- D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

In colonna (3) è indicata la progressiva del vertice, nelle colonne (7), (8) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (9) il valore del raggio esistente, in colonna (12) il valore minimo per garantire la distanza di arresto calcolata per la velocità di 120 km/h ed in colonna (13) il valore di velocità ammissibile (velocità di progetto a cui corrisponde una distanza di arresto pari alla distanza di visuale libera effettivamente disponibile).

581	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	1098	1'076	1'119	43.10	-0.31	-0.02	0.29	15000	120.0	176.2	0.5	1	-		
2	D	1213	1'185	1'241	56.35	-0.02	-0.43	0.42	13550	120.0	176.4	1.1	0.1	-		
3	S	1546	1'536	1'557	20.30	-0.43	-0.23	0.20	10000	120.0	176.7	0.5	1	-		
4	D	2235	2'231	2'239	8.75	-0.23	-0.28	0.04	20000	120.0	176.5	1.1	0.1	-		
5	S	3720	3'714	3'726	12.18	-0.28	-0.15	0.12	10000	120.0	176.4	0.5	1	-		
6	S	6'143	6'138	6'149	10.94	-0.15	-0.10	0.05	20000	120.0	176.1	0.5	1	-		
7	D	8792	8'783	8'800	17.12	-0.10	-0.21	0.11	15000	120.0	176.2	1.1	0.1	-		
8	S	10755	10'654	10'856	201.84	-0.21	0.45	0.67	30250	120.0	175.5	0.5	1	4322		
9	D	11'237	11'130	11'345	215.00	0.45	-0.72	1.17	18300	120.0	176.2	1.1	0.1	8327		
10	S	11715	11'533	11'898	365.08	-0.72	-0.18	0.54	67000	120.0	177.0	0.5	1	4365		
11	S	12'640	12'552	12'729	176.80	-0.18	1.59	1.77	10000	120.0	173.9	0.5	1	4278		
12	D	13'057	12'810	13'304	493.71	1.59	-1.70	3.29	15000	120.0	175.9	1.1	0.1	8307		
13	S	13'521	13'452	13'590	138.19	-1.70	0.03	1.73	8000	120.0	178.1	0.5	1	-		
14	D	14'117	14'062	14'173	110.34	0.03	-0.19	0.22	50000	115.9	166.1	1.1	0.1	-		
15	S	15'298	15'287	15'310	22.56	-0.19	-0.04	0.15	15000	120.0	176.1	0.5	1	-		
16	S	17'999	17'969	18'030	60.85	-0.04	0.36	0.41	15000	101.0	132.2	0.5	1	-		
17	D	18'524	18'479	18'570	91.24	0.36	-0.24	0.61	15000	110.4	153.0	1.1	0.1	-		
18	S	19'652	19'640	19'664	24.57	-0.24	0.00	0.25	10000	120.0	176.1	0.5	1	-		
19	S	21'049	20'947	21'151	203.86	0.00	2.04	2.04	10000	120.0	173.1	0.5	1	4255		
20	D	21'485	21'216	21'753	536.87	2.04	-1.54	3.58	15000	120.0	175.1	1.1	0.1	8230		
21	S	21'887	21'852	21'922	69.95	-1.54	-0.14	1.40	5000	120.0	178.1	0.5	1	-		
22	S	23'543	23'490	23'596	106.01	-0.14	0.57	0.71	15000	120.0	175.2	0.5	1	-		
23	D	24'039	23'902	24'175	273.23	0.57	-1.26	1.82	15000	120.0	176.7	1.1	0.1	8381		
24	S	24'326	24'270	24'383	112.59	-1.26	0.15	1.41	8000	120.0	177.3	0.5	1	-		
25	S	24'601	24'536	24'666	130.26	0.15	1.02	0.87	15000	120.0	174.2	0.5	1	-		
26	D	25'193	25'095	25'292	196.75	1.02	-0.95	1.97	10000	120.0	175.7	1.1	0.1	8284		
27	S	25'696	25'574	25'818	244.15	-0.95	2.10	3.05	8000	120.0	174.3	0.5	1	4288		
28	D	26'414	26'256	26'572	316.57	2.10	-2.12	4.22	7500	120.0	175.8	1.1	0.1	8294	NO	114.9
29	S	27'174	27'073	27'274	201.38	-2.12	-0.10	2.01	10000	100.4	133.1	0.5	1	3138		
30	S	29'600	29'594	29'606	11.94	-0.10	0.02	0.12	10000	120.0	175.9	0.5	1	-		
31	S	30'932	30'918	30'946	27.46	0.02	0.15	0.14	20000	120.0	175.6	0.5	1	-		
32	D	32'950	32'922	32'978	55.70	0.15	-0.12	0.28	20000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
33	S	33'804	33'697	33'911	214.12	-0.12	2.02	2.14	10000	120.0	173.3	0.5	1	4261		
34	D	34'399	34'106	34'692	586.49	2.02	-2.00	4.02	14600	120.0	175.8	1.1	0.1	8291		
35	S	34'875	34'776	34'975	198.81	-2.00	-0.01	1.99	10000	120.0	178.6	0.5	1	4408		

Tabella 3 - Asse esistente: verifiche altimetriche

Come si evince dalla tabella 3, i raccordi verticali sono generalmente verificati, un solo raccordo verticale (elemento n°28) risulta di raggio non adeguato, ma la velocità ammissibile dell'elemento risulta comunque superiore a 110 km/h.

### 3 L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO

La tratta di circa 32.5km di sviluppo, fa parte del progetto Progetto Definitivo per l'ampliamento alla 3ª corsia dell'Autostrada A13 Bologna-Padova, nel tratto Bologna Arcoveggio – Ferrara Sud.

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 1+070.00 (in corrispondenza della fine delle corsie specializzate dello svincolo di Bologna Arcoveggio) fino alla progressiva 33+547.00 (in corrispondenza dell'inizio delle corsie specializzate dello svincolo di Ferrara Sud) per una lunghezza complessiva pari a 32.477km

A completare l'intervento autostradale di ampliamento alla terza corsia, è previsto il nuovo svincolo di Castel Maggiore ubicato alla progressiva 3+000 e l'adeguamento delle corsie specializzate di immissione e diversione per lo Svincolo di Bologna Interporto, per l'Area di Servizio Castel Bentivoglio, per lo Svincolo di Altedo in modo da rendere compatibile la geometria delle rampe con le dimensioni della piattaforma autostradale di progetto.

Lo Svincolo di Bologna Arcoveggio e lo Svincolo di Ferrara Sud, rispettivamente all'inizio ed alla fine del tratto oggetto di intervento, mantengono inalterata la configurazione esistente.

L'intervento in progetto prevede il rifacimento della pavimentazione sulla attuale corsia d'emergenza.

Nei tratti in rettilineo si mantiene la pendenza trasversale esistente, adeguando alla pendenza del 2.50% (prevista dalla normativa di riferimento) solo le due fasce laterali di nuova pavimentazione.

Nei tratti in curva la pendenza trasversale esistente viene adeguata a quanto prescritto dalla normativa di riferimento, su tutta la larghezza della piattaforma stradale. Nelle fasce centrali la nuova pendenza trasversale viene ottenuta tramite ricarica della pavimentazione esistente, nelle fasce laterali viene realizzata la nuova pavimentazione, con pendenza corretta. L'adeguamento delle pendenze trasversali della pavimentazione esistente viene realizzato sempre mediante ricariche in modo da non ridurre mai lo spessore della pavimentazione esistente.

Su questo tratto si considera un intervallo di velocità di progetto 90-140km/h, conforme a quanto previsto dalla normativa di riferimento

Nella seguente tabella si riportano i tratti di ampliamento simmetrico ed asimmetrico.

Progr.	Tipologia di ampliamento	Lunghezza [m]
1+070.00	<i>Inizio intervento</i>	
...	Simmetrico	179.84
1+249.84		
...	Transizione	470.59
1+720.43		
...	Asimmetrico (ampliamento lato carr. Nord, ovvero verso Est)	5109.05
6+829.48		
...	Transizione	470.58
7+300.06		
...	Simmetrico	6808.15
14+108.21		
...	Transizione	437.30
14+545.51		
...	Asimmetrico (ampliamento lato carr. Nord, ovvero verso Est)	3808.67
18+354.18		
...	Transizione	635.10
18+989.28		
...	Simmetrico	14557.72
33+547.00	<i>Fine intervento</i>	

Tabella 4 - Tratti simmetrici ed asimmetrici

Il progetto prevede un ampliamento generalmente simmetrico della sede stradale, e la sostituzione dello spartitraffico esistente. L'ampliamento prevede di introdurre, su entrambi i lati, una corsia aggiuntiva da 3.75m, e di ampliare il margine interno e la corsia d'emergenza fino ai valori modulari previsti dalla normativa di riferimento. L'allargamento della piattaforma autostradale risulta pertanto pari a circa 4.90m per ogni carreggiata.

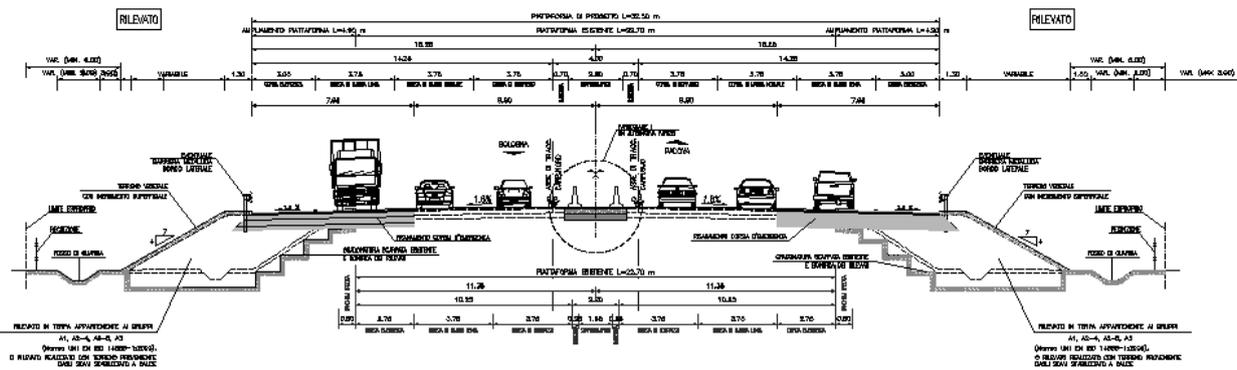


Figura 4 - Sezione tipo ampliamento simmetrico

Nei tratti di ampliamento asimmetrico, di lunghezza complessiva pari a circa 8.9km la sezione trasversale è così organizzata:



Figura 5 - Sezione tipo ampliamento simmetrico

Si mantiene inalterato uno dei due cigli (salvo la ridefinizione dell'arginello e della barriera di sicurezza), mentre l'allargamento della piattaforma (10.32m) si sviluppa solo su un lato.

