

AUTOSTRADA (A1) : MILANO NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA
DEL TRATTO MILANO SUD (Tang. Ovest) – LODI


PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE RELAZIONE SPECIALISTICA DEL PROGETTO STRADALE

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 RESPONSABILE UFFICIO STD	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 RESPONSABILE AREA DI PROGETTO MILANO	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE FUNZIONE STP
---	---	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO					DATA:	REVISIONE	
-	DIRETTORIO			FILE		DICEMBRE 2010	n.	data
	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo			01	MARZO 2011
-	1	1	0	1	5	9	0	1
	STD0003-3					SCALA:	02	APRILE 2011
							03	MAGGIO 2011

 ingegneria europea	COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO Ing. Federica Ferrari	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI : Geom. Thomas Palmas
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI : Ing. Francesca Di Noto
CONSULENZA A CURA DI : -	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	

VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA DIREZIONE OPERATIVA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASPI Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	---	--

AUTOSTRADA A1 – MILANO – NAPOLI
AMPLIAMENTO ALLA 4° CORSIA
TRATTO MILANO SUD (TANGENZIALE OVEST) – LODI

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE

RELAZIONE SPECIALISTICA DEL PROGETTO STRADALE

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	6
2.1	ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	6
2.1.1	Sezione tipo esistente	7
2.1.2	Andamento plano-altimetrico attuale	8
2.1.2.1	Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 6792 del 05.11.2001.....	10
3	L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO	16
3.1	INQUADRAMENTO NORMATIVO	16
3.2	ASSE AUTOSTRADALE	17
3.2.1	Aspetti geometrici dell'infrastruttura di progetto.....	18
3.2.1.1	Sezione tipo	18
3.2.1.2	Andamento planimetrico e diagramma di velocità.....	19
3.2.2	Asse Sud.....	19
3.2.3	Asse Nord	20
3.3	CRITERI PROGETTUALI.....	22
3.3.1	ASSE AUTOSTRADALE	22
3.3.1.1	Caratteristiche planimetriche	22
3.3.2	Caratteristiche altimetriche	25
3.3.3	Analisi di visibilità	26
3.4	INTERSEZIONI.....	28
3.4.1	Criteria per la definizione della geometria d'asse.....	28
3.4.2	Criteria per il dimensionamento delle corsie specializzate.....	29
3.4.2.1	Corsie di diversione	29
3.4.2.2	Corsie di Immissione	29
4	VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	30
4.1	Asse autostradale.....	30
4.1.1	Carreggiata Sud	30
4.1.1.1	Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità	30
4.1.1.2	Andamento altimetrico	32
4.1.1.3	Verifiche di visibilità	32
4.1.2	Carreggiata Nord	32
4.1.2.1	Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità	32
4.1.2.2	Andamento altimetrico	33
4.1.2.3	Verifiche di visibilità	33

4.2	Interconnessioni e svincoli.....	33
4.2.1	Valutazione funzionale - Corsie di immissione	34
4.2.2	Adeguamento Interconnessione Tangenziale Ovest (A1-A50)	42
4.2.2.1	Corsie specializzate	42
4.2.3	Adeguamento svincolo di Melegnano - Binasco	43
4.2.3.1	Corsie specializzate	43
4.2.4	Adeguamento Area di Servizio San Zenone	46
4.2.4.1	Corsie specializzate	46
4.2.5	Adeguamento Svincolo di Lodi	48
4.2.5.1	Corsie specializzate	48
4.2.6	Piste di servizio ASPI	48

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al Progetto Definitivo per l'Ampliamento alla 4ª corsia dell'Autostrada A1 Milano – Napoli, nel tratto Milano sud (tangenziale ovest) – Lodi.

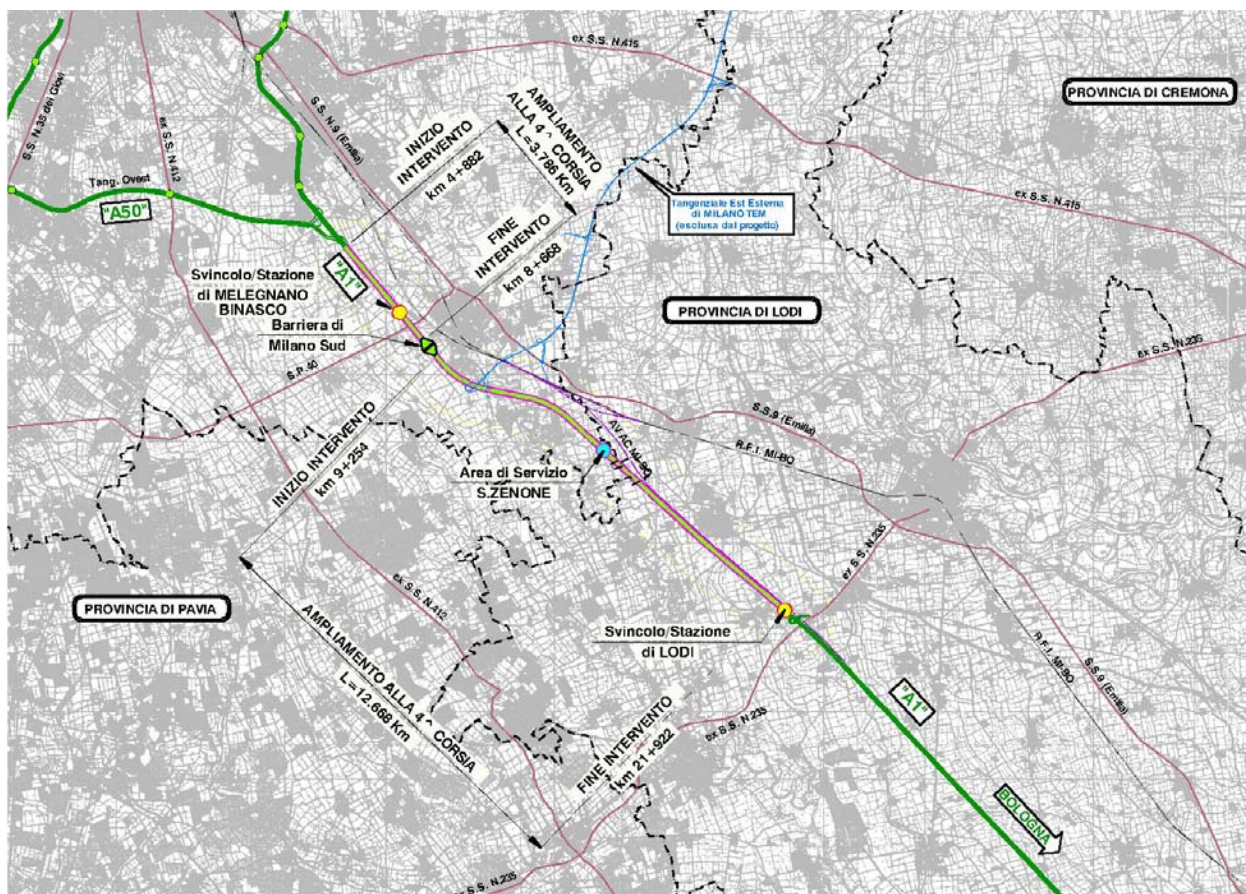


Figura 1 - Inquadramento territoriale

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 4+882 (in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50) fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della barriera di Milano Sud (dalla progr. km 8+668 alla progr km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16.524 km.

Sia per il tratto iniziale tra la tangenziale ovest e la barriera di Milano sud che per il tratto successivo dalla barriera allo svincolo di Lodi si prevede l'ampliamento alla 4ª corsia della sede stradale. Il tratto corrispondente alla barriera di Milano Sud non necessita di intervento in quanto la sezione stradale è di larghezza idonea per raccordarsi con gli interventi di ampliamento alla quarta corsia a monte e a valle.

Nella sezione di inizio le quarte corsie si originano dalle rampe di diversione/immissione dell'interconnessione con la tangenziale ovest, infatti la progressiva di inizio intervento (4+882) nasce con la rampa di immissione in carreggiata sud (direz. Bologna) mentre l'intervento in carreggiata nord (interconnessione Tang. Ovest) inizia con lo sfiocco della rampa di diversione (km 5+129).

L'intervento termina in corrispondenza dello svincolo di Lodi, dove le quarte corsie si chiudono nelle rampe di immissione/diversione.

All'interno della tratta d'intervento ricadono l'Area di Servizio S.Zenone (km 15+100), le rampe d'interconnessione con la A50, lo svincolo di Binasco (Stazione di Melegnano km 7+684) e lo svincolo di Lodi.

La nuova linea ferroviaria ad alta velocità è stata realizzata in affiancamento alla A1 per circa 130 chilometri a partire circa dal km 17+700 (scelta fatta per evitare ulteriori tagli alle aree agricole e minimizzare l'estensione delle nuove infrastrutture).

All'altezza di Lodi Vecchio, per mancanza di spazio nel corridoio tra la A1 e l'abitato, i cantieri della TAV hanno previsto una variante, ad oggi già realizzata, al tracciato dell'autostrada, per complessivi 3.460 metri, (progr. km 17+716÷ 21+176) con lo spostamento dell'asse verso S-O di circa 45.00 metri introducendo tre curve di ampio raggio. È stato spostato di circa 500 metri a nord e ri-geometrizzato lo svincolo per il casello di Lodi per consentire l'inserimento della linea ad alta velocità tra il casello e la sede autostradale esistente. In particolare è stato previsto uno scavalco che sovrappassa l'autostrada e la linea A.V. proseguendo in quota verso Lodi con un secondo cavalcavia sulla rotonda di svincolo con l'A1.

I criteri progettuali alla base dello studio prevedono un allargamento laterale dell'attuale sedime di complessivi 4.00 m per carreggiata, al fine di realizzare la quarta corsia di marcia ed adeguare alla norma di riferimento costituita dal DM 6792/2001 le dimensioni delle corsie di marcia, dimensionando inoltre gli elementi marginali per un corretto funzionamento dei dispositivi di sicurezza conformemente alle disposizioni del DM 223/92 e ss.mm.

Il tracciato si sviluppa per tutta la sua lunghezza in rilevato e l'orografia del territorio attraversato permette lunghi rettili e curve di raggio molto ampio.

Complessivamente il tracciato di progetto si mantiene aderente al tracciato attuale: l'intervento prevede infatti ovunque un ampliamento della piattaforma in sede e simmetrico; la tratta di autostrada interessata dall'intervento (km 4+882 ÷ km 21+922), si sviluppa su un territorio pianeggiante con andamento planimetrico prevalentemente rettilineo, a parte due curve nella tratta dopo la barriera (R=2400; R=2500) e tre curve di ampio raggio nella "variante di Lodi Vecchio" (R=8400 m, R=9900 m e R=7000 m); l'asse esistente non presenta raccordi di transizione (ad eccezione del tratto della variante in cui invece si riscontrano) e gli interventi previsti da questo studio sono mirati al miglioramento delle performances dell'attuale tracciato ottimizzando, ove possibile, le principali caratteristiche geometriche dell'arteria.