### 3.1 Andamento planimetrico e diagramma di velocità

Nelle tabelle 5 e 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, mentre in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0.000	1'249.839	1249.839	R				140.0
2	1'249.839	1'485.087	235.248	C	10250.00	DX	2.50	140.0
3	1'485.087	1'720.427	235.340	C	10254.00	SX	2.50	140.0
4	1'720.427	3'094.000	1373.574	R				140.0
5	3'094.000	3'363.563	269.563	C	99992.60	DX	2.50	140.0
6	3'363.563	6'829.475	3465.912	R				140.0
7	6'829.475	7'064.815	235.340	C	10254.00	SX	2.50	140.0
8	7'064.815	7'300.063	235.248	C	10250.00	DX	2.50	140.0
9	7'300.063	9'576.124	2276.061	R				140.0
10	9'576.124	9'740.985	164.862	AT	1300.19			140.0
11	9'740.985	9'954.539	213.554	C	10254.00	SX	2.50	140.0
12	9'954.539	10'119.401	164.862	AT	1300.19			140.0
13	10'119.401	11'261.437	1142.037	R				140.0
14	11'261.437	11'497.665	236.228	AT	703.99			140.0
15	11'497.665	11'595.590	97.924	C	2098.00	DX	4.26	140.0
16	11'595.590	11'831.818	236.228	AT	703.99			140.0
17	11'831.818	14'347.618	2515.799	R				140.0
18	14'347.618	14'514.257	166.639	AT	999.75			140.0
19	14'514.257	14'618.284	104.027	C	5998.00	DX	2.50	140.0
20	14'618.284	14'784.923	166.639	AT	999.75			140.0
21	14'784.923	18'478.282	3693.359	R				140.0
22	18'478.282	18'678.322	200.040	AT	1000.30			140.0
23	18'678.322	18'913.343	235.021	C	5002.00	SX	2.50	140.0
24	18'913.343	19'113.383	200.040	AT	1000.30			140.0
25	19'113.383	27'513.986	8400.603	R				140.0
26	27'513.986	27'714.026	200.040	AT	1000.30			140.0
27	27'714.026	27'948.251	234.225	C	5002.00	SX	2.50	140.0
28	27'948.251	28'148.291	200.040	AT	1000.30			140.0
29	28'148.291	29'568.079	1419.787	R				140.0
30	29'568.079	29'673.730	105.651	C	349998.00	DX	2.50	140.0
31	29'673.730	32'397.599	2723.869	R				140.0
32	32'397.599	32'629.295	231.696	AT	500.69			140.0
33	32'629.295	32'793.663	164.368	C	1082.00	SX	6.50	140.0
34	32'793.663	33'025.359	231.696	AT	500.69			140.0
35	33'025.359	34'682.412	1657.053	R				140.0

Tabella 5 - Asse nord: elementi planimetrici

Nelle figura 6 e 7 si riportano i diagrammi delle velocità determinate come previsto al punto 5.4 del D.M. n. 6792/2001. Nelle medesime figure è riportato, per pronto riferimento, anche l'andamento delle curvature planimetriche.

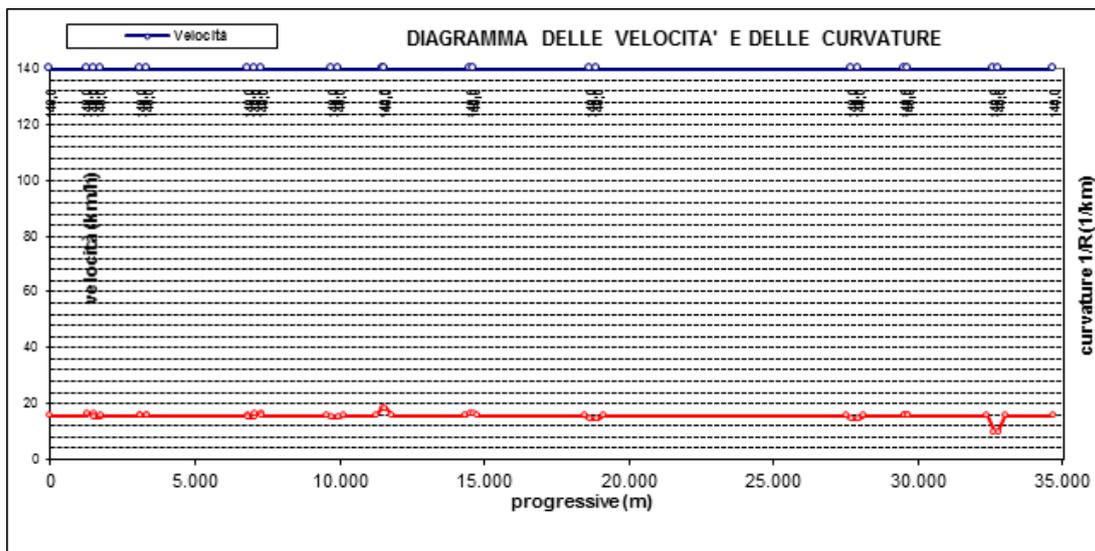


Figura 6 - Asse nord: diagramma delle velocità

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0.000	1'249.839	1249.839	R				140.0
2	1'249.839	1'485.179	235.340	C	10254.00	DX	2.50	140.0
3	1'485.179	1'720.427	235.248	C	10250.00	SX	2.50	140.0
4	1'720.427	3'094.000	1373.574	R				140.0
5	3'094.000	3'363.574	269.574	C	99996.60	DX	2.50	140.0
6	3'363.574	6'829.486	3465.912	R				140.0
7	6'829.486	7'064.734	235.248	C	10250.00	SX	2.50	140.0
8	7'064.734	7'300.074	235.340	C	10254.00	DX	2.50	140.0
9	7'300.074	9'576.150	2276.077	R				140.0
10	9'576.150	9'740.980	164.830	AT	1299.81			140.0
11	9'740.980	9'954.418	213.438	C	10250.00	SX	2.50	140.0
12	9'954.418	10'119.248	164.830	AT	1299.81			140.0
13	10'119.248	11'261.188	1141.940	R				140.0
14	11'261.188	11'497.641	236.453	AT	705.00			140.0
15	11'497.641	11'595.978	98.336	C	2102.00	DX	4.25	140.0
16	11'595.978	11'832.431	236.453	AT	705.00			140.0
17	11'832.431	14'348.090	2515.659	R				140.0
18	14'348.090	14'514.785	166.695	AT	1000.25			140.0
19	14'514.785	14'618.937	104.152	C	6002.00	DX	2.50	140.0
20	14'618.937	14'785.631	166.695	AT	1000.25			140.0
21	14'785.631	18'479.002	3693.371	R				140.0
22	18'479.002	18'678.963	199.960	AT	999.70			140.0
23	18'678.963	18'913.715	234.753	C	4998.00	SX	2.50	140.0
24	18'913.715	19'113.676	199.960	AT	999.70			140.0
25	19'113.676	27'514.359	8400.683	R				140.0
26	27'514.359	27'714.319	199.960	AT	999.70			140.0
27	27'714.319	27'948.277	233.958	C	4998.00	SX	2.50	140.0
28	27'948.277	28'148.237	199.960	AT	999.70			140.0
29	28'148.237	29'568.064	1419.827	R				140.0
30	29'568.064	29'673.717	105.653	C	350002.00	DX	2.50	140.0
31	29'673.717	32'397.800	2724.083	R				140.0
32	32'397.800	32'629.067	231.267	AT	499.31			140.0
33	32'629.067	32'792.400	163.333	C	1078.00	SX	6.52	140.0
34	32'792.400	33'023.667	231.267	AT	499.31			140.0
35	33'023.667	34'680.935	1657.268	R				140.0

Tabella 6 - Asse sud: elementi planimetrici

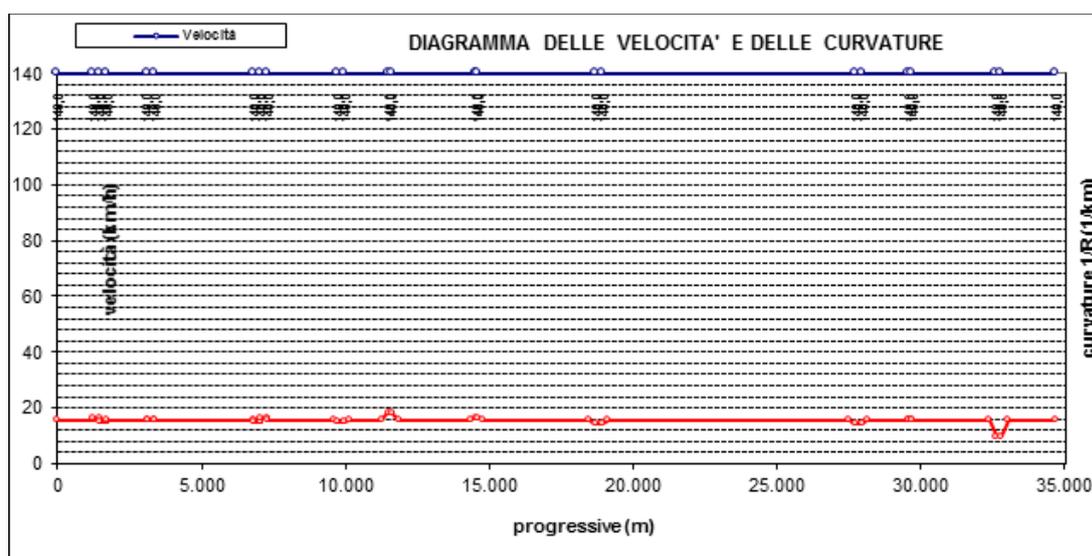


Figura 7 - Asse nord: diagramma delle velocità

L'andamento altimetrico di progetto rimane invariato rispetto all'esistente.

## 4 PROGETTAZIONE ASSE AUTOSTRADALE

### 4.1 Criteri progettuali

#### 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 rettifilo (L) che la precede:**

$$\begin{aligned} \text{per } L < 300 \text{ m} \quad R &\geq L \\ \text{per } L \geq 300 \text{ m} \quad R &\geq 400 \text{ m} \end{aligned}$$

**(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 8;

**(d) Lunghezza massima dei rettifili:**

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

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei 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 7; 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 7 – Lunghezza minima dei rettifili in relazione alla velocità

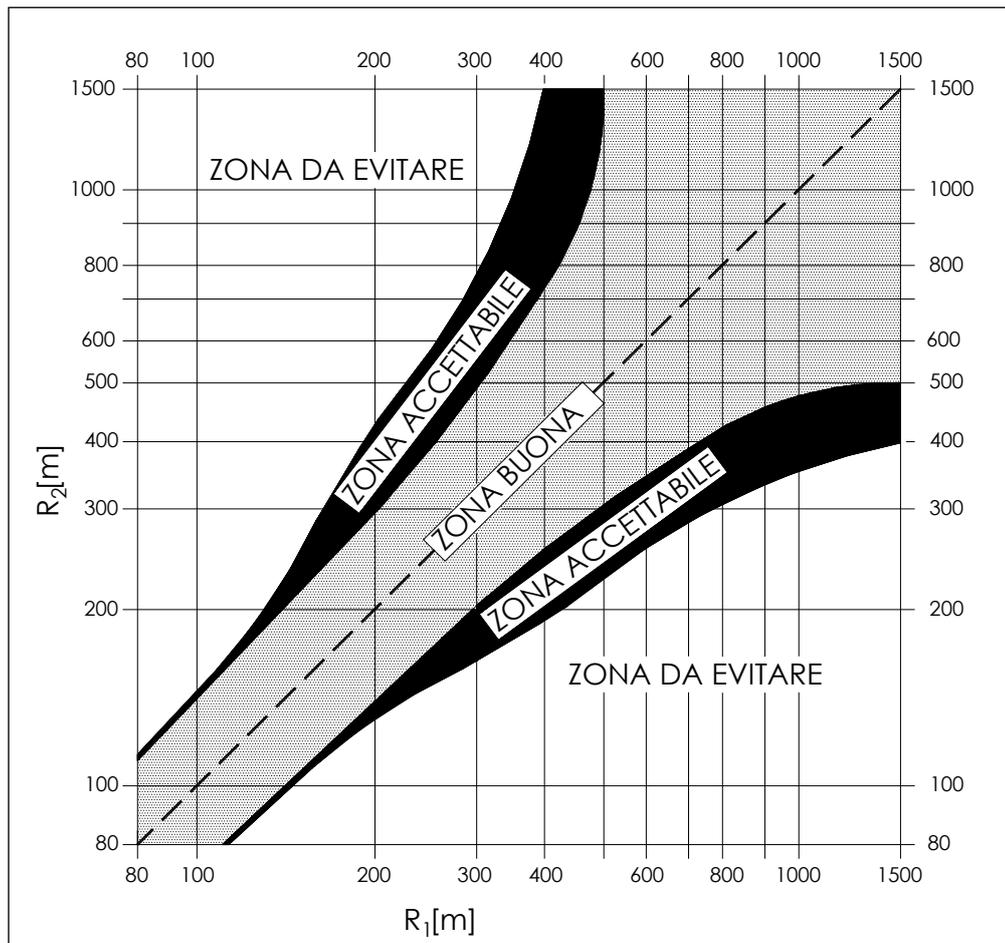


Figura 8 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(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:

- $c$  = contraccollo;
- $v$  = **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.

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

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

### *Critero 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;
- $\Delta i_{\max}$  (%) = 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 deve essere verificata 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 si è proceduto alla verifica del rapporto  $A_E/A_U$  delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto  $A_1/A_2$  tra due clotoidi in un flessione asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

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

#### 4.1.2 Caratteristiche altimetriche

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]
- $\Delta i$  = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- $h_1$  = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- $h_2$  = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma  $h_1 = 1.10$  m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone  $h_2 = 0.10$  m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone  $h_2 = 1.10$  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].
- $\Delta i$  = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento
- $h$  = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale
- $\vartheta$  = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

Si pone di norma  $h = 0.5$  m e  $\vartheta = 1^\circ$ .

La distanza di visibilità per il sorpasso è stata calcolata analogamente a quanto descritto per la verifica dei raccordi verticali convessi.

#### 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 8) 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 8 – 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 sono 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 $\tau$	
$D_2$	= 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	[ % ]
$\tau$	= tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione)	[s]
$g$	= accelerazione di gravità	[m/s <sup>2</sup> ]
$R_a$	= resistenza aerodinamica	[ N ]
$m$	= massa del veicolo	[kg]
$f_l$	= quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura	
$r_0$	= resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile	[N/kg]

Per 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.

## 5 PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI

Le caratteristiche stradali delle rampe sono state definite a partire dagli intervalli di velocità indicati nella tabella 7 del paragrafo 4.7.1 della norma e riportati per completezza nella tabella seguente:

tipi di rampe	Intersezione Tipo 1, escluse B/B, D/D, B/D, D/B		Intersezione Tipo 2, e B/B, D/D, B/D, D/B	
Diretta	50-80 km/h		40-60 km/h	
Semidiretta	40-70 km/h		40-60 km/h	
Indiretta	in uscita da A	40 km/h	in uscita dalla strada di livello gerarchico superiore	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata sulla strada di livello gerarchico superiore	30 km/h

Tabella 9 – Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

Per le rampe indirette il valore indicato in Tabella 9 rappresenta la velocità minima di progetto mentre la velocità di progetto massima è assunta pari a quella della corrispondente rampa semidiretta.

### 5.1 Criteri progettuali

La normativa, di riferimento per l'adeguamento delle intersezioni esistenti e cogente per interventi di nuova realizzazione, richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

- geometria degli elementi modulari delle rampe ;
- larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate (sezione tipo);
- dimensionamento delle corsie specializzate;
- distanze di visibilità per l'arresto.

Per quanto riguarda l'analisi delle distanze di visibilità e il dimensionamento delle corsie specializzate si rimanda ai relativi paragrafi nel seguito della presente relazione.

Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari si è fatto riferimento alle indicazioni contenute alla tabella 9 del paragrafo 4.7.3 del D.M. 19/04/2006 che relativamente al caso di strade extraurbane fornisce le indicazioni riportate in tabella 10.

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 10 – Larghezze degli elementi modulari

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, secondo quanto previsto esplicitamente nella norma in oggetto e facendo anche riferimento ai rimandi che questa fa al D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", di seguito sono riportate le verifiche prese in considerazione:

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

**(f) Raggio minimo delle curve planimetriche.**

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 19/04/2006 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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

**(c) Pendenze longitudinali massime**

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 19/04/2006, è funzione della velocità di progetto come riportato in tabella 12.

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Pendenza massima in salita	(%)	10	7.0			8.0	
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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

**(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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

## 5.2 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).

### 5.2.1 Corsie di immissione (o di entrata)

Con riferimento allo schema di figura 9 la lunghezza del tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  è 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/s<sup>2</sup>) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a  $1 \text{ m/s}^2$ .

Il tratto di raccordo  $L_{v,e}$  ha 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).

La zona di immissione corrisponde alla lunghezza complessiva del tratto di corsia specializzata in cui è ammessa la manovra di immissione (tratto con linea tratteggiata pari alla somma del tratto parallelo, a meno dei primi 30 metri, e del tratto di raccordo), da verificare con procedure basate su criteri funzionali.

Il progetto delle corsie di immissione ha previsto, la verifica funzionale dell'intera "zona di immissione" seguendo il metodo indicato dall'Highway Capacity Manual (HCM 2000). In particolare, la verifica ha accertato che la lunghezza della zona di immissione, come risultante dal predimensionamento geometrico-cinematico (e cioè pari alla lunghezza complessiva della porzione parallela del tratto di accelerazione, a meno dei primi 30 metri), fornisca un livello di servizio non inferiore a LOS B (come indicato al capitolo 5 del D.M. 19.04.2006) o comunque non inferiore al livello di servizio risultante sul tronco elementare a monte dell'immissione. Per la definizione dei livelli di traffico è stato preso a riferimento lo scenario progettuale di breve periodo dello studio di traffico allegato al presente progetto.

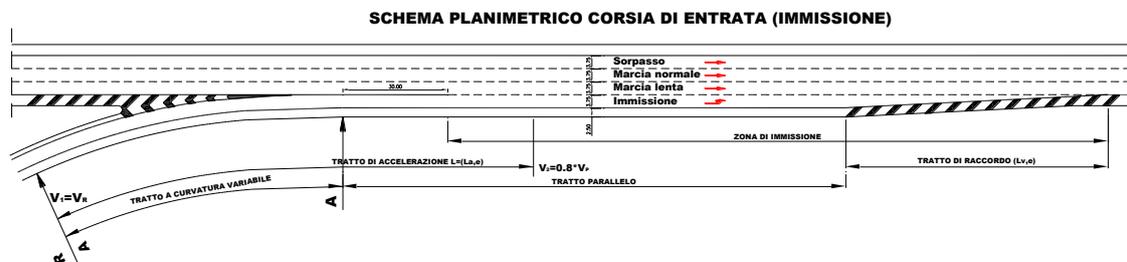


Figura 9 – Schema planimetrico corsia di immissione

#### 5.2.1.1 Corsie di immissione e tronchi di scambio - 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 del tratto a monte.

Nel caso in oggetto l'intervento si configura come potenziamento ed essendo un intervento in ambito autostradale il LOS di riferimento è LOS B oppure, come minimo, il LOS della tratta a monte.

I dati di traffico implementati sono stati ricavati dallo Studio di Traffico redatto per il progetto definitivo relativo alla A13 Bologna Arcoveggio – Ferrara Sud. Per l'Area di Servizio Castel Bentivoglio è stata ipotizzata un'attrattività pari al 10% del flusso interessante il tronco a monte.

L'orizzonte temporale considerato è il **2025**. Il flusso orario considerato è quello dell'ora di punta del **giorno feriale medio del periodo neutro**.

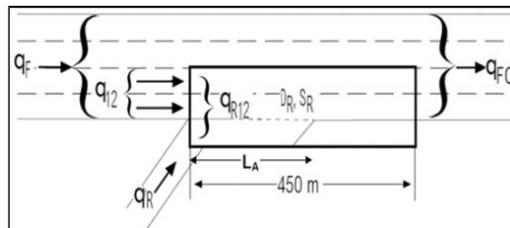


Figura 10 - Schema funzionale immissione

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

SCENARIO PROGETTUALE 2025 OdP Giorno feriale medio del periodo neutro			
SVINCOLO	DIREZIONE	LOS area influenza immissione	Risultato verifica
Castel Maggiore	Direzione Padova	B	OK
Castel Maggiore	Direzione Bologna	B	OK
BO Interporto	Direzione Padova	A	OK
BO Interporto	Direzione Bologna	B	OK
AdS Castel Bentivoglio	Direzione Padova	A	OK
AdS Castel Bentivoglio	Direzione Bologna	B	OK
Altedo	Direzione Padova	A	OK
Altedo	Direzione Bologna	B	OK

Tabella 13 - Livelli di servizio zone di immissione scenario progettuale 2025

Si riportano nel seguito le schede relative alle verifiche funzionali.

### 5.2.2 Corsie di diversione (o di uscita)

Con riferimento al caso di configurazione parallela (figura 10), 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/s<sup>2</sup>) è la decelerazione assunta per la manovra pari a 3 m/s<sup>2</sup> per le strade tipo A, B e 2,0 m/s<sup>2</sup> per le altre strade.

Il tratto di manovra  $L_{m,u}$  ha 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 11 - schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

## 6 VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 6.1 Asse autostradale

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05/11/2001.

#### 6.1.1 Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

Il tratto autostradale in oggetto è stato considerato strada di categoria A (autostrada in ambito extraurbano), al quale le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" assegnano un intervallo di velocità di progetto compreso tra 90 e 140 km/h.

Nelle tabella 14 e 15 vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche planimetriche rispettivamente per la carreggiata Ovest e per la carreggiata Est. 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.