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

2 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

2.1 ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

L'attuale tracciato autostradale conserva fino all'altezza dell'abitato di Lodi Vecchio (progr. Km 17+716) le caratteristiche geometriche degli interventi di ampliamento alla terza corsia realizzati

nei primi anni '90, mentre la tratta realizzata in variante, realizzata per il passaggio della linea ferroviaria ad alta velocità e che termina poco prima dello svincolo di Lodi (progr. Km 21-176), risulta di recente costruzione. Il tracciato presenta all'inizio un unico rettilifo lungo circa 3.8 km che termina in corrispondenza della barriera per poi piegare in sinistra con una curva di raggio $R=2400$ m ed una destrorsa di raggio $R=2500$ m separate da un rettilifo lungo circa 1.2 km; dopo un rettilifo di quasi quattro chilometri il tracciato diventa quello della variante di Lodi vecchio dove sono presenti tre curve di ampio raggio pari rispettivamente $R=8400$, $R=9900$ e $R=7000$ metri per poi tornare sul sedime originario con un tratto in rettilifo fino allo svincolo di Lodi (fine intervento progr. Km 21+922).

Nella tratta in studio tutte le opere d'arte di scavalco si presentano già predisposte all'ampliamento della piattaforma pertanto, le modifiche progettuali apportate, sono tali da utilizzare quanto più possibile la sede stradale attuale e le opere d'arte esistenti al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi. Fino alla progr. Km 17+716 tutti i cavalcavia sono a due campate con pila centrale e questo vincola fortemente eventuali spostamenti d'asse dovuti all'inserimento delle curve di transizione. Dalla progr. Km 17+716 fino alla progr.km 21+176 (tratto in affiancamento alla linea AC/AV) i cavalcavia sono invece a più campate ed anche in questo caso una pila ricade all'interno dello spartitraffico dell'attuale sede stradale.

2.1.1 Sezione tipo esistente

L'autostrada esistente è organizzata in due carreggiate separate da uno spartitraffico di larghezza circa 2.40 m con dispositivi di ritenuta in cls perlopiù del tipo bifilare NJ. Ciascuna carreggiata è composta da tre corsie di marcia più corsia di emergenza così organizzate: corsia di emergenza da 3.00 m, corsie di marcia lenta e normale da 3.75 m, corsia di sorpasso da 3.50 m e banchina in sinistra da 0.80 m circa (margine interno 4.00 m). La larghezza complessiva dell'attuale piattaforma è di circa 32.00 m. In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli da 0.75 m, su cui sono alloggiate le barriere di sicurezza metalliche.

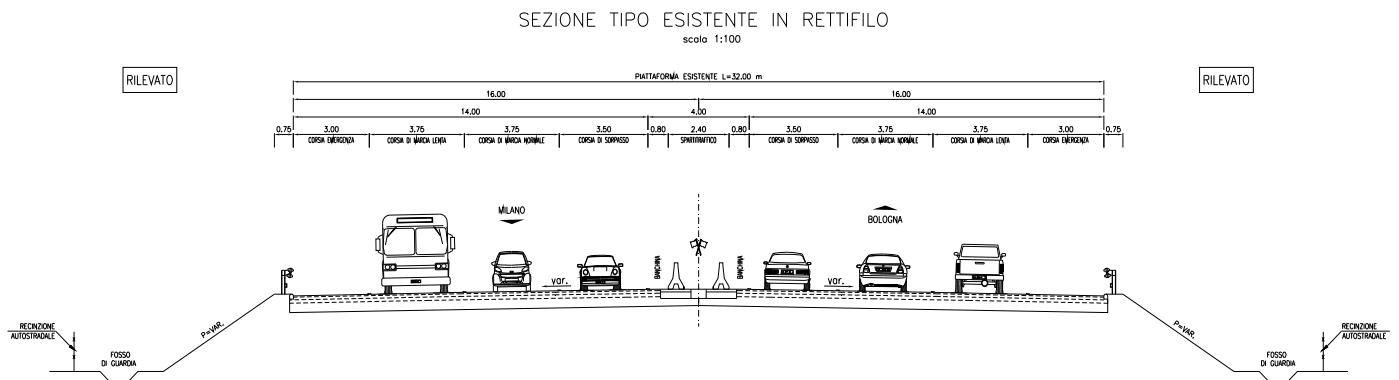


Figura 2 – Sezione tipo esistente in rettilifo

SEZIONE TIPO SOTTO IL CAVALCAVIA ESISTENTE (TIPOLOGICO)

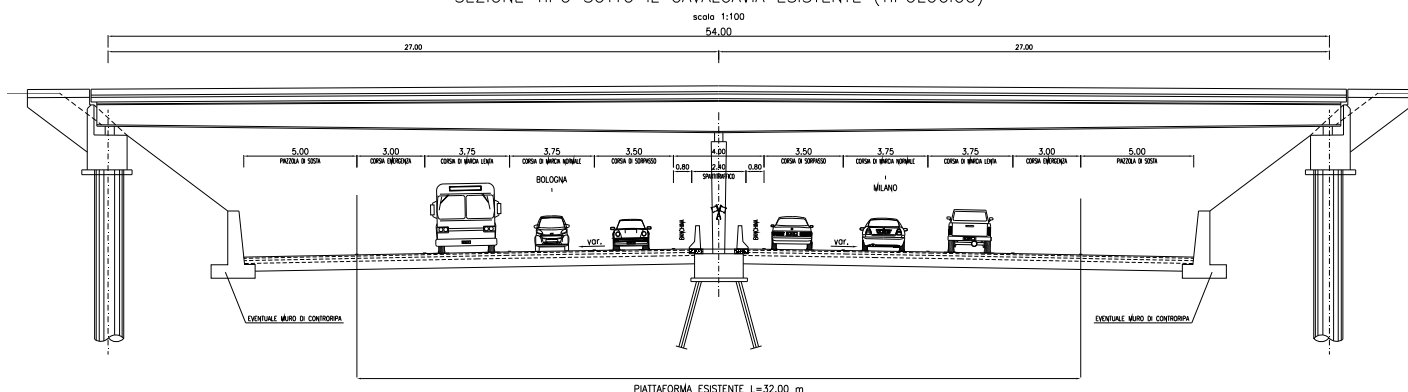


Figura 3 – Sezione tipo cavalcavia esistente

SEZIONE TIPO ESISTENTE IN RETTIFILO SU OPERA D'ARTE ESISTENTE (PONTE FIUME LAMBRO)

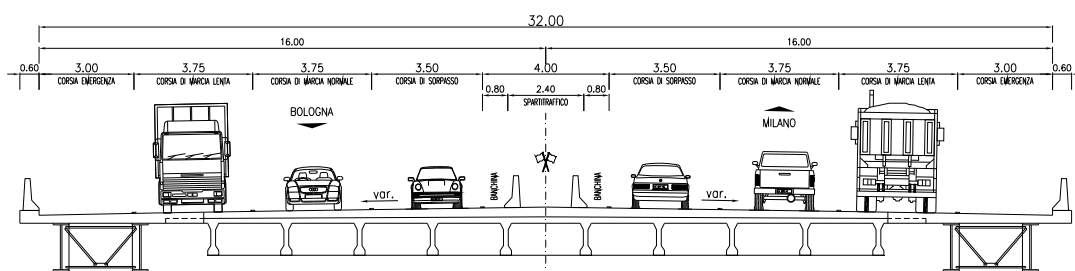


Figura 4 – sezione tipo su opera d'arte

2.1.2 Andamento plano-altimetrico attuale

Sulla base dei rilievi topografici è stato ricostruito sia l'asse planimetrico dell'attuale piattaforma stradale, sia l'andamento altimetrico lungo il tratto in esame. Il tracciato si presenta pianeggiante e senza particolari vincoli territoriali al contorno. L'asse non prevede curve a raggio variabile (clotoidi), ad eccezione del tratto della variante di Lodi Vecchio, e la livelletta si presenta pressoché orizzontale con ridotte variazioni di pendenza e alle quali spesso non risulta associato nessun raccordo verticale; la pendenza longitudinale media è inferiore all'1%. In Tabella 1 e in Tabella 2 vengono riportati i dati planimetrici dell'asse autostradale esistente. 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), mentre in colonna (8)-(9) si riportano i valori di pendenza trasversale rispettivamente per la carreggiata nord e sud.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lcn	lcs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	4 882.000	8 668.250	3 786.250	R				

Tabella 1 - Riepilogo caratteristiche planimetriche autostrada esistente (km 4+882÷ km 8+665)

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lcn	lcs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	9 254.000	9 474.718	220.718	R				
2	9 474.718	9 474.718	0.000	AT	0.00			
3	9 474.718	11 070.901	1596.183	C	2400.00	SX	1.89	1.65
4	11 070.901	11 070.901	0.000	AT	0.00			
5	11 070.901	12 376.693	1305.792	R				
6	12 376.693	12 376.693	0.000	AT	0.00			
7	12 376.693	13 705.692	1328.999	C	2500.00	DX	3.12	3.48
8	13 705.692	13 705.692	0.000	AT	0.00			
9	13 705.692	17 722.066	4016.374	R				
10	17 621.508	17 847.375	225.867	AT	1377.46			
11	17 847.375	18 037.449	190.074	C	8400.56	DX	2.50	2.50
12	18 037.449	18 363.257	325.808	AF	1654.38			
13	18 363.257	18 639.440	276.183	AF	1654.38			
14	18 639.440	19 691.645	1052.205	C	9910.00	SX	2.50	2.50
15	19 691.645	19 918.688	227.043	AT	1500.00			
16	19 918.688	20 793.561	874.873	R				
17	20 793.561	20 936.418	142.857	AT	1000.00			
18	20 936.418	21 037.278	100.860	C	7000.00	DX	2.50	2.50
19	21 037.278	21 180.135	142.857	AT	1000.00			
20	21 180.135	21 926.875	746.740	R				

Tabella 2- Riepilogo caratteristiche planimetriche autostrada esistente (km 9+248÷ km 21+926)

Il raggio dei raccordi verticali raggiunge un valore minimo $R_v = 10000$ m sia per le sacche che per i dossi.

In Tabella 3 e in Tabella 4 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse autostradale.