Per quanto concerne gli elementi planimetrici che non rispettano le indicazioni normative vengono indicati:

- i valori minimi (o massimi) dei parametri che permettono di ricondurre l'elemento a quanto indicato dalla norma;
- Il motivo della non congruenza secondo l'elenco riportato al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Bem	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	0.000	1.249.839	1249.839	R				140.0				
2	1.249.839	1.485.087	235.248	C	10250.00	DX	2.50	140.0				
3	1.485.087	1.720.427	235.340	C	10254.00	SX	2.50	140.0				
4	1.720.427	3.094.000	1373.574	R				140.0				
5	3.094.000	3.363.563	269.563	C	99992.60	DX	2.50	140.0				
6	3.363.563	6.829.475	3465.912	R				140.0	3080.00		NO	(d)
7	6.829.475	7.064.815	235.340	C	10254.00	SX	2.50	140.0				
8	7.064.815	7.300.063	235.248	C	10250.00	DX	2.50	140.0				
9	7.300.063	9.576.124	2276.061	R				140.0				
10	9.576.124	9.740.985	164.862	AT	1300.19			140.0		3418.00	NO	(h3)
11	9.740.985	9.954.539	213.554	C	10254.00	SX	2.50	140.0				
12	9.954.539	10.119.401	164.862	AT	1300.19			140.0		3418.00	NO	(h3)
13	10.119.401	11.261.437	1142.037	R				140.0				
14	11.261.437	11.497.665	236.228	AT	703.99			140.0				
15	11.497.665	11.595.590	97.924	C	2098.00	DX	4.26	140.0				
16	11.595.590	11.831.818	236.228	AT	703.99			140.0				
17	11.831.818	14.347.618	2515.799	R				140.0				
18	14.347.618	14.514.257	166.639	AT	999.75			140.0		1999.33	NO	(h3)
19	14.514.257	14.618.284	104.027	C	5998.00	DX	2.50	140.0				
20	14.618.284	14.784.923	166.639	AT	999.75			140.0		1999.33	NO	(h3)
21	14.784.923	18.478.282	3693.359	R				140.0	3080.00		NO	(d)
22	18.478.282	18.678.322	200.040	AT	1000.30			140.0		1667.33	NO	(h3)
23	18.678.322	18.913.343	235.021	C	5002.00	SX	2.50	140.0				
24	18.913.343	19.113.383	200.040	AT	1000.30			140.0		1667.33	NO	(h3)
25	19.113.383	27.513.986	8400.603	R				140.0	3080.00		NO	(d)
26	27.513.986	27.714.026	200.040	AT	1000.30			140.0		1667.33	NO	(h3)
27	27.714.026	27.948.251	234.225	C	5002.00	SX	2.50	140.0				
28	27.948.251	28.148.291	200.040	AT	1000.30			140.0		1667.33	NO	(h3)
29	28.148.291	29.568.079	1419.787	R				140.0				
30	29.568.079	29.673.730	105.651	C	349998.00	DX	2.50	140.0				
31	29.673.730	32.397.599	2723.869	R				140.0				
32	32.397.599	32.629.295	231.696	AT	500.69			140.0				
33	32.629.295	32.793.663	164.368	C	1082.00	SX	6.50	140.0				
34	32.793.663	33.025.359	231.696	AT	500.69			140.0				
35	33.025.359	34.682.412	1657.053	R				140.0				

Tabella 14 - Asse nord: verifiche planimetriche

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	0,000	1'249.839	1249.839	R				140,0				
2	1'249.839	1'485.179	235.340	C	10254.00	DX	2.50	140,0				
3	1'485.179	1'720.427	235.248	C	10250.00	SX	2.50	140,0				
4	1'720.427	3'094.000	1373.574	R				140,0				
5	3'094.000	3'363.574	269.574	C	99996.60	DX	2.50	140,0				
6	3'363.574	6'829.486	3465.912	R				140,0	3080.00		NO	(d)
7	6'829.486	7'064.734	235.248	C	10250.00	SX	2.50	140,0				
8	7'064.734	7'300.074	235.340	C	10254.00	DX	2.50	140,0				
9	7'300.074	9'576.150	2276.077	R				140,0				
10	9'576.150	9'740.980	164.830	AT	1299.81			140,0		3416.67	NO	(h3)
11	9'740.980	9'954.418	213.438	C	10250.00	SX	2.50	140,0				
12	9'954.418	10'119.248	164.830	AT	1299.81			140,0		3416.67	NO	(h3)
13	10'119.248	11'261.188	1141.940	R				140,0				
14	11'261.188	11'497.641	236.453	AT	705.00			140,0				
15	11'497.641	11'595.978	98.336	C	2102.00	DX	4.25	140,0				
16	11'595.978	11'832.431	236.453	AT	705.00			140,0				
17	11'832.431	14'348.090	2515.659	R				140,0				
18	14'348.090	14'514.785	166.895	AT	1000.25			140,0		2000.67	NO	(h3)
19	14'514.785	14'618.937	104.152	C	6002.00	DX	2.50	140,0				
20	14'618.937	14'785.631	166.895	AT	1000.25			140,0		2000.67	NO	(h3)
21	14'785.631	18'479.002	3693.371	R				140,0	3080.00		NO	(d)
22	18'479.002	18'678.963	199.960	AT	999.70			140,0		1666.00	NO	(h3)
23	18'678.963	18'913.715	234.753	C	4998.00	SX	2.50	140,0				
24	18'913.715	19'113.676	199.960	AT	999.70			140,0		1666.00	NO	(h3)
25	19'113.676	27'514.359	8400.683	R				140,0	3080.00		NO	(d)
26	27'514.359	27'714.319	199.960	AT	999.70			140,0		1666.00	NO	(h3)
27	27'714.319	27'948.277	233.958	C	4998.00	SX	2.50	140,0				
28	27'948.277	28'148.237	199.960	AT	999.70			140,0		1666.00	NO	(h3)
29	28'148.237	29'568.064	1419.827	R				140,0				
30	29'568.064	29'673.717	105.653	C	35002.00	DX	2.50	140,0				
31	29'673.717	32'397.800	2724.083	R				140,0				
32	32'397.800	32'629.067	231.267	AT	499.31			140,0				
33	32'629.067	32'792.400	163.333	C	1078.00	SX	6.52	140,0				
34	32'792.400	33'023.667	231.267	AT	499.31			140,0				
35	33'023.667	34'680.935	1657.268	R				140,0				

Tabella 15 - 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.

### 6.1.2 Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette nel tratto in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive per strade di categoria A – Autostrade extraurbane di non superare la pendenza del 5%.

Nelle tabelle 16 e 17 sono riportati rispettivamente per la carreggiata Nord e la carreggiata Sud i risultati<sup>1</sup> della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata con riferimento al caso di pavimentazione bagnata e limitazione della velocità di progetto a 120 km/h che risulta essere la condizione maggiormente vincolante. Si rimarca che in rettilineo raccordi verticali e livellette sono quelli propri dell'infrastruttura esistente.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
1	S	1'098	1'076	1'119	43.10	-0.31	-0.02	0.29	15000	120.0	176.2	0.5	1	-		
2	D	1'213	1'185	1'241	56.35	-0.02	-0.43	0.42	13550	120.0	176.4	1.1	0.1	-		
3	S	1'546	1'536	1'557	20.30	-0.43	-0.23	0.20	10000	120.0	176.7	0.5	1	-		
4	D	2'235	2'231	2'239	8.75	-0.23	-0.28	0.04	20000	120.0	176.5	1.1	0.1	-		
5	S	3'720	3'714	3'726	12.18	-0.28	-0.15	0.12	10000	120.0	176.4	0.5	1	-		
6	S	6'143	6'138	6'149	10.94	-0.15	-0.10	0.05	20000	120.0	176.1	0.5	1	-		
7	D	8'792	8'783	8'800	17.12	-0.10	-0.21	0.11	15000	120.0	176.2	1.1	0.1	-		
8	S	10'755	10'654	10'856	201.84	-0.21	0.45	0.67	30250	120.0	175.5	0.5	1	4322		
9	D	11'237	11'130	11'345	215.00	0.45	-0.72	1.17	18300	120.0	176.2	1.1	0.1	8327		
10	S	11'715	11'533	11'898	365.08	-0.72	-0.18	0.54	67000	120.0	177.0	0.5	1	4365		
11	S	12'640	12'552	12'729	176.80	-0.18	1.59	1.77	10000	120.0	173.9	0.5	1	4278		
12	D	13'057	12'810	13'304	493.71	1.59	-1.70	3.29	15000	120.0	175.9	1.1	0.1	8307		
13	S	13'521	13'452	13'590	138.19	-1.70	0.03	1.73	8000	120.0	178.1	0.5	1	-		
14	D	14'117	14'062	14'173	110.34	0.03	-0.19	0.22	50000	120.0	176.0	1.1	0.1	-		
15	S	15'298	15'287	15'310	22.56	-0.19	-0.04	0.15	15000	120.0	176.1	0.5	1	-		
16	S	17'999	17'969	18'030	60.85	-0.04	0.36	0.41	15000	120.0	175.4	0.5	1	-		
17	D	18'524	18'479	18'570	91.24	0.36	-0.24	0.61	15000	120.0	175.6	1.1	0.1	-		

<sup>1</sup> Nelle tabelle i raccordi convessi sono indicati con l'abbreviazione D (Dosso), mentre i raccordi concavi con la lettera S (Sacca).

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
18	S	19'652	19'640	19'664	24.57	-0.24	0.00	0.25	10000	120.0	176.1	0.5	1	-		
19	S	21'049	20'947	21'151	203.86	0.00	2.04	2.04	10000	120.0	173.1	0.5	1	4255		
20	D	21'485	21'216	21'753	536.87	2.04	-1.54	3.58	15000	120.0	175.1	1.1	0.1	8230		
21	S	21'887	21'852	21'922	69.95	-1.54	-0.14	1.40	5000	120.0	178.1	0.5	1	-		
22	S	23'543	23'490	23'596	106.01	-0.14	0.57	0.71	15000	120.0	175.2	0.5	1	-		
23	D	24'039	23'902	24'175	273.23	0.57	-1.26	1.82	15000	120.0	176.7	1.1	0.1	8381		
24	S	24'326	24'270	24'383	112.59	-1.26	0.15	1.41	8000	120.0	177.3	0.5	1	-		
25	S	24'601	24'536	24'666	130.26	0.15	1.02	0.87	15000	120.0	174.2	0.5	1	-		
26	D	25'193	25'095	25'292	196.75	1.02	-0.95	1.97	10000	120.0	175.7	1.1	0.1	8284		
27	S	25'696	25'574	25'818	244.15	-0.95	2.10	3.05	8000	120.0	174.3	0.5	1	4288		
28	D	26'414	26'256	26'572	316.57	2.10	-2.12	4.22	7500	120.0	175.8	1.1	0.1	8294	<b>NO</b>	114.9
29	S	27'174	27'073	27'274	201.38	-2.12	-0.10	2.01	10000	120.0	178.9	0.5	1	4417		
30	S	29'600	29'594	29'606	11.94	-0.10	0.02	0.12	10000	120.0	175.9	0.5	1	-		
31	S	30'932	30'918	30'946	27.46	0.02	0.15	0.14	20000	120.0	175.6	0.5	1	-		
32	D	32'950	32'922	32'978	55.70	0.15	-0.12	0.28	20000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
33	S	33'804	33'697	33'911	214.12	-0.12	2.02	2.14	10000	120.0	173.3	0.5	1	4261		
34	D	34'399	34'106	34'692	586.49	2.02	-2.00	4.02	14600	120.0	175.8	1.1	0.1	8291		
35	S	34'875	34'776	34'975	198.81	-2.00	-0.01	1.99	10000	120.0	178.6	0.5	1	4408		

**Tabella 16 - Asse nord: verifiche altimetriche**

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	1'098	1'076	1'119	43.10	-0.31	-0.02	0.29	15000	120.0	175.4	0.5	1	-		
2	D	1'213	1'185	1'241	56.35	-0.02	-0.43	0.42	13550	120.0	175.2	1.1	0.1	-		
3	S	1'546	1'536	1'557	20.30	-0.43	-0.23	0.20	10000	120.0	174.9	0.5	1	-		
4	D	2'235	2'231	2'239	8.75	-0.23	-0.28	0.04	20000	120.0	175.1	1.1	0.1	-		
5	S	3'720	3'714	3'726	12.18	-0.28	-0.15	0.12	10000	120.0	175.2	0.5	1	-		
6	S	6'143	6'138	6'149	10.94	-0.15	-0.10	0.05	20000	120.0	175.5	0.5	1	-		
7	D	8'792	8'783	8'800	17.12	-0.10	-0.21	0.11	15000	120.0	175.4	1.1	0.1	-		
8	S	10'755	10'654	10'856	201.84	-0.21	0.45	0.67	30250	120.0	176.1	0.5	1	4340		
9	D	11'237	11'130	11'345	215.00	0.45	-0.72	1.17	18300	120.0	175.4	1.1	0.1	8259		
10	S	11'715	11'533	11'898	365.08	-0.72	-0.18	0.54	67000	120.0	174.6	0.5	1	4297		
11	S	12'640	12'552	12'729	176.80	-0.18	1.59	1.77	10000	120.0	177.7	0.5	1	-		
12	D	13'057	12'810	13'304	493.71	1.59	-1.70	3.29	15000	120.0	175.7	1.1	0.1	8279		
13	S	13'521	13'452	13'590	138.19	-1.70	0.03	1.73	8000	120.0	173.6	0.5	1	-		
14	D	14'117	14'062	14'173	110.34	0.03	-0.19	0.22	50000	120.0	175.6	1.1	0.1	-		
15	S	15'298	15'287	15'310	22.56	-0.19	-0.04	0.15	15000	120.0	175.5	0.5	1	-		
16	S	17'999	17'969	18'030	60.85	-0.04	0.36	0.41	15000	120.0	176.2	0.5	1	-		
17	D	18'524	18'479	18'570	91.24	0.36	-0.24	0.61	15000	120.0	176.0	1.1	0.1	-		
18	S	19'652	19'640	19'664	24.57	-0.24	0.00	0.25	10000	120.0	175.5	0.5	1	-		
19	S	21'049	20'947	21'151	203.86	0.00	2.04	2.04	10000	120.0	178.6	0.5	1	4410		
20	D	21'485	21'216	21'753	536.87	2.04	-1.54	3.58	15000	120.0	176.5	1.1	0.1	8357		
21	S	21'887	21'852	21'922	69.95	-1.54	-0.14	1.40	5000	120.0	173.6	0.5	1	-		
22	S	23'543	23'490	23'596	106.01	-0.14	0.57	0.71	15000	120.0	176.4	0.5	1	-		
23	D	24'039	23'902	24'175	273.23	0.57	-1.26	1.82	15000	120.0	174.9	1.1	0.1	8206		
24	S	24'326	24'270	24'383	112.59	-1.26	0.15	1.41	8000	120.0	174.3	0.5	1	-		
25	S	24'601	24'536	24'666	130.26	0.15	1.02	0.87	15000	120.0	177.4	0.5	1	-		
26	D	25'193	25'095	25'292	196.75	1.02	-0.95	1.97	10000	120.0	175.9	1.1	0.1	8302		
27	S	25'696	25'574	25'818	244.15	-0.95	2.10	3.05	8000	120.0	177.4	0.5	1	4375		
28	D	26'414	26'256	26'572	316.57	2.10	-2.12	4.22	7500	120.0	175.8	1.1	0.1	8291	<b>NO</b>	114.9
29	S	27'174	27'073	27'274	201.38	-2.12	-0.10	2.01	10000	120.0	172.9	0.5	1	4249		
30	S	29'600	29'594	29'606	11.94	-0.10	0.02	0.12	10000	120.0	175.7	0.5	1	-		
31	S	30'932	30'918	30'946	27.46	0.02	0.15	0.14	20000	120.0	176.0	0.5	1	-		
32	D	32'950	32'922	32'978	55.70	0.15	-0.12	0.28	20000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
33	S	33'804	33'697	33'911	214.12	-0.12	2.02	2.14	10000	120.0	178.4	0.5	1	4404		
34	D	34'399	34'106	34'692	586.49	2.02	-2.00	4.02	14600	120.0	175.8	1.1	0.1	8295		
35	S	34'875	34'776	34'975	198.81	-2.00	-0.01	1.99	10000	120.0	173.2	0.5	1	4256		

**Tabella 17 - Asse sud: verifiche altimetriche**

Le verifiche altimetriche, svolte, risultano generalmente soddisfatte. Un solo raccordo verticale comporta una velocità ammissibile comunque non inferiore a 110km/h.

### 6.1.3 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.

## 6.2 Nuovo svincolo di Castelmaggiore

Le opere di progetto si sviluppano all'interno del territorio comunale di Castel Maggiore, in provincia di Bologna e più precisamente alla progressiva km. 3+000 dell'autostrada A13 Bologna-Padova nella tratta compresa fra l'interconnessione di Bologna Arcoveggio e lo svincolo di Ferrara Sud.

Per maggiore chiarezza si riporta di seguito lo schema planimetrico del progetto.

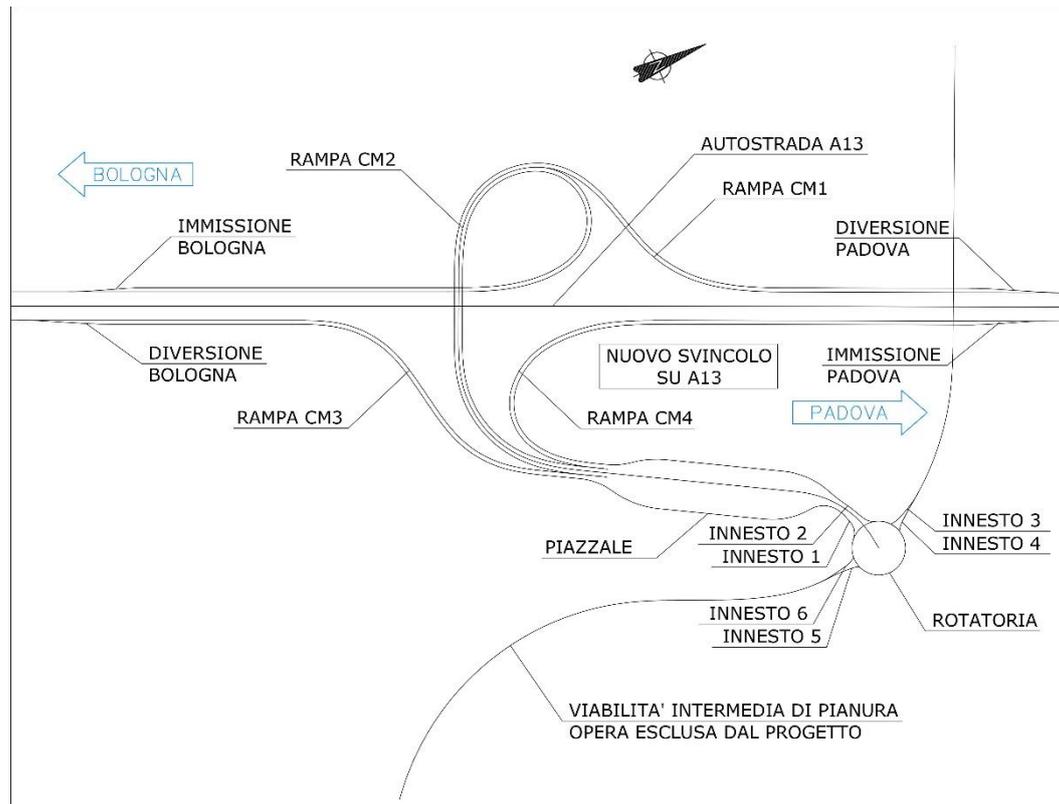


Figura 12 – Key plan di progetto

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale con le prescrizioni della normativa DM 19/04/2006. Le verifiche sono state condotte considerando per le quattro rampe autostradali un intervallo di velocità di progetto 40-60 km/h (Intersezione di Tipo 2 da normativa).

### 6.2.1 Larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate

La sezione trasversale delle rampe monodirezionali prevede una corsia da 4.00 metri, banchina in sinistra da 1.00 metri e banchina in destra da 1.50 metri. La rampa bidirezionale è costituita da due corsie da 3.75 e banchine laterali da 1.50 m. L'immissione e la diversione per/dalla A13 avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

### 6.2.2 Verifiche di rispondenza al dm 19/04/2006

Nelle figure e tabelle sottoriportate vengono sintetizzati rispettivamente, i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale delle quattro rampe di svincolo rispetto ai criteri indicati nel DM 19/04/2006.

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 desunto dal diagramma delle velocità.

Infine nella restante porzione di tabella a destra si riportano i valori di controllo dei parametri progettuali (parametri minimi delle clotoidi e raggi minimi delle curve circolari).

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	0.000	1.878	1.878	R				60.0				
2	1.878	110.178	108.300	AT	114.00			60.0				
3	110.178	137.102	26.924	C	120.00	DX	6.93	60.0				
4	137.102	185.235	48.133	AF	76.00			60.0				
5	185.235	255.235	70.000	AF	70.00			60.0				
6	255.235	285.066	29.831	C	70.00	SX	7.00	48.4				

**Tabella 18 – rampa CM1 – Diversione in carreggiata sud – Verifiche planimetriche**

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	0.000	9.539	9.539	R				30.0				
2	9.539	80.560	71.021	C	90.00	SX	7.00	44.4				
3	80.560	107.238	26.678	AT	49.00			48.6				
4	107.238	287.171	179.933	R				57.4				
5	287.171	359.421	72.250	AT	85.00			60.0				
6	359.421	446.449	87.028	C	100.00	DX	7.00	56.1				
7	446.449	495.449	49.000	AT	70.00			60.0				
8	495.449	543.490	48.041	R				60.0				
9	543.490	613.496	70.006	AT	70.00			60.0				
10	613.496	684.914	71.418	C	70.00	DX	7.00	48.4				
11	684.914	699.200	14.286	AC	50.00			45.2				
12	699.200	802.242	103.042	C	50.00	DX	7.00	41.9				
13	802.242	823.402	21.160	AC	46.00			46.2				
14	823.402	837.867	14.465	C	100.00	DX	7.00	49.0				
15	837.867	855.207	17.340	AC	68.00			52.6				
16	855.207	867.923	12.717	C	160.00	DX	5.76	55.1				
17	867.923	932.948	65.025	AT	102.00			60.0				
18	932.948	933.948	1.000	R				60.0				