Progr. vertice	Quota vertice (Qp)	Raggio verticale (Rv)
4882.000	97.130	
4985.232	96.962	10000
5138.250	96.260	10000
5233.679	96.730	10000
5415.765	96.091	30000
5758.075	95.616	15000
5840.278	95.657	20000
6014.506	95.198	20000

6341.566	95.161	20000
6567.933	94.621	10000
6670.504	94.993	18000
7360.323	93.810	10000
7463.452	94.018	25000
8256.498	92.501	12000
8328.557	91.972	10000
8560.787	91.399	10000
8616.872	91.467	12000
8668.250	91.377	

Tabella 3 - Riepilogo caratteristiche altimetriche autostrada esistente (km 4+882 ÷ km 8+668)

Progr. vertice	Quota vertice (Qp)	Raggio verticale (Rv)
9254.000	90.940	
9808.058	90.870	50000
10930.478	89.242	15000
11102.190	86.814	15000
11434.464	84.388	15000
12528.375	83.944	50000
13098.920	85.190	50000
13558.084	86.594	15000
16179.160	82.610	100000
17047.360	82.654	100000
17702.442	82.377	20000
17963.628	82.515	25000
18295.775	81.850	25000
18493.840	82.246	25000
19910.783	79.412	25000
20218.278	80.641	25000
21093.373	78.829	25000
21215.756	78.779	35000
21464.255	78.309	35000
21815.772	77.000	20000
21926.875	76.841	

Tabella 4 - Riepilogo caratteristiche altimetriche autostrada esistente (km 9+254 ÷ km 21+926)

2.1.2.1 Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 6792 del 05.11.2001

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati delle verifiche di rispondenza alla normativa di riferimento DM 05/11/2001 prot. N° 6792, condotte sul tratto oggetto del presente progetto sia per l'asse nord che per l'asse sud.

Oltre a quanto già esplicitato nelle tabelle di riepilogo delle caratteristiche planimetriche, si riporta in colonna (8) il valore di pendenza trasversale dell'asse preso in considerazione, in colonna (9) per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità.

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

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

Per una descrizione completa dei criteri normativi presi a riferimento per le verifiche si rimanda al paragrafo 3.3. Di seguito si riporta solo l'indicazione dei criteri normativi non rispondenti in riferimento ai parametri di seguito descritti.

Parametri di Verifica delle caratteristiche planimetriche

(a) - Raggio minimo delle curve planimetriche

(b) - Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettilo (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 contraccollo

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

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

Criteri di Verifica delle caratteristiche altimetriche

(i) - Pendenze longitudinali massime

(j) - Raccordi verticali convessi

(k) - Raccordi verticali concavi

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	4'882.000	8'668.250	3786.250	R				140.0	3786.250			

Tabella 5 - Verifiche planimetriche asse nord esistente (km 4+882÷ km 8+668)

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	9 254.000	9 474.718	220.718	R				114.3				
2	9 474.718	9 474.718	0.000	AT	0.00			114.4		800.00	NO	Manca CLOTOIDE
3	9 474.718	11 070.901	1596.183	C	2400.00	SX	1.89	118.8				
4	11 070.901	11 070.901	0.000	AT	0.00			118.8		800.00	NO	Manca CLOTOIDE
5	11 070.901	12 376.693	1305.792	R				140.0				
6	12 376.693	12 376.693	0.000	AT	0.00			139.3		833.33	NO	Manca CLOTOIDE
7	12 376.693	13 705.692	1328.999	C	2500.00	DX	3.12	139.3				
8	13 705.692	13 705.692	0.000	AT	0.00			139.3		833.33	NO	Manca CLOTOIDE
9	13 705.692	17 722.066	4016.374	R				140.0	3080.00		NO	(d)
10	17 621.508	17 847.375	225.867	AT	1377.46			140.0		2800.19	NO	(h3)
11	17 847.375	18 037.449	190.074	C	8400.56	DX	2.50	140.0				

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

12	18 037.449	18 363.257	325.808	AF	1654.38			140.0		2800.19	NO		(h3)
13	18 363.257	18 639.440	276.183	AF	1654.38			140.0		3303.33	NO		(h3)
14	18 639.440	19 691.645	1052.205	C	9910.00	SX	2.50	140.0					
15	19 691.645	19 918.688	227.043	AT	1500.00			140.0		3303.33	NO		(h3)
16	19 918.688	20 793.561	874.873	R				140.0					
17	20 793.561	20 936.418	142.857	AT	1000.00			140.0		2333.33	NO		(h3)
18	20 936.418	21 037.278	100.860	C	7000.00	DX	2.50	140.0					
19	21 037.278	21 180.135	142.857	AT	1000.00			140.0		2333.33	NO		(h3)
20	21 180.135	21 926.875	746.740	R				140.0					

Tabella 6 - Verifiche planimetriche asse nord esistente (km 9+254÷ km 21+926)

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	4'882.000	8'668.250	3786.250	R				140.0	3786.250			

Tabella 7 - Verifiche planimetriche asse sud esistente (km 4+882÷ km 8+668)

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	9 254.000	9 474.718	220.718	R				115.4				
2	9 474.718	9 474.718	0.000	AT	0.00			115.5		800.00	NO	Manca CLOTOIDE
3	9 474.718	11 070.901	1596.183	C	2400.00	SX	1.65	116.5				
4	11 070.901	11 070.901	0.000	AT	0.00			116.5		800.00	NO	Manca CLOTOIDE
5	11 070.901	12 376.693	1305.792	R				140.0				
6	12 376.693	12 376.693	0.000	AT	0.00			139.3		833.33	NO	Manca CLOTOIDE
7	12 376.693	13 705.692	1328.999	C	2500.00	DX	3.48	139.3				
8	13 705.692	13 705.692	0.000	AT	0.00			139.3		833.33	NO	Manca CLOTOIDE
9	13 705.692	17 722.066	4016.374	R				140.0	3080.00		NO	(d)
10	17 621.508	17 847.375	225.867	AT	1377.46			140.0		2800.19	NO	(h3)
11	17 847.375	18 037.449	190.074	C	8400.56	DX	2.50	140.0				
12	18 037.449	18 363.257	325.808	AF	1654.38			140.0		2800.19	NO	(h3)
13	18 363.257	18 639.440	276.183	AF	1654.38			140.0		3303.33	NO	(h3)
14	18 639.440	19 691.645	1052.205	C	9910.00	SX	2.50	140.0				
15	19 691.645	19 918.688	227.043	AT	1500.00			140.0		3303.33	NO	(h3)
16	19 918.688	20 793.561	874.873	R				140.0				
17	20 793.561	20 936.418	142.857	AT	1000.00			140.0		2333.33	NO	(h3)
18	20 936.418	21 037.278	100.860	C	7000.00	DX	2.50	140.0				
19	21 037.278	21 180.135	142.857	AT	1000.00			140.0		2333.33	NO	(h3)
20	21 180.135	21 926.875	746.740	R				140.0				

Tabella 8- Verifiche planimetriche asse sud esistente (km 9+254÷ km 21+926)

Come mostrato nelle tabelle precedenti, con riferimento alle caratteristiche planimetriche, il tracciato non presenta particolari criticità rispetto a quanto richiesto dalla normativa di riferimento. Gli unici elementi di diversità sono rappresentati dall'assenza di curve a raggio variabile (raccordi clotoidici) per le curve di R=2400 e R=2500, dalla presenza di due rettili che eccedono la lunghezza di 3080 metri, corrispondente al valore massimo suggerito dalla norma in ambito autostradale per la costruzione di nuove strade.

Per quanto riguarda le velocità di percorrenza, come risulta dal diagramma delle velocità di Fig.5 e Fig.6, il tracciato si pone sempre in corrispondenza del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto per strade di categoria A (90 – 140 km/h) ad eccezione del tratto in corrispondenza del piazzale di esazione a cui corrisponde una velocità di progetto di 40 km/h.