**Tabella 19 – rampa CM2 – Immissione in carreggiata sud – Verifiche planimetriche progr. crescenti**

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	0.000	9.539	9.539	R				30.0				
2	9.539	80.560	71.021	C	90.00	SX	7.00	44.4				
3	80.560	107.238	26.678	AT	49.00			48.6				
4	107.238	287.171	179.933	R				57.4				
5	287.171	359.421	72.250	AT	85.00			60.0				
6	359.421	446.449	87.028	C	100.00	DX	7.00	56.1				
7	446.449	495.449	49.000	AT	70.00			60.0				
8	495.449	543.490	48.041	R				60.0				
9	543.490	613.496	70.006	AT	70.00			60.0				
10	613.496	684.914	71.418	C	70.00	DX	7.00	48.4				

**Tabella 20 – rampa CM2 – Immissione in carreggiata sud – Verifiche planimetriche progr. decrescenti**

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	0.000	1.000	1.000	R				60.0				
2	1.000	50.000	49.000	AT	70.00			60.0				
3	50.000	98.148	48.148	C	100.00	DX	7.00	56.1				
4	98.148	147.148	49.000	AT	70.00			60.0				
5	147.148	159.130	11.982	R				60.0				
6	159.130	208.130	49.000	AT	70.00			60.0				
7	208.130	246.569	38.440	C	100.00	SX	7.00	56.1				
8	246.569	295.569	49.000	AT	70.00			60.0				
9	295.569	348.678	53.109	R				60.0				

**Tabella 21 – rampa CM3 – Diversione in carreggiata nord – Verifiche planimetriche**

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	0.000	1.000	1.000	R				59.4				
2	1.000	71.000	70.000	AT	70.00			59.2				
3	71.000	71.376	0.376	C	70.00	DX	7.00	44.9				
4	71.376	85.662	14.286	AC	50.00			44.8				
5	85.662	129.852	44.191	C	50.00	DX	7.00	41.9				
6	129.852	144.138	14.286	AC	50.00			45.1				
7	144.138	170.270	26.132	C	70.00	DX	7.00	48.4				
8	170.270	209.645	39.375	AC	70.00			55.8				
9	209.645	239.359	29.714	C	160.00	DX	5.76	60.0				
10	239.359	304.280	64.921	AC	102.00			60.0		33327.12	NO	Err. R1/R2 (h3)
11	304.280	305.280	1.000	C	99981.35	DX	2.50	60.0				

Tabella 22 – rampa CM4 – Immissione in carreggiata nord – Verifiche planimetriche

Dalle analisi emerge una sostanziale completa rispondenza normativa per i tracciamenti planimetrici, unico elemento non rispondente al valore di norma risulta la clotoide di continuità (elemento 10) della rampa di immissione in carreggiata nord. Detto che il difetto è marginale perché non risulta verificato il criterio ottico; il difetto è generato dal collegamento con la curva autostradale di raggio pari a 100.000 m.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli andamenti altimetrici e i risultati delle verifiche dei raccordi verticali concavi e convessi rispetto alla distanza di visibilità per l'arresto dei singoli assi. In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- S = Raccordo verticale convesso (Sacca)
- D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

In colonna (3) è indicata la progressiva del vertice, nelle colonne (7), (8) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (9) il valore del raggio esistente, in colonna (12) il valore minimo per garantire la distanza di arresto calcolata con riferimento alla velocità desunta dal diagramma delle velocità, in colonna (14) il valore di velocità ammissibile (velocità di progetto a cui corrisponde una distanza di arresto pari alla distanza di visuale libera effettivamente disponibile).

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	32	4	59	54.89	0.38	-0.27	0.65	8500	60.0	61.8	1.1	0.1	-		
2	D	69	60	78	17.31	-0.27	-0.70	0.43	4000	60.0	62.0	1.1	0.1	-		
3	S	183	143	223	80.00	-0.70	3.30	4.00	2000	60.0	61.2	0.5	1	1195		
4	S	269	259	278	18.65	3.30	4.99	1.70	1100	48.4	45.7	0.5	1	-		

Tabella 23 – rampa CM1 – Deviazione in carreggiata sud – Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	64	61	66	4.72	1.49	1.30	0.19	2500	40.4	37.2	1.1	0.1	-		
2	D	167	167	167	0.00	1.30	-1.30	2.60	0	30.0	26.4	1.1	0.1	-		
3	S	305	242	368	126.00	-1.30	5.00	6.30	2000	60.0	61.0	0.5	1	1189		
4	D	519	419	619	200.00	5.00	-5.00	10.00	2000	60.0	61.8	1.1	0.1	1025		
5	S	752	692	811	118.63	-5.00	0.93	5.93	2000	43.5	41.5	0.5	1	702		
6	D	883	859	906	46.72	0.93	0.38	0.55	8500	60.0	61.5	1.1	0.1	-		

Tabella 24 – rampa CM2 – Immissione in carreggiata sud – Verifiche altimetriche progr.crescenti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	64	61	66	4.72	1.49	1.30	0.19	2500	40.4	37.7	1.1	0.1	-		
2	D	167	167	167	0.00	1.30	-1.30	2.60	0	30.0	26.4	1.1	0.1	-		
3	S	305	242	368	126.00	-1.30	5.00	6.30	2000	60.0	62.7	0.5	1	1232		
4	D	519	419	619	200.00	5.00	-5.00	10.00	2000	60.0	61.8	1.1	0.1	1025		

Tabella 25 – rampa CM2 – Immissione in carreggiata sud – Verifiche altimetriche progr.decrescenti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	32	1	63	62.00	-0.10	-1.03	0.94	6600	60.0	62.1	1.1	0.1	-		
2	S	119	81	156	75.37	-1.03	5.00	6.03	1250	60.0	61.0	0.5	1	1188		
3	D	214	168	259	90.20	5.00	-3.60	8.59	1050	60.0	61.5	1.1	0.1	1015		
4	S	322	296	348	52.50	-3.60	-0.41	3.18	1650	60.0	62.7	0.5	1	793		

Tabella 26 – rampa CM3 – Deviazione in carreggiata nord – Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	20	0	40	39.64	0.40	2.20	1.80	2200	59.4	60.4	0.5	1	-		
2	D	94	42	146	104.00	2.20	-3.00	5.20	2000	50.9	50.0	1.1	0.1	670		
3	S	180	150	210	60.01	-3.00	0.00	3.00	2000	55.9	56.9	0.5	1	1085		
4	S	239	230	248	18.09	0.00	0.18	0.18	10000	60.0	61.8	0.5	1	-		
5	D	280	256	303	46.80	0.18	-0.54	0.72	6500	60.0	61.9	1.1	0.1	-		

Tabella 27 – rampa CM4 – Immissione in carreggiata nord – Verifiche altimetriche

Dalle analisi effettuate si desume che i valori risultano sempre superiori a quelli minimi da calcolo.

Si annota infine che sono stati introdotti i seguenti allargamenti per visibilità:

**Rampa CM1:** Dalla progressiva 0+096.13 alla progressiva 0+136.74 allargamento massimo della banchina destra pari a 0.52 m. e dalla progressiva 0+213.22 alla progressiva 0+243.03 allargamento massimo della banchina sinistra pari a 1.44 m.

**Rampa CM2:** Dalla progressiva 0+336.05 alla progressiva 0+451.57 allargamento massimo della banchina destra pari a 1.17 m. e dalla progressiva 0+572.64 alla progressiva 0+807.61 allargamento massimo della banchina destra pari a 2.10 m.

**Rampa CM3:** Dalla progressiva 0+037.22 alla progressiva 0+105.13 allargamento massimo della banchina destra pari a 1.20 m. e dalla progressiva 0+189.66 alla progressiva 0+255.99 allargamento massimo della banchina sinistra pari a 1.05 m.

**Rampa CM4:** Dalla progressiva 0+040.13 alla progressiva 0+138.36 allargamento massimo della banchina destra pari a 1.45 m.

Per le verifiche effettuate si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

### 6.2.3 Corsie specializzate

Le corsie di immissione/diversione sono state dimensionate in funzione dei seguenti parametri, i cui valori sono da considerarsi minimi di progetto:

#### Carreggiata Sud: Diversione da Padova

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	120
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	6.93
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>205.8</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	160.8
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>250.8</b>

#### Carreggiata Sud: Immissione per Bologna

Raggio curva circolare	Rf	(m)	160.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	5.8
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	345.1
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	65
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>280.0</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75.0</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>420.1</b>

#### Carreggiata Nord: Diversione direzione da Bologna

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	100
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	56.1
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>211.6</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	166.6
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>256.6</b>

#### Carreggiata Nord: Immissione direzione per Padova

Raggio curva circolare	Rf	(m)	160.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	5.8
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140

Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	345.1
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	64.9
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>280.1</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75.0</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>420.1</b>

La diversione/immissione per/dalla A13 avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

### 6.3 Svincoli esistenti

Nel seguito sono riportate le lunghezze definite per il dimensionamento delle corsie specializzate degli svincoli esistenti, i cui valori sono stati calcolati prendendo a riferimento la normativa DM 19/04/2006.

#### 6.3.1 Adeguamento Svincolo di Bologna Interporto

Le corsie di immissione/diversione sono state dimensionate in funzione dei seguenti parametri, i cui valori sono da considerarsi minimi di progetto:

Carreggiata Nord: Immissione direzione per Padova

Raggio curva circolare	Rf	(m)	268
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	146.1
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>276.1</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	<b>321.1</b>
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>497.2</b>

Carreggiata Nord: Diversione direzione da Bologna

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	50
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.00
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>231.5</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>276.5</b>

Carreggiata Sud: Diversione direzione da Padova

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	120
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>231.5</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>276.5</b>

## Carreggiata Sud: Immissione direzione per Bologna

Raggio curva circolare	Rf	(m)	53.5
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	46.8
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>375.5</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	<b>420.5</b>
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>497.2</b>

La diversione/immissione per/dalla A13 avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

## 6.3.2 Adeguamento Area di Servizio Castel Bentivoglio

Le corsie di immissione/diversione sono state dimensionate in funzione dei seguenti parametri, i cui valori sono da considerarsi minimi di progetto:

## Carreggiata Nord: Immissione direzione per Padova

Raggio curva circolare	Rf	(m)	85.5
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	32.4
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>389.8</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	<b>434.8</b>
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>497.2</b>

## Carreggiata Nord: Uscita direzione da Bologna

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	350
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>231.5</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>276.5</b>

## Carreggiata Sud: Uscita direzione da Padova

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	83.35
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>231.5</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>276.5</b>

## Carreggiata Sud: Immissione direzione per Bologna

Raggio curva circolare	Rf	(m)	120
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	24.7
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>397.5</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	<b>442.5</b>
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>497.2</b>

La diversione/immissione per/dalla A13 avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

### 6.3.3 Adeguamento Svincolo di Altedo

Il progetto di ampliamento ha previsto il rifacimento delle rampe di svincolo poiché il cavalcavia esistente non risulta predisposto all'ampliamento autostradale.

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale con le prescrizioni della normativa DM 19/04/2006 di riferimento per intersezioni esistenti. Le verifiche sono state condotte considerando per le quattro rampe autostradali un intervallo di velocità di progetto 40-60 km/h (Intersezione di Tipo 2 da normativa).