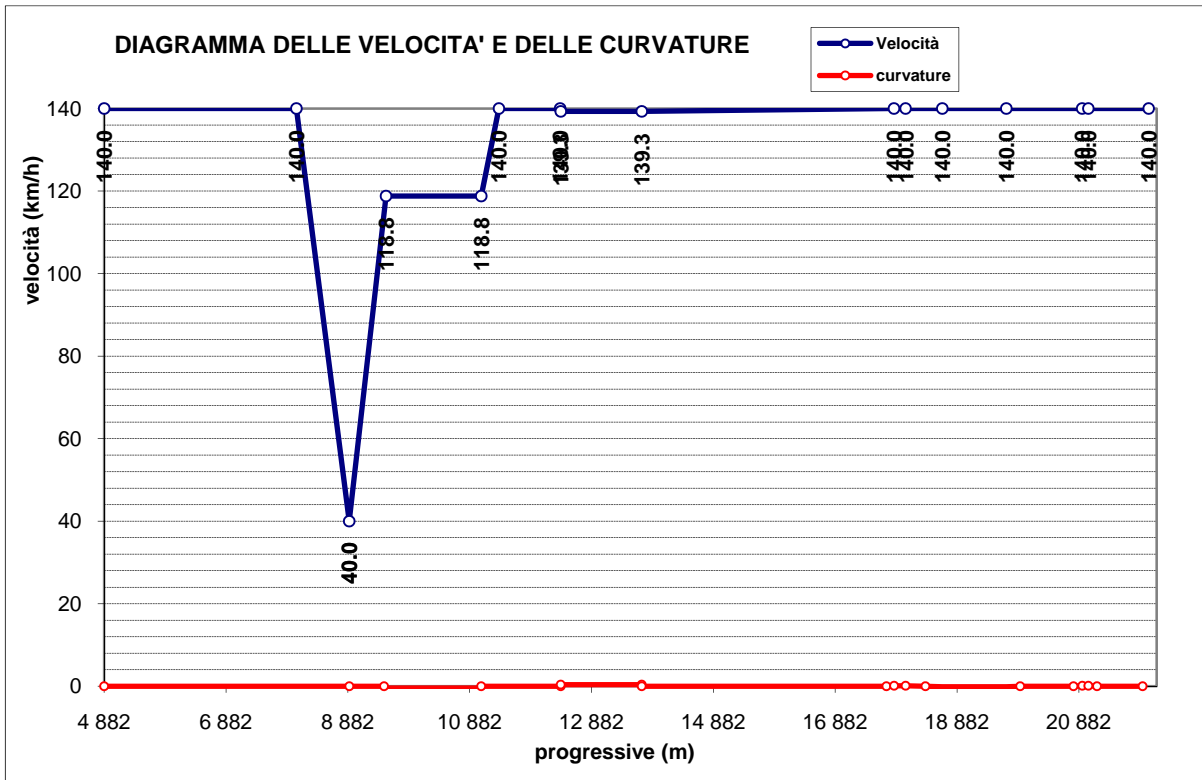


Figura 5 - Diagramma delle velocità e delle curvature carreggiata nord

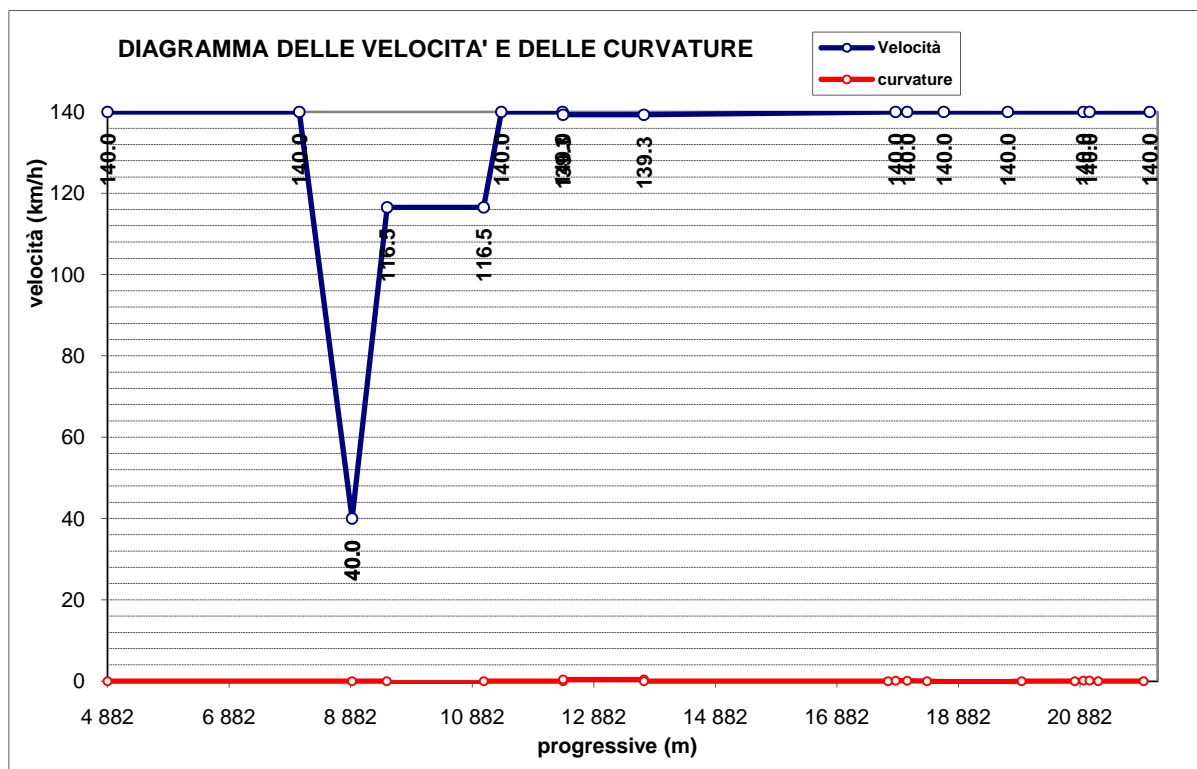


Figura 6 - Diagramma delle velocità e delle curvature carreggiata sud

In Tabella 9 Tabella 10, Tabella 11 e Tabella 12 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.

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	D	4'985	4'970	5'000	29.59	-0.16	-0.46	0.30	10000	120.0	175.0	1.1	0.1	-		
2	S	5'138	5'091	5'186	95.11	-0.46	0.49	0.95	10000	120.0	175.8	0.5	1	-		
3	D	5'234	5'192	5'276	84.35	0.49	-0.35	0.84	10000	120.0	176.0	1.1	0.1	-		
4	S	5'416	5'384	5'448	63.63	-0.35	-0.14	0.21	30000	120.0	175.1	0.5	1	-		
5	S	5'758	5'744	5'772	28.35	-0.14	0.05	0.19	15000	120.0	175.7	0.5	1	-		
6	D	5'840	5'809	5'872	62.72	0.05	-0.26	0.31	20000	120.0	175.5	1.1	0.1	-		
7	S	6'015	5'989	6'040	50.46	-0.26	-0.01	0.25	20000	120.0	175.4	0.5	1	-		
8	D	6'342	6'319	6'364	45.51	-0.01	-0.24	0.23	20000	120.0	175.5	1.1	0.1	-		
9	S	6'568	6'538	6'598	60.13	-0.24	0.36	0.60	10000	120.0	176.0	0.5	1	-		
10	D	6'671	6'622	6'719	96.12	0.36	-0.17	0.53	18000	120.0	176.1	1.1	0.1	-		
11	S	7'360	7'342	7'379	37.33	-0.17	0.20	0.37	10000	120.0	175.8	0.5	1	-		
12	D	7'463	7'414	7'513	98.29	0.20	-0.19	0.39	25000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
13	D	8'256	8'224	8'289	65.05	-0.19	-0.73	0.54	12000	120.0	174.6	1.1	0.1	-		
14	S	8'329	8'304	8'353	48.67	-0.73	-0.25	0.49	10000	120.0	174.5	0.5	1	-		
15	S	8'561	8'542	8'579	36.67	-0.25	0.12	0.37	10000	120.0	175.6	0.5	1	-		
16	D	8'617	8'599	8'635	36.64	0.12	-0.19	0.31	12000	120.0	175.7	1.1	0.1	-		

Tabella 9 - Verifiche altimetriche carreggiata nord (km 4+882÷ km 8+665)

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	D	9'808	9'775	9'841	66.28	-0.01	-0.15	0.13	50000	120.0	175.6	1.1	0.1	-		
2	D	10'930	10'835	11'026	190.29	-0.15	-1.41	1.27	15000	120.0	173.7	1.1	0.1	8100		
3	S	11'102	11'051	11'153	102.52	-1.41	-0.73	0.68	15000	120.0	173.0	0.5	1	-		
4	S	11'434	11'383	11'486	103.45	-0.73	-0.04	0.69	15000	120.0	174.8	0.5	1	-		

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)
5	S	12'528	12'464	12'593	129.45	-0.04	0.22	0.26	50000	120.0	176.0	0.5	1	-		
6	S	13'099	13'077	13'121	43.69	0.22	0.31	0.09	50000	120.0	176.5	0.5	1	-		
7	D	13'558	13'524	13'592	68.66	0.31	-0.15	0.46	15000	120.0	176.0	1.1	0.1	-		
8	S	16'179	16'101	16'258	157.04	-0.15	0.01	0.16	100000	120.0	175.6	0.5	1	-		
9	D	17'047	17'024	17'071	47.23	0.01	-0.04	0.05	100000	120.0	175.7	1.1	0.1	-		
10	S	17'702	17'693	17'712	18.93	-0.04	0.05	0.09	20000	120.0	175.8	0.5	1	-		
11	D	17'964	17'932	17'995	63.12	0.05	-0.20	0.25	25000	120.0	175.6	1.1	0.1	-		
12	S	18'296	18'246	18'346	100.00	-0.20	0.20	0.40	25000	120.0	175.8	0.5	1	-		
13	D	18'494	18'444	18'544	100.00	0.20	-0.20	0.40	25000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
14	S	19'911	19'836	19'986	149.88	-0.20	0.40	0.60	25000	120.0	176.1	0.5	1	-		
15	D	20'218	20'142	20'294	151.65	0.40	-0.21	0.61	25000	120.0	176.1	1.1	0.1	-		
16	S	21'093	21'073	21'114	41.59	-0.21	-0.04	0.17	25000	120.0	175.5	0.5	1	-		
17	D	21'216	21'190	21'242	52.02	-0.04	-0.19	0.15	35000	120.0	175.5	1.1	0.1	-		
18	D	21'464	21'432	21'496	64.03	-0.19	-0.37	0.18	35000	120.0	175.0	1.1	0.1	-		
19	S	21'816	21'793	21'839	45.88	-0.37	-0.14	0.23	20000	120.0	175.1	0.5	1	-		

Tabella 10 - Verifiche altimetriche carreggiata nord (km 9+248÷ km 21+922)

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	D	4'985	4'970	5'000	29.59	-0.16	-0.46	0.30	10000	120.0	176.6	1.1	0.1	-		
2	S	5'138	5'091	5'186	95.11	-0.46	0.49	0.95	10000	120.0	175.8	0.5	1	-		
3	D	5'234	5'192	5'276	84.35	0.49	-0.35	0.84	10000	120.0	175.6	1.1	0.1	-		
4	S	5'416	5'384	5'448	63.63	-0.35	-0.14	0.21	30000	120.0	176.5	0.5	1	-		
5	S	5'758	5'744	5'772	28.35	-0.14	0.05	0.19	15000	120.0	175.9	0.5	1	-		
6	D	5'840	5'809	5'872	62.72	0.05	-0.26	0.31	20000	120.0	176.1	1.1	0.1	-		
7	S	6'015	5'989	6'040	50.46	-0.26	-0.01	0.25	20000	120.0	176.2	0.5	1	-		
8	D	6'342	6'319	6'364	45.51	-0.01	-0.24	0.23	20000	120.0	176.1	1.1	0.1	-		
9	S	6'568	6'538	6'598	60.13	-0.24	0.36	0.60	10000	120.0	175.6	0.5	1	-		
10	D	6'671	6'622	6'719	96.12	0.36	-0.17	0.53	18000	120.0	175.5	1.1	0.1	-		
11	S	7'360	7'342	7'379	37.33	-0.17	0.20	0.37	10000	120.0	175.8	0.5	1	-		
12	D	7'463	7'414	7'513	98.29	0.20	-0.19	0.39	25000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
13	D	8'256	8'224	8'289	65.05	-0.19	-0.73	0.54	12000	120.0	177.1	1.1	0.1	-		
14	S	8'329	8'304	8'353	48.67	-0.73	-0.25	0.49	10000	120.0	177.1	0.5	1	-		
15	S	8'561	8'542	8'579	36.67	-0.25	0.12	0.37	10000	120.0	176.0	0.5	1	-		
16	D	8'617	8'599	8'635	36.64	0.12	-0.19	0.31	12000	120.0	175.9	1.1	0.1	-		

Tabella 11 - Verifiche altimetriche carreggiata sud (km 4+882÷ km 8+665)

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	D	9'808	9'775	9'841	66.28	-0.01	-0.15	0.13	50000	120.0	176.0	1.1	0.1	-		
2	D	10'930	10'835	11'026	190.29	-0.15	-1.41	1.27	15000	120.0	177.9	1.1	0.1	8495		
3	S	11'102	11'051	11'153	102.52	-1.41	-0.73	0.68	15000	120.0	178.8	0.5	1	-		
4	S	11'434	11'383	11'486	103.45	-0.73	-0.04	0.69	15000	120.0	176.8	0.5	1	-		
5	S	12'528	12'464	12'593	129.45	-0.04	0.22	0.26	50000	120.0	175.6	0.5	1	-		
6	S	13'099	13'077	13'121	43.69	0.22	0.31	0.09	50000	120.0	175.1	0.5	1	-		
7	D	13'558	13'524	13'592	68.66	0.31	-0.15	0.46	15000	120.0	175.6	1.1	0.1	-		
8	S	16'179	16'101	16'258	157.04	-0.15	0.01	0.16	100000	120.0	176.0	0.5	1	-		
9	D	17'047	17'024	17'071	47.23	0.01	-0.04	0.05	100000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
10	S	17'702	17'693	17'712	18.93	-0.04	0.05	0.09	20000	120.0	175.8	0.5	1	-		
11	D	17'964	17'932	17'995	63.12	0.05	-0.20	0.25	25000	120.0	176.0	1.1	0.1	-		
12	S	18'296	18'246	18'346	100.00	-0.20	0.20	0.40	25000	120.0	175.8	0.5	1	-		
13	D	18'494	18'444	18'544	100.00	0.20	-0.20	0.40	25000	120.0	175.8	1.1	0.1	-		
14	S	19'911	19'836	19'986	149.88	-0.20	0.40	0.60	25000	120.0	175.5	0.5	1	-		
15	D	20'218	20'142	20'294	151.65	0.40	-0.21	0.61	25000	120.0	175.5	1.1	0.1	-		
16	S	21'093	21'073	21'114	41.59	-0.21	-0.04	0.17	25000	120.0	176.1	0.5	1	-		
17	D	21'216	21'190	21'242	52.02	-0.04	-0.19	0.15	35000	120.0	176.1	1.1	0.1	-		
18	D	21'464	21'432	21'496	64.03	-0.19	-0.37	0.18	35000	120.0	176.6	1.1	0.1	-		
19	S	21'816	21'793	21'839	45.88	-0.37	-0.14	0.23	20000	120.0	176.5	0.5	1	-		

Tabella 12 - Verifiche altimetriche carreggiata sud (km 9+248÷ km 21+922)

L'analisi del tracciato esistente e la verifica di rispondenza alla norma di riferimento DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare è stata analizzata la visibilità per l'arresto connessa all'andamento plano-altimetrico del tracciato autostradale esistente.