#### 6.3.3.1 Larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate

La sezione trasversale delle rampe monodirezionali prevede una corsia da 4.00 metri, banchina in sinistra da 1.00 metri e banchina in destra da 1.50 metri. La rampa bidirezionale è costituita da due corsie da 3.75 e banchine laterali da 1.50 m. L'immissione e la diversione per/dalla A13 avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

#### 6.3.3.2 Verifiche di rispondenza al dm 19/04/2006

Nelle figure e tabelle sottoriportate vengono sintetizzati rispettivamente, i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale delle quattro rampe di svincolo rispetto ai criteri indicati nel DM 19/04/2006.

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 desunto dal diagramma delle velocità.

Infine nella restante porzione di tabella a destra si riportano i valori di controllo dei parametri progettuali (parametri minimi delle clotoidi e raggi minimi delle curve circolari).

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	0.000	5.000	5.000	C	99.75	SX	7.00	40.0				
2	5.000	62.749	57.749	AF	75.90			40.0				
3	62.749	130.226	67.477	AF	77.28			40.0			NO	Err. AE/AU
4	130.226	134.699	4.474	C	88.50	DX	7.00	40.0				
5	134.699	300.418	165.719	AT	121.10			40.0		88.50	NO	Err. AE/AU A>R (h3)
6	300.418	305.418	5.000	R				40.0				

Tabella 28 – Immissione in carreggiata nord – Verifiche planimetriche

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	0.000	5.000	5.000	R				40.0				
2	5.000	112.021	107.021	AT	125.00			40.0				
3	112.021	189.513	77.492	C	146.00	DX	6.11	40.0				
4	189.513	239.131	49.619	AC	111.51			40.0		92.25	NO	A>R (h3)
5	239.131	310.813	71.682	C	92.25	DX	7.00	40.0				

Tabella 29 – Diversione in carreggiata nord – Verifiche planimetriche

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	0.000	5.000	5.000	R				40.0				
2	5.000	87.963	82.963	AT	70.55			40.0		60.00	NO	A>R (h3)
3	87.963	92.605	4.642	C	60.00	DX	7.00	40.0				
4	92.605	132.843	40.237	AF	49.13			40.0				
5	132.843	171.890	39.047	AF	44.19			40.0				
6	171.890	270.108	98.218	C	50.00	SX	7.00	40.0				
7	270.108	302.108	32.000	AT	40.00			40.0				
8	302.108	393.422	91.314	R				40.0				
9	393.422	412.235	18.813	AT	54.00			40.0				
10	412.235	424.509	12.274	C	155.00	SX	5.88	40.0				
11	424.509	451.748	27.239	AF	64.98			40.0				
12	451.748	477.771	26.023	AF	49.98			40.0				
13	477.771	538.690	60.919	C	96.00	DX	7.00	40.0				

Tabella 30 – Diversione in carreggiata sud – Verifiche planimetriche – Progr.crescenti

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	0.000	5.000	5.000	R				40.0				
2	5.000	87.963	82.963	AT	70.55			40.0		60.00	NO	A>R (h3)
3	87.963	92.605	4.642	C	60.00	DX	7.00	40.0				
4	92.605	132.843	40.237	AF	49.13			40.0				
5	132.843	171.890	39.047	AF	44.19			40.0				
6	171.890	270.108	98.218	C	50.00	SX	7.00	40.0				
7	270.108	302.108	32.000	AT	40.00			40.0				
8	302.108	393.422	91.314	R				40.0				
9	393.422	412.235	18.813	AT	54.00			40.0				
10	412.235	424.509	12.274	C	155.00	SX	5.88	40.0				
11	424.509	451.748	27.239	AF	64.98			40.0				
12	451.748	477.771	26.023	AF	49.98			40.0				
13	477.771	538.690	60.919	C	96.00	DX	7.00	40.0				

Tabella 31 – Diversione in carreggiata sud – Verifiche planimetriche – Progr.decrescenti

Dalle analisi emerge una sostanziale completa rispondenza normativa per i tracciamenti planimetrici. Gli unici difetti che si riscontrano si ritengono marginali perché di natura ottica (criterio ottico per le clotoidi) e dettati dalla necessità di mantenere il più possibile le geometrie esistenti.

Nelle tabelle seguenti sono riportati gli andamenti altimetrici e i risultati delle verifiche dei raccordi verticali concavi e convessi rispetto alla distanza di visibilità per l'arresto dei singoli assi.

In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- S = Raccordo verticale convesso (Sacca)
- D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

In colonna (3) è indicata la progressiva del vertice, nelle colonne (7), (8) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (9) il valore del raggio esistente, in colonna (12) il valore minimo per garantire la distanza di arresto calcolata con riferimento alla velocità desunta dal diagramma delle velocità, in colonna (14) il valore di velocità ammissibile (velocità di progetto a cui corrisponde una distanza di arresto pari alla distanza di visuale libera effettivamente disponibile).

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	0.000	72.837	72.837	C	50.00	DX	7.00	40.0				
2	72.837	77.336	4.500	AC	45.00			40.0				
3	77.336	99.541	22.205	C	45.00	DX	7.00	40.0				
4	99.541	144.541	45.000	AT	45.00			40.0				
5	144.541	149.541	5.000	R				40.0				

Tabella 32 – Immissione in carreggiata sud – Verifiche planimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
1	S	28	13	43	29.55	0.06	3.34	3.28	900	40.0	40.0	0.5	1	213		
2	D	72	60	83	22.57	3.34	1.84	1.50	1500	40.0	39.7	1.1	0.1	-		
3	D	104	92	115	23.29	1.84	-1.27	3.10	750	40.0	40.4	1.1	0.1	-		
4	D	130	116	144	28.07	-1.27	-2.67	1.40	2000	40.0	41.1	1.1	0.1	-		
5	D	160	154	165	11.40	-2.67	-3.94	1.27	900	40.0	41.6	1.1	0.1	-		
6	S	187	180	194	13.53	-3.94	-2.81	1.13	1200	40.0	41.6	0.5	1	-		
7	S	221	202	241	38.67	-2.81	0.41	3.22	1200	40.0	40.9	0.5	1	200		
8	D	254	241	267	25.95	0.41	0.18	0.24	11000	40.0	40.4	1.1	0.1	-		
9	D	290	287	293	6.48	0.18	-0.15	0.32	2000	40.0	40.5	1.1	0.1	-		

Tabella 33 – Immissione in carreggiata nord – Verifiche planimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	51	49	53	3.40	-0.04	-0.38	0.34	1000	40.0	40.5	1.1	0.1	-		
2	S	84	68	100	32.27	-0.38	5.00	5.38	600	40.0	39.8	0.5	1	654	NO	38.3
3	D	191	166	216	50.04	5.00	-6.12	11.12	450	40.0	40.7	1.1	0.1	444		
4	S	233	219	247	27.57	-6.12	-4.20	1.92	1435	40.0	42.3	0.5	1	-		
5	S	281	262	299	37.20	-4.20	-0.06	4.13	900	40.0	41.2	0.5	1	565		

Tabella 34 – Diversione in carreggiata nord – Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	37	26	48	22.73	-0.06	-0.44	0.38	6000	40.0	40.6	1.1	0.1	-		
2	S	66	55	77	22.42	-0.44	2.37	2.80	800	40.0	40.2	0.5	1	-		
3	S	131	124	138	14.68	2.37	3.10	0.73	2000	40.0	39.7	0.5	1	-		
4	S	183	177	189	11.86	3.10	3.40	0.30	4000	40.0	39.6	0.5	1	-		
5	D	349	318	379	61.60	3.40	-5.40	8.80	700	40.0	40.8	1.1	0.1	447		
6	S	451	444	458	13.68	-5.40	-4.03	1.37	1000	40.0	42.1	0.5	1	-		
7	S	507	488	526	38.14	-4.03	-0.06	3.97	960	40.0	41.1	0.5	1	527		

Tabella 35 – Diversione in carreggiata sud – Verifiche altimetriche – Progr.crescenti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	37	26	48	22.73	-0.06	-0.44	0.38	6000	40.0	40.4	1.1	0.1	-		
2	S	66	55	77	22.42	-0.44	2.37	2.80	800	40.0	40.8	0.5	1	-		
3	S	131	124	138	14.68	2.37	3.10	0.73	2000	40.0	41.4	0.5	1	-		
4	S	183	177	189	11.86	3.10	3.40	0.30	4000	40.0	41.5	0.5	1	-		
5	D	349	318	379	61.60	3.40	-5.40	8.80	700	40.0	40.2	1.1	0.1	433		
6	S	451	444	458	13.68	-5.40	-4.03	1.37	1000	40.0	39.2	0.5	1	-		
7	S	507	488	526	38.14	-4.03	-0.06	3.97	960	40.0	39.9	0.5	1	492		

Tabella 36 – Diversione in carreggiata sud – Verifiche altimetriche – Progr.decrescenti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	29	27	31	4.47	-3.25	-3.70	0.45	1000	40.0	41.6	1.1	0.1	-		
2	S	45	41	50	9.59	-3.70	-2.74	0.96	1000	40.0	41.5	0.5	1	-		
3	S	79	76	83	7.34	-2.74	-2.00	0.73	1000	40.0	41.2	0.5	1	-		
4	S	97	90	103	12.87	-2.00	-0.71	1.29	1000	40.0	40.9	0.5	1	-		
5	S	111	105	117	12.21	-0.71	0.51	1.22	1000	40.0	40.5	0.5	1	-		
6	D	128	120	136	15.93	0.51	-0.02	0.53	3000	40.0	40.4	1.1	0.1	-		

Tabella 37 – Diversione in carreggiata sud – Verifiche altimetriche

Le corsie di immissione/diversione sono state dimensionate in funzione dei seguenti parametri, i cui valori sono da considerarsi minimi di progetto:

Carreggiata Nord: Immissione direzione per Padova - Intervallo di velocità di progetto 30-60km/h

Raggio curva circolare	Rf	(m)	85.5
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	171.5
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>250.7</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	<b>295.7</b>
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>497.2</b>

Carreggiata Nord: Diversione direzione da Bologna

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	120
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>231.5</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>276.5</b>

Carreggiata Sud: Diversione direzione da Padova

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140
Raggio curva circolare	Rf	(m)	120
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente

Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
<b>Lunghezza tratto decelerazione</b>	<b>Ld,u</b>	<b>(m)</b>	<b>231.5</b>
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
<b>Lunghezza tratto manovra</b>	<b>Lm,u</b>	<b>(m)</b>	<b>90</b>
<b>Lunghezza totale corsia diversione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>276.5</b>

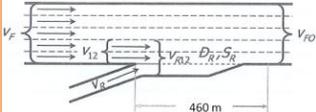
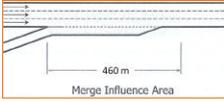
Carreggiata Sud: Immissione direzione per Bologna

Raggio curva circolare	Rf	(m)	45
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	esistente
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	422.2
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	45
<b>Lunghezza tratto parallelo in accelerazione</b>	<b>Lp,a</b>	<b>(m)</b>	<b>377.2</b>
<b>Lunghezza tratto raccordo</b>	<b>Lv,e</b>	<b>(m)</b>	<b>75</b>
<b>Lunghezza zona di Immissione</b>	<b>LA</b>	<b>(m)</b>	<b>422.2</b>
<b>Lunghezza totale corsia immissione</b>	<b>Lt</b>	<b>(m)</b>	<b>497.2</b>

La diversione/immissione per/dalla A13 avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

#### 6.4 Verifiche funzionali corsie di immissione

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le verifiche funzionali delle corsie di immissione in progetto.