L'analisi è stata sviluppata in riferimento all'intero tratto, considerando le diverse tipologie di sezioni che si alternano. La distanza di arresto, pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto, è stata determinata adottando una procedura che 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.

Tale procedura consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto con le distanze di arresto calcolate sia in condizioni di bagnato (limitando superiormente la velocità di progetto dei singoli elementi del tracciato a 120 km/h ed utilizzando i coefficienti di aderenza indicati dalla norma, in quanto il DM 5.11.2001 specifica che questi sono riferiti a condizioni di strada bagnata) che sull'asciutto (facendo riferimento alla velocità di progetto ed utilizzando un coefficiente di aderenza tipico di condizioni di contatto ruota – pavimentazione in assenza di pioggia).

In particolare, la velocità di 120 km/h è stata determinata 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.

Considerate le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato, caratterizzato da curve di ampio raggio e da raccordi verticali di raggio superiore a 10000 m, con pendenze delle livellette molto basse, inferiori all'1% (vedi anche i risultati delle verifiche di visibilità altimetriche Tabella 9 Tabella 10, Tabella 11 e Tabella 12) le distanze di visuale libera risultano ovunque adeguate in relazione alle analoghe distanze di arresto.

3 L'INFRASTRUTTURA IN PROGETTO

3.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

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

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (ricependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento di ampliamento.

Nel progetto di ampliamento ed ammodernamento alla quarta corsia del tratto in progetto, per definire le modalità di allargamento della sede esistente, sono stati adottati i seguenti ulteriori criteri:

1. minimizzare l'impatto dell'ampliamento alla 4° corsia con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;
2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;
3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi, dal momento che si tratta di un progetto di ampliamento di una infrastruttura esistente;
4. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio dell'infrastruttura durante i lavori, con una sezione stradale caratterizzata da un numero minimo di tre corsie per senso di marcia in fase diurna.

La normativa di riferimento utilizzata per il dimensionamento delle intersezioni è rappresentata dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006), che assume valore di cogenza per le nuove intersezioni.

Per le intersezioni esistenti la suddetta norma è stata presa a riferimento laddove si è intervenuti a modificare le attuali geometrie in relazione alla mutata larghezza della piattaforma autostradale. In particolare, sono state adeguate ai criteri di norma le lunghezze delle corsie specializzate di diversione e di immissione.

3.2 ASSE AUTOSTRADALE

Le modifiche progettuali apportate sono state tali da utilizzare quanto più possibile l'attuale sede stradale e conservare le opere d'arte già predisposte all'ampliamento, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico dell'intervento.

Sono stati inseriti i raccordi clotoidici in corrispondenza delle prime due curve ($R=2400$ e $R=2500$), mantenendo comunque l'asse di progetto molto prossimo all'asse esistente e pressochè invariata la posizione planimetrica dello spartitraffico.

In particolare nel tratto della variante di Lodi Vecchio, realizzata da TAV nel 2005 (dalla pk 17+716 alla pk 21+176), viene mantenuto il tracciato esistente: andamento planimetrico, pendenze trasversali, spartitraffico esistente. Il progetto per questo tratto prevede unicamente l'ampliamento della sezione trasversale da tre a quattro corsie.

Per le clotoidi sia del tratto della variante sia del tratto precedente non risulta rispettato il criterio ottico; l'adozione di curve di transizione che rispettino anche tale criterio implicherebbe uno spostamento dell'asse tale da modificare completamente il sedime esistente con l'inevitabile demolizione e rifacimento dei cavalcavia.

2.5% in contropendenza (uguale all'esistente) e mantenimento dell'esistente dispositivo di spartitraffico.

3.2.1.2 Andamento planimetrico e diagramma di velocità

La piattaforma di progetto viene modellata con due assi di tracciamento sub-paralleli, il primo denominato "ASSE SUD" riferito alla carreggiata in direzione Milano-Bologna, il secondo, denominato "ASSE NORD" riferito alla carreggiata in direzione Bologna-Milano.

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

L'andamento altimetrico non viene ri-geometrizzato con livellette e raccordi in quanto deve ricalcare l'andamento altimetrico della piattaforma esistente (vedi paragrafo precedente).

Sui profili longitudinali vengono riportate, sezione per sezione, le quote di progetto.

Le verifiche di visibilità vengono svolte tenendo conto dell'effettivo andamento altimetrico della pavimentazione.

3.2.2 Asse Sud

In Tabella 13 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).

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	Ic
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	4 882.000	8 668.248	3786.248	R			
2	8 668.248	9 417.215	748.967	R			
3	9 417.215	9 521.338	104.123	AT	500.31		
4	9 521.338	11 022.088	1500.750	C	2404.00	SX	3.90
5	11 022.088	11 126.211	104.123	AT	500.31		
6	11 126.211	12 335.281	1209.070	R			
7	12 335.281	12 416.249	80.968	AT	449.73		
8	12 416.249	13 665.341	1249.092	C	2498.00	DX	3.81
9	13 665.341	13 746.308	80.968	AT	449.73		
10	13 746.308	16 891.155	3144.847	R			
11	16 891.155	16 975.468	84.313	C	200002.00	SX	2.50
12	16 975.468	17 624.399	648.931	R			
13	17 624.399	17 850.239	225.840	AT	1377.22		
14	17 850.239	18 040.188	189.949	C	8398.56	DX	2.50
15	18 040.188	18 366.056	325.868	AF	1654.34		

16	18 366.056	18 642.168	276.112	AF	1654.34		
17	18 642.168	19 694.663	1052.495	C	9912.00	SX	2.50
18	19 694.663	19 921.729	227.066	AT	1500.23		
19	19 921.729	20 796.601	874.872	R			
20	20 796.601	20 939.438	142.837	AT	999.79		
21	20 939.438	21 040.249	100.811	C	6998.00	DX	2.50
22	21 040.249	21 183.085	142.837	AT	999.79		
23	21 183.085	21 423.180	240.095	R			
24	21 423.180	21 496.151	72.970	C	49998.00	DX	2.50
25	21 496.151	22 306.323	810.172	R			

Tabella 13 - Riepilogo caratteristiche planimetriche di progetto

Da cui il diagramma delle velocità:

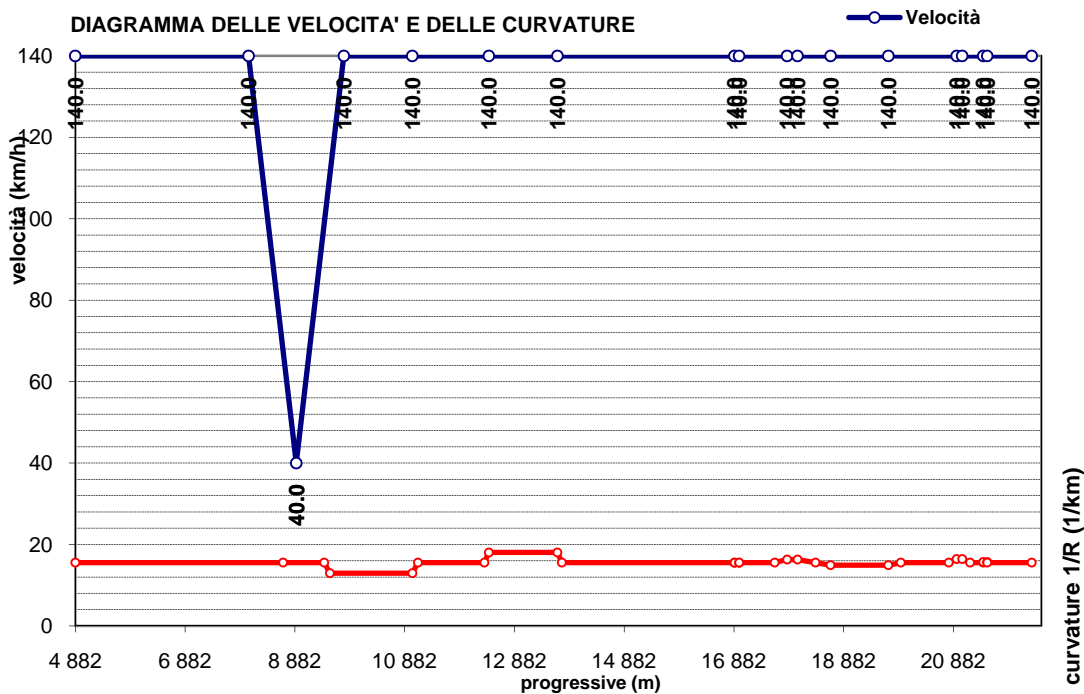


Figura 8 - Asse Sud: diagramma delle velocità

3.2.3 Asse Nord

In Tabella 14 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l'asse autostradale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

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

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

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	Ic
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	4.882,000	8.668,249	3786,249	R			
2	8.668,249	9.417,259	749,010	R			
3	9.417,259	9.521,295	104,037	AT	499,69		
4	9.521,295	11.019,461	1498,166	C	2400,00	SX	3,91
5	11.019,461	11.123,498	104,037	AT	499,69		
6	11.123,498	12.332,579	1209,081	R			
7	12.332,579	12.413,611	81,032	AT	450,27		
8	12.413,611	13.664,768	1251,157	C	2502,00	DX	3,80
9	13.664,768	13.745,800	81,032	AT	450,27		
10	13.745,800	16.895,615	3149,815	R			
11	16.895,615	16.969,926	74,311	C	199998,00	SX	2,50
12	16.969,926	17.623,830	653,904	R			
13	17.623,830	17.849,724	225,894	AT	1377,71		
14	17.849,724	18.039,923	190,199	C	8402,56	DX	2,50
15	18.039,923	18.365,671	325,749	AF	1654,43		
16	18.365,671	18.641,925	276,254	AF	1654,43		
17	18.641,925	19.693,840	1051,915	C	9908,00	SX	2,50
18	19.693,840	19.920,860	227,021	AT	1499,77		
19	19.920,860	20.795,734	874,874	R			
20	20.795,734	20.938,611	142,877	AT	1000,21		
21	20.938,611	21.039,521	100,910	C	7002,00	DX	2,50
22	21.039,521	21.182,398	142,877	AT	1000,21		
23	21.182,398	21.422,473	240,075	R			
24	21.422,473	21.495,449	72,976	C	50002,00	DX	2,50
25	21.495,449	22.305,621	810,172	R			

Tabella 14 - Riepilogo caratteristiche planimetriche di progetto

Da cui il diagramma delle velocità:

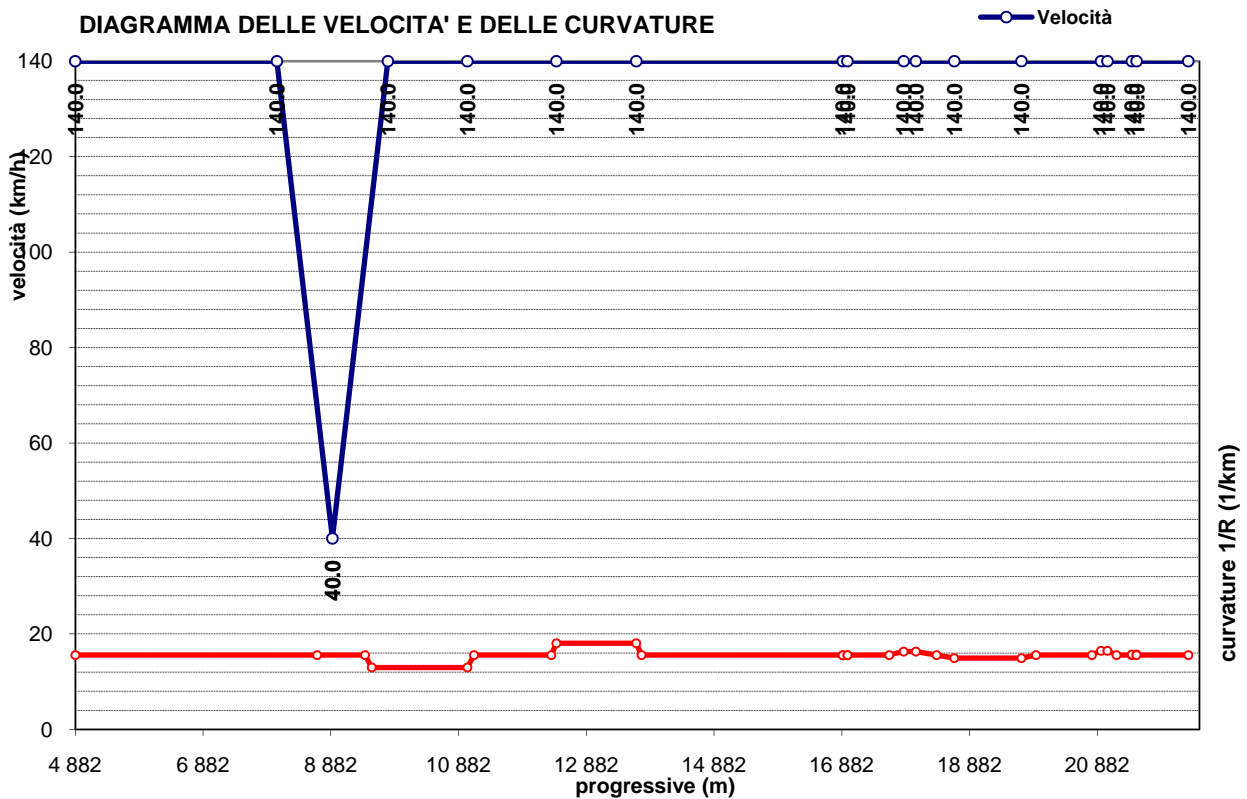


Figura 9 - Asse Nord: diagramma delle velocità

3.3 CRITERI PROGETTUALI

3.3.1 ASSE AUTOSTRADALE

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

3.3.1.1 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 rettilo (L) che la precede:*

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

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

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

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 10;

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

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

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

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.* La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in

(f) Tabella 15; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettilineo 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 15 – Lunghezza minima dei rettifili in relazione alla velocità

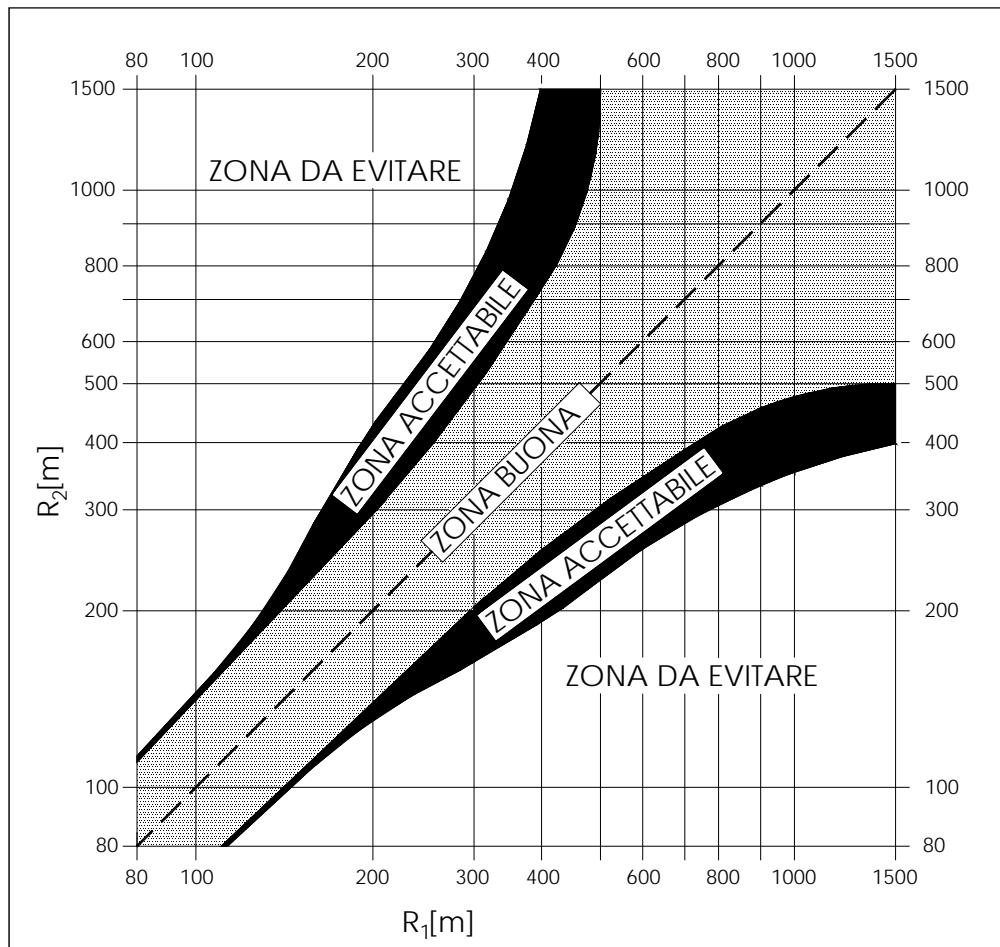


Figura 10 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

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

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

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

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

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

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

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

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

dove:

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

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:

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

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

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

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

dove:

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

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criteria 3 (Ottico)

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

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

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

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

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

3.3.2 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]

Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

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

(k) Raccordi verticali concavi

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

– se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

– se invece $D > L$

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

dove:

R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].

Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale

ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

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

3.3.3 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 16) 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	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

Tabella 16 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

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

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

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 20 metri) in funzione della velocità di progetto limitata superiormente a 120 km/h e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ

D_2 = spazio di frenatura

V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]

V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]

i	= pendenza longitudinale del tracciato	[%]
τ	= tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione)	[s]
g	= accelerazione di gravità	[m/s ²]
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.

3.4 INTERSEZIONI

3.4.1 Criteri per la definizione della geometria d'asse

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

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

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo che risulta funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto (vedi Tabella 17).

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

Tabella 17 – 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 § 3.3.1.1 ed in particolare al punto (h).

(c) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette considerata in funzione della velocità di progetto è quella riportata in Tabella 18.

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

Tabella 18 – 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 § 3.3.2 ed in particolare al punto (j).

(e) Raccordi verticali concavi

Per l'inserimento di raccordi verticali concavi si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al § 3.3.2 ed in particolare al punto (k).

3.4.2 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).

3.4.2.1 Corsie di diversione

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura 11), la lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ (avente inizio a metà del tratto di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita, coincidente con il punto di inizio della clotoide) è correlata alla diminuzione di velocità longitudinale tra quella del ramo da cui provengono i veicoli in uscita e quella ammissibile con il raggio di curvatura della rampa.

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

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

dove:

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

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



Figura 11 - schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

3.4.2.2 Corsie di Immissione

Con riferimento allo schema di Figura 12 la lunghezza minima del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ è stata calcolata mediante la seguente espressione:

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

dove:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

- v_1 (m/s) è la velocità all'inizio del tratto di accelerazione (per v_1 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- v_2 (m/s) è la velocità alla fine del tratto di accelerazione, pari a $0,80 \cdot v_p$ (velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, desunta dal diagramma di velocità)
- a (m/s^2) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a $1 m/s^2$.

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

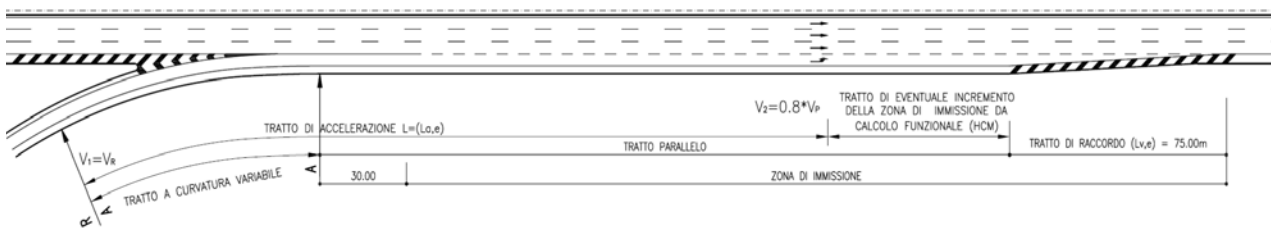


Figura 12 – Schema planimetrico corsia di immissione

4 VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1 Asse autostradale

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

L'adeguamento della piattaforma esistente prevede, sulle curve, una leggera ridefinizione del tracciato planimetrico introducendo curve a raggio variabile, che saranno quindi oggetto delle verifiche di cui sotto.