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE		
FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD		
ON-RAMP		
Oggetto	Immissione nord nuovo svincolo di Castel Maggiore	
<b>GENERAL INFO</b>		
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova	
DIREZIONE	Padova	
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno ferialo medio del periodo neutro	
 		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>		
Good Weather	Good Visibility	No Incidents
No Pavement Deterioration	FFS of mainline freeway = 90/120 km/h	No Accidents
Min Lanes width = 3 m	No Extended bridge segment	No Work Zone
No upstream queuing on a segment	No ITS	Min number of mainline freeway lanes = 2
		No Extended tunnel segment
		No oversaturated condition $V >= C$
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>		
Total hourly Volume	$V_F$	2073 veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{F TRUCKS}$	25%
% 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%
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>		
Total Flow Rate	$v_F$	2335 Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00
<b>RAMP INPUT DATA</b>		
Total hourly Volume	$V_R$	294 veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{R TRUCKS}$	21%
% 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	1.0
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	75 km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	367 m
<b>RAMP FLOW RATE</b>		
Total Flow Rate	$v_R$	325 Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.91
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>		
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	$L_{UP}$	331 m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	621 veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	12%
% 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	1.0 = freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	658 Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.94
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>		
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	$L_{DOWN}$	0 m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0 veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$	
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	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	1.0 = freeway
Total Flow Rate	$v_{DOWN}$	0 Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>		
Flow rate upstream	$v_F$	2335 Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200 Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK
Flow rate downstream	$v_{FO}$	2660 Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_{FO}$	7200 Veq/h
Necessary condition: $v_{FO} < C_{FO}$		OK
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>		
Ramp flow rate	$v_R$	325 Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2100 Veq/h
Necessary condition: $v_R < C_R$		OK
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>		
Flow rate entering the ramp influence area	$v_{R12}$	1744 Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600 Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK
<b>ESTIMATE DENSITY</b>		
Ramp Influence Area Density	$D_R$	7.1 Veq/km/ln
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>		
Checkpoint conditions		OK
LOS		LOS B

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD ON-RAMP			
Oggetto	Immissione sud nuovo svincolo di Castel Maggiore		
<b>GENERAL INFO</b>			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Bologna		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno feriale medio del periodo neutro		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
No Pavement Deterioration	FFS of mainline freeway = 90/120 km/h	No Work Zone	
Min Lanes width = 3 m	No Extended bridge segment	Min number of mainline freeway lanes = 2	
No upstream queuing on a segment	No ITS	No Extended tunnel segment	
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_F$	3118	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	
Grade	$i$	0%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_F$	3407	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.92	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>RAMP INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_R$	850	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{R TRUCKS}$	16%	
% 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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	80	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	366	m
<b>RAMP FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_R$	920	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.92	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{UP}$	299	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	657	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	14%	
% 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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	702	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.94	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{DOWN}$	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$		
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>			
Flow rate upstream	$v_F$	3407	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$v_{FO}$	4327	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_{FO}$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_{FO} < C_{FO}$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>			
Ramp flow rate	$v_R$	920	Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2000	Veq/h
Necessary condition: $v_R < C_R$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>			
Flow rate entering the ramp influence area	$v_{R12}$	2866	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	
<b>ESTIMATE DENSITY</b>			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	12.4	Veq/km/ln
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS B	

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD ON-RAMP			
Oggetto	Immissione nord svincolo di Bo Interporto		
<b>GENERAL INFO</b>			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Padova		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno ferialo medio del periodo neutro		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
No Pavement Deterioration	FFS of mainline freeway = 90/120 km/h	No Work Zone	
Min Lanes width = 3 m	No Extended bridge segment	Min number of mainline freeway lanes = 2	
No upstream queuing on a segment	No ITS	No Extended tunnel segment	
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_F$	1818	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	25%	
% 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%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_F$	2046	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>RAMP INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_R$	127	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	23%	
% 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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	99	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	358	m
<b>RAMP FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_R$	142	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.90	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{UP}$	398	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	549	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	23%	
% 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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	614	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{DOWN}$	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$		
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>			
Flow rate upstream	$v_F$	2046	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$v_D$	2188	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_D$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_D < C_D$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>			
Ramp flow rate	$v_R$	142	Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2100	Veq/h
Necessary condition: $v_R < C_R$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>			
Flow rate entering the ramp influence area	$v_{R12}$	1326	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	
<b>ESTIMATE DENSITY</b>			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	5.2	Veq/km/ln
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS A	

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD ON-RAMP			
Oggetto	Immissione sud svincolo di Bo Interporto		
<b>GENERAL INFO</b>			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Bologna		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno ferialo medio del periodo neutro		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
No Pavement Deterioration	FFS of mainline freeway = 90/120 km/h	No Work Zone	
Min Lanes width = 3 m	No Extended bridge segment	Min number of mainline freeway lanes = 2	
No upstream queuing on a segment	No ITS	No Extended tunnel segment	
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_F$	3283	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	16%	
% 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%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_F$	3540	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.93	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>RAMP INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_R$	531	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	29%	
% 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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	54	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	457	m
<b>RAMP FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_R$	608	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.87	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{UP}$	211	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	359	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	17%	
% 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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	390	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.92	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{DOWN}$	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$		
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>			
Flow rate upstream	$v_F$	3540	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$v_D$	4148	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_D$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_D < C_D$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>			
Ramp flow rate	$v_R$	608	Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2000	Veq/h
Necessary condition: $v_R < C_R$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>			
Flow rate entering the ramp influence area	$v_{R12}$	2753	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	
<b>ESTIMATE DENSITY</b>			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	10.7	Veq/km/ln
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS B	

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD ON-RAMP			
Oggetto	Immissione nord AdS Castel Bentivoglio		
<b>GENERAL INFO</b>			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Padova		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno ferial medio del periodo neutro		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
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 $V \geq C$	
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_F$	1751	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	25%	
% 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%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_F$	1970	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>RAMP INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_R$	194	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	25%	
% 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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	55	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	471	m
<b>RAMP FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_R$	218	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{UP}$	313	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	194	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	25%	
% 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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	218	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{DOWN}$	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$		
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>			
Flow rate upstream	$v_F$	1970	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$v_D$	2188	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_{FO}$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_D < C_{FO}$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>			
Ramp flow rate	$v_R$	218	Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2000	Veq/h
Necessary condition: $v_R < C_R$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>			
Flow rate entering the ramp influence area	$v_{R12}$	1501	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	
<b>ESTIMATE DENSITY</b>			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	4.6	Veq/km/ln
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS A	

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD ON-RAMP			
Oggetto	Immissione sud AdS Castel Bentivoglio		
<b>GENERAL INFO</b>			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Bologna		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno feriale medio del periodo neutro		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
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 $V >= C$	
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_F$	3278	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	16%	
% 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%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$V_F$	3537	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.93	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>RAMP INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_R$	364	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	16%	
% 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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	55	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	481	m
<b>RAMP FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$V_R$	393	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.93	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{UP}$	354	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	364	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	16%	
% 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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$V_{UP}$	393	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.93	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$V_{DOWN}$	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$		
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>			
Flow rate upstream	$V_F$	3537	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $V_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$V_O$	3930	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_{FO}$	7200	Veq/h
Necessary condition: $V_O < C_{FO}$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>			
Ramp flow rate	$V_R$	393	Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2000	Veq/h
Necessary condition: $V_R < C_R$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>			
Flow rate entering the ramp influence area	$V_{R12}$	2643	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $V_{R12} < d_{R12}$		OK	
<b>ESTIMATE DENSITY</b>			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	10.0	Veq/km/ln
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS B	

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE			
FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD			
ON-RAMP			
Oggetto	Immissione nord svincolo di Altedo		
GENERAL INFO			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Padova		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno feriale medio del periodo neutro		
BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
No Pavement Deterioration	FFS of mainline freeway = 90/120 km/h	No Work Zone	
Min Lanes width = 3 m	No Extended bridge segment	No Extended tunnel segment	
No upstream queuing on a segment	No ITS	No oversaturated condition $V_s \geq C$	
FREEWAY INPUT DATA			
Total hourly Volume	$V_F$	1749	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	25%	
% 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%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
FREEWAY FLOW RATE			
Total Flow Rate	$v_F$	1970	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.89	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
RAMP INPUT DATA			
Total hourly Volume	$V_R$	114	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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	80	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	347	m
RAMP FLOW RATE			
Total Flow Rate	$v_R$	122	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.94	
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	$L_{UP}$	344	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	195	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	23%	
% 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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	217	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.90	
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= 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	$v_F$	1970	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$v_{FO}$	2091	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_{FO}$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_{FO} < C_{FO}$		OK	
CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP			
Ramp flow rate	$v_R$	122	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	$v_{R12}$	1319	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	
ESTIMATE DENSITY			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	5.3	Veq/km/ln
DETERMINE LEVEL OF SERVICE			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS A	

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD ON-RAMP			
Oggetto	Immissione sud svincolo di Altedo		
<b>GENERAL INFO</b>			
AUTOSTRADA	A13 Bologna - Padova		
DIREZIONE	Bologna		
NOTE	Scenario progettuale 2025 Ora di Punta 8-9 del giorno feriale medio del periodo neutro		
<b>BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY</b>			
Good Weather	Good Visibility	No Incidents	No Accidents
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 $V >= C$	
<b>FREEWAY INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_F$	3097	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_F TRUCKS$	16%	
% 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%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	$E_T$	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	$E_R$	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
<b>FREEWAY FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_F$	3346	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.93	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>RAMP INPUT DATA</b>			
Total hourly Volume	$V_R$	543	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_R TRUCKS$	14%	
% 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	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	$S_{FR}$	49	km/h
Length acceleration lane (continuous and dash lane)	$L_A$	464	m
<b>RAMP FLOW RATE</b>			
Total Flow Rate	$v_R$	581	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.93	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{UP}$	157	m
Total hourly Volume	$V_{UP}$	278	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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{UP}$	294	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$	0.95	
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION</b>			
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	$L_{DOWN}$	0	m
Total hourly Volume	$V_{DOWN}$	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$		
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$		
Numbers Lanes	$N_{DOWN}$	0	
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	1.0	= freeway
Total Flow Rate	$v_{DOWN}$	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	$f_{HV}$		
Adjustment for Population Factor	$f_p$	1.00	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY</b>			
Flow rate upstream	$v_F$	3346	Veq/h
Capacity of upstream segment	$C_F$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < C_F$		OK	
Flow rate downstream	$v_D$	3927	Veq/h
Capacity of downstream segment	$C_D$	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_D < C_D$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP</b>			
Ramp flow rate	$v_R$	581	Veq/h
Capacity ramp	$C_R$	2000	Veq/h
Necessary condition: $v_R < C_R$		OK	
<b>CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA</b>			
Flow rate entering the ramp influence area	$v_{R12}$	2615	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	$d_{R12}$	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	
<b>ESTIMATE DENSITY</b>			
Ramp Influence Area Density	$D_R$	10.0	Veq/km/l
<b>DETERMINE LEVEL OF SERVICE</b>			
Checkpoint conditions		OK	
LOS		LOS B	