Nel tratto di ampliamento alla IV corsia le pendenze trasversali vengono adeguate alle prescrizioni della normativa e si utilizza un intervallo di velocità di progetto 90-140km/h, conforme alle prescrizioni del DM 05/11/2001.

4.1.1 Carreggiata Sud

4.1.1.1 Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

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

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

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

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

- i valori minimi (o massimi) dei parametri che permetterebbero di ricondurre l'elemento a quanto indicato dalla normativa²;
- l'esito negativo della verifica;
- Il motivo della non congruenza secondo l'elenco riportato al paragrafo 3.3.1.1.

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

In particolare, per quanto attiene alle distanze di visibilità, il progetto plano-altimetricamente non altera lo stato di fatto e garantisce la visibilità per l'arresto.

Per quanto riguarda le velocità di percorrenza, come risulta dal diagramma delle velocità il tracciato si pone sempre in corrispondenza del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto per strade di categoria A (90 – 140 km/h) ad eccezione del tratto in corrispondenza del piazzale di esazione a cui corrisponde una velocità di progetto di 40 km/h.

Dalle verifiche effettuate lungo il tracciato di progetto, gli scostamenti riscontrati riguardano sostanzialmente non conformità minori di carattere ottico e non dinamico, quali il mancato rispetto dei criteri di composizione geometrica per la lunghezze massime e minime dei rettifili, lo sviluppo dei cerchi inferiore ai minimi, ed il criterio ottico per alcune clotoidi che raccordano raggi ampi o per le quali il rispetto di tale criterio avrebbe comportato un impatto tecnico-economico eccessivo sul tracciato.

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)	(1)	(13)
1	4 882.000	8 668.248	3786.248	R				140.0	3080.00		NO	(d)	
2	8 668.248	9 417.215	748.967	R				97.7					
3	9 417.215	9 521.338	104.123	AT	500.31			110.3		801.33	NO		(h3)
4	9 521.338	11 022.088	1500.750	C	2404.00	SX	3.90	140.0					
5	11 022.088	11 126.211	104.123	AT	500.31			140.0		801.33	NO		(h3)
6	11 126.211	12 335.281	1209.070	R				140.0					
7	12 335.281	12 416.249	80.968	AT	449.73			140.0		832.67	NO		(h3)
8	12 416.249	13 665.341	1249.092	C	2498.00	DX	3.81	140.0					
9	13 665.341	13 746.308	80.968	AT	449.73			140.0		832.67	NO		(h3)
10	13 746.308	16 891.155	3144.847	R				140.0	3080.00		NO	(d)	
11	16 891.155	16 975.468	84.313	C	200002.00	SX	2.50	140.0	97.22		NO		(g)
12	16 975.468	17 624.399	648.931	R				140.0					
13	17 624.399	17 850.239	225.840	AT	1377.22			140.0		2799.52	NO		(h3)
14	17 850.239	18 040.188	189.949	C	8398.56	DX	2.50	140.0					
15	18 040.188	18 366.056	325.868	AF	1654.34			140.0		2799.52	NO		(h3)
16	18 366.056	18 642.168	276.112	AF	1654.34			140.0		3304.00	NO		(h3)
17	18 642.168	19 694.663	1052.495	C	9912.00	SX	2.50	140.0					
18	19 694.663	19 921.729	227.066	AT	1500.23			140.0		3304.00	NO		(h3)
19	19 921.729	20 796.601	874.872	R				140.0					
20	20 796.601	20 939.438	142.837	AT	999.79			140.0		2332.67	NO		(h3)
21	20 939.438	21 040.249	100.811	C	6998.00	DX	2.50	140.0					

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

22	21 040.249	21 183.085	142.837	AT	999.79			140.0		2332.67	NO	(h3)
23	21 183.085	21 423.180	240.095	R				140.0				
24	21 423.180	21 496.151	72.970	C	49998.00	DX	2.50	140.0	97.22		NO	(g)
25	21 496.151	22 306.323	810.172	R				140.0				

Tabella 19 - 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.

4.1.1.2 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico viene geometrizzato "per sezioni" ricalcando l'altimetria esistente (vedi capitolo 2). Pertanto, trattandosi di adeguamento di una strada esistente le prescrizioni della normativa non sono cogenti.

Le verifiche di visibilità, lungo tutto il tracciato sono state svolte considerando l'effettivo andamento altimetrico della pavimentazione di progetto, e, soprattutto da un punto di vista altimetrico risultano pienamente soddisfatte.

In ogni caso non si peggiora il livello di sicurezza esistente.

4.1.1.3 Verifiche di visibilità

Lungo l'asse Sud la visibilità per l'arresto è garantita lungo tutto il tracciato senza necessità di allargamenti.

4.1.2 Carreggiata Nord

4.1.2.1 Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

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)	1) (13)
1	4.882,000	8.668,249	3786,249	R				140,0	3080,00		NO	(d)
2	8.668,249	9.417,259	749,010	R				97,7				
3	9.417,259	9.521,295	104,037	AT	499,69			110,3		800,00	NO	(h3)
4	9.521,295	11.019,461	1498,166	C	2400,00	SX	3,91	140,0				
5	11.019,461	11.123,498	104,037	AT	499,69			140,0		800,00	NO	(h3)
6	11.123,498	12.332,579	1209,081	R				140,0				
7	12.332,579	12.413,611	81,032	AT	450,27			140,0		834,00	NO	(h3)
8	12.413,611	13.664,768	1251,157	C	2502,00	DX	3,80	140,0				
9	13.664,768	13.745,800	81,032	AT	450,27			140,0		834,00	NO	(h3)
10	13.745,800	16.895,615	3149,815	R				140,0	3080,00		NO	(d)
11	16.895,615	16.969,926	74,311	C	199998,00	SX	2,50	140,0	97,22		NO	(g)
12	16.969,926	17.623,830	653,904	R				140,0				
13	17.623,830	17.849,724	225,894	AT	1377,71			140,0		2800,85	NO	(h3)
14	17.849,724	18.039,923	190,199	C	8402,56	DX	2,50	140,0				
15	18.039,923	18.365,671	325,749	AF	1654,43			140,0		2800,85	NO	(h3)

16	18.365,671	18.641,925	276,254	AF	1654,43			140,0		3302,67	NO	(h3)
17	18.641,925	19.693,840	1051,915	C	9908,00	SX	2,50	140,0				
18	19.693,840	19.920,860	227,021	AT	1499,77			140,0		3302,67	NO	(h3)
19	19.920,860	20.795,734	874,874	R				140,0				
20	20.795,734	20.938,611	142,877	AT	1000,21			140,0		2334,00	NO	(h3)
21	20.938,611	21.039,521	100,910	C	7002,00	DX	2,50	140,0				
22	21.039,521	21.182,398	142,877	AT	1000,21			140,0		2334,00	NO	(h3)
23	21.182,398	21.422,473	240,075	R				140,0				
24	21.422,473	21.495,449	72,976	C	50002,00	DX	2,50	140,0	97,22		NO	(g)
25	21.495,449	22.305,621	810,172	R				140,0				

Tabella 20 - Asse Nord: verifiche planimetriche

4.1.2.2 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico viene geometrizzato "per sezioni" ricalcando l'altimetria esistente (vedi capitolo 2). Pertanto, trattandosi di adeguamento di una strada esistente le prescrizioni della normativa non sono cogenti.

Le verifiche di visibilità, lungo tutto il tracciato sono state svolte considerando l'effettivo andamento altimetrico della pavimentazione di progetto e risultano pienamente soddisfatte.

In ogni caso non si peggiora il livello di sicurezza esistente.

4.1.2.3 Verifiche di visibilità

Lungo l'asse Nord la visibilità per l'arresto è garantita lungo tutto il tracciato senza necessità di allargamenti.

4.2 Interconnessioni e svincoli

Nell'ambito dell'intervento è previsto l'adeguamento delle seguenti rampe:

- interconnessione tangenziale ovest A50 ad inizio intervento (km 4+882)
- svincolo di Melegnano – Binasco (km 8+200)
- area di Servizio S.Zenone (km 15+100)
- svincolo di Lodi (km 21+922)

Il progetto di ampliamento a quattro corsie della A1 prevede l'adeguamento geometrico delle rampe e delle corsie specializzate di immissione e diversione per gli svincoli e per l'area di servizio esistenti, resosi necessario in relazione alla mutata larghezza della piattaforma autostradale, a standard progettuali più moderni, in grado di offrire migliori condizioni di deflusso e sicurezza. Le rampe di ingresso e uscita dall'area Punto Blu non verranno adeguate vista la chiusura del Punto Blu esistente a margine della carreggiata nord.

Alla progressiva chilometrica 10+700 è prevista la futura interconnessione con la Tangenziale Est Esterna di Milano (TEEM), tuttavia la progettazione delle rampe di immissione e diversione saranno realizzate nell'ambito del progetto delle TEEM.

Il progetto delle rampe di immissione e diversione dall'Area di Servizio S.Zenone è stato compatibilizzato con il progetto di ampliamento delle Area di Servizio est e ovest in corso di realizzazione.

4.2.1 Valutazione funzionale - Corsie di immissione

Corsie specializzate di immissione

Le zone di immissione sono state verificate funzionalmente tramite la procedura proposta dall'Highway Capacity Manual (HCM) ed. 2000. 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 devono garantire 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 A1 Milano Sud - Lodi. Per l'Area di Servizio di San Zenone è stata ipotizzata un'attrattività della stessa pari al 12% del flusso interessante il tronco a monte.

L'orizzonte temporale considerato è il 2015. Il flusso orario considerato è quello dell'ora di punta del giorno medio feriale invernale.

La verifica funzionale delle zone di immissione è stata effettuata determinando la lunghezza minima della "corsia di immissione" (cfr figura successiva: LA) e verificando che fosse inferiore o uguale a quella in progetto.

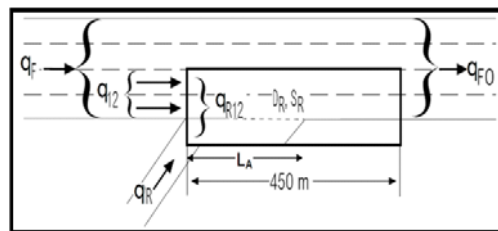


Figura 13 - Schema funzionale immissione

La verifica funzionale effettuata ha riguardato i seguenti svincoli dell'A1: Allacciamento A50 - A1, Melegnano – Binasco, Allacciamento TEM – A1, Area di Servizio San Zenone e Lodi.

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

ZONA DI IMMISSIONE	SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO OdP Giorno Medio Annuale	LOS minimo (LOS tratta a monte)	LOS area influenza immissione	Risultato verifica
All. Tangenziale Ovest A1	Direzione Sud	*	*	OK
Melegnano- Binasco	Direzione Nord	B	B	OK
Melegnano- Binasco	Direzione Sud	A	B	OK
All. TEM - A1	Direzione Nord	A	B	OK
All. TEM - A1	Direzione Sud	A	B	OK
AdS San Zenone	Direzione Nord	B	B	OK
AdS San Zenone	Direzione Sud	A	B	OK

Tabella 21 Livelli di servizio zone di immissione scenario 2015

Viene riportato in Figura 2 lo schema di sintesi della tratta Milano Sud – Lodi con i rispettivi Livelli di Servizio.

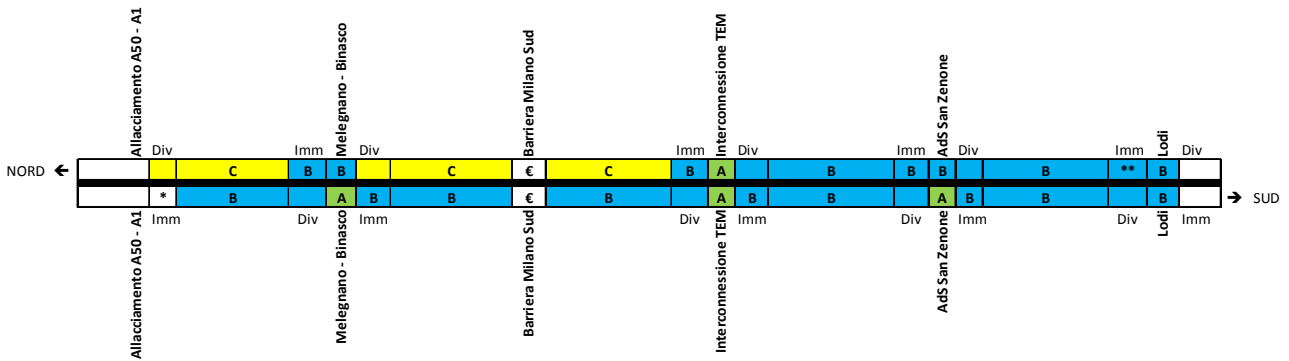


Figura 14 Sintesi Risultati LOS scenario 2015

* La verifica funzionale dell'Interconnessione A50 - A1, che in direzione Sud vede la prosecuzione di una delle due corsie della rampa proveniente dall'A50 ad andare a creare la quarta corsia dell'A1, è stata effettuata verificando che i flussi equivalenti provenienti dalla A50 fossero inferiori alla capacità di una corsia di tratta elementare (2400 Veq/h).

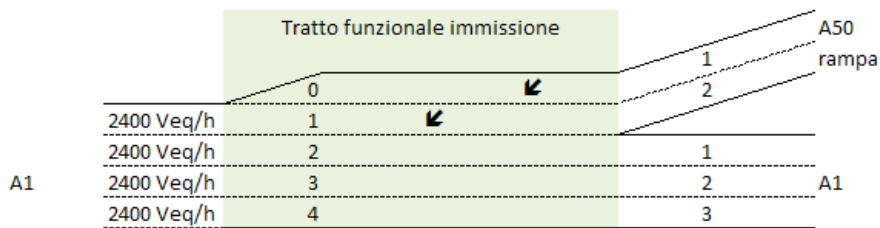
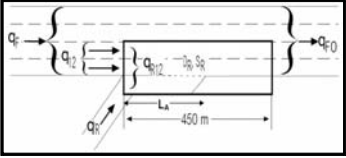


Figura 15 Schema Interconnessione A50 – A1 direzione Sud

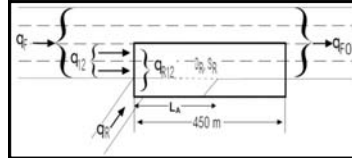
Per lo Svincolo di Lodi in direzione Nord la rampa dello svincolo diventa la quarta corsia aggiuntiva, la capacità ed il Livello di Servizio dell'immissione dipendono solamente dalla capacità della rampa stessa considerata come elemento singolo. Il dettaglio dell'analisi funzionale condotta è riportato nelle seguenti figure.

Scenario 2015 Giorno Medio Feriale Invernale:

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA			
Oggetto	Svincolo Melegnano-Binasco direzione Milano		
INFORMAZIONI GENERALI			
AUTOSTRADA	A1 Milano - Napoli		
DIREZIONE	Milano		
NOTE	Ora di Punta 2015 Dati forniti da Studio Traffico SDG Progetto Definitivo 2011		
			
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO			
Meteo	Tempo buono	Visibilità Buona	Luce Diurna
FREEWAY A MONTE			
FREEWAY DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Freeway urbana o extraurbana		Extraurbana	
Numero corsie	N	4	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D_spartitr	3	m
Pendenza massima raggiunta		<2%	%
Vi è una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		NO	
Vi è una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		NO	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
Frequenza svincoli		0.6	
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		1.7	km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C_FO	9600	Veq/h
FREEWAY DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q_F	4029	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q_F LEG	3362	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q_F TRUCK	667	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P_T	17%	
Free Flow Speed Freeway a valle dell'immissione	FFS	114	Km/h
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE			
Tasso di flusso orario a monte	q_F	4363	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q_F	1091	Veq/h/corsia
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q_12	1102	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q_FO	5369	Veq/h
VELOCITA' MEDIA ORARIA			
Velocità media oraria	S	114	Km/h
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C_F	2400	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C_F	9600	Veq/h
Condizione C_F > q_F		OK	
Densità	D	9.57	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	B	
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP			
ON RAMP DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Numero corsie	N	1	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	Lung.	150	m
Ha una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		0	
Ha una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		0	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
ON RAMP STIMA/RILIEVO FREE FLOW SPEED			
Free Flow Speed dopo i 30 m di linea continua	FFS_R	55	Km/h
ON RAMP DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario	Q_R	952	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q_R LEG	844	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q_R TRUCK	108	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P_T	11%	
ON RAMP TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in rampa	q_R	1006	Veq/h
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q_R12	2108	Veq/h
Capacità area di influenza	C_R12	4600	Veq/h
CALCOLO L.O.S. AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: C_FO > q_FO		OK	
condizione 2: q_R12 < C_R12		OK	
Densità area di influenza	D_R	11.362	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	B	
LOS freeway a monte	LOS	B	
LOS Area di influenza considerando il LOS del tratto a monte	LOS	B	

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA

Oggetto	Svincolo Melegnano-Binasco direzione Bologna	
INFORMAZIONI GENERALI		
AUTOSTRADA	A1 Milano - Napoli	
DIREZIONE	Bologna	
NOTE	Ora di Punta 2015 Dati forniti da Studio Traffico SDG Progetto Definitivo 2011	



CONDIZIONI DI RIFERIMENTO		
Meteo	Tempo buono	Visibilità Buona
		Luce Diurna

FREEWAY A MONTE

FREEWAY		DATI GEOMETRICI e CAPACITA'	
Freeway urbana o extraurbana		Extraurbana	
Numero corsie	N	4	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3	m
Pendenza massima raggiunta		<2%	%
Vi è una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		NO	
Vi è una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		NO	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
Frequenza svincoli		0.6	
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		1.7	km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C _{FO}	9600	Veq/h

FREEWAY		DATI DI TRAFFICO	
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F	2912	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}	2459	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}	453	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	16%	
Free Flow Speed Freeway a valle dell'immissione	FFS	114	Km/h

FREEWAY		TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE	
Tasso di flusso orario a monte	q _F	3139	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F	785	Veq/h/corsia
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q ₁₂	590	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}	4235	Veq/h

		VELOCITA' MEDIA ORARIA	
Velocità media oraria	S	114	Km/h

CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F	2400	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F	9600	Veq/h
Condizione C _F > q _F		OK	
Densità	D	6.88	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	A	

CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP

ON RAMP		DATI GEOMETRICI e CAPACITA'	
Numero corsie	N	1	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	Lung.	100	m
Ha una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		0	
Ha una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		0	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	

ON RAMP		STIMA/RILIEVO FREE FLOW SPEED	
Free Flow Speed dopo i 30 m di linea continua	FFS _R	55	Km/h

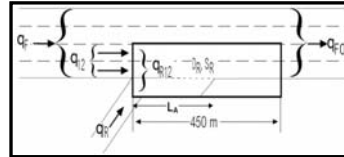
ON RAMP		DATI DI TRAFFICO	
Flusso orario	Q _R	1041	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}	931	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}	110	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	11%	

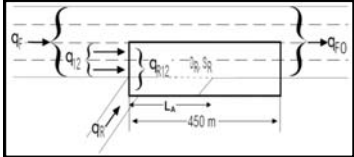
ON RAMP		TASSO DI FLUSSO	
Tasso di flusso orario in rampa	q _R	1096	Veq/h

AREA DI IMMISSIONE		TASSO DI FLUSSO	
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}	1686	Veq/h
Capacità area di influenza	C _{R12}	4600	Veq/h

CALCOLO L.O.S. AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: C _{FO} > q _{FO}		OK	
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}		OK	
Densità area di influenza	D _R	9.951	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	B	
LOS freeway a monte	LOS	A	
LOS Area di influenza considerando il LOS del tratto a monte	LOS	B	

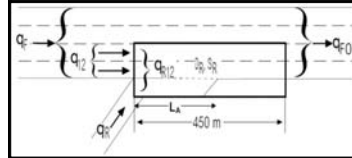
HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA			
Oggetto	Svincolo TEM direzione Milano		
INFORMAZIONI GENERALI			
AUTOSTRADA	A1 Milano - Napoli		
DIREZIONE	Milano		
NOTE	Ora di Punta 2015 Dati forniti da Studio Traffico SDG Progetto Definitivo 2011		
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO			
Meteo Tempo buono	Visibilità Buona	Luce Diurna	
FREEWAY A MONTE			
FREEWAY DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Freeway urbana o extraurbana		Extraurbana	
Numero corsie	N	4	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3	m
Pendenza massima raggiunta		<2%	%
Vi è una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		NO	
Vi è una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		NO	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
Frequenza svincoli		0.5	
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		2.0	km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C _{FO}	9600	Veq/h
FREEWAY DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F	2843	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}	2092	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}	751	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	26%	
Free Flow Speed Freeway a valle dell'immissione	FFS	116	Km/h
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE			
Tasso di flusso orario a monte	q _F	3219	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F	805	Veq/h/corsia
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q ₁₂	673	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}	5420	Veq/h
VELOCITA' MEDIA ORARIA			
Velocità media oraria	S	116	Km/h
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F	2400	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F	9600	Veq/h
Condizione C _F > q _F		OK	
Densità	D	6.94	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	A	
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP			
ON RAMP DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Numero corsie	N	2	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
LA1		200	
LA2		185	
Lunghezza effettiva linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	Lung.	585	m
Ha una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		0	
Ha una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		0	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
ON RAMP STIMA/RILIEVO FREE FLOW SPEED			
Free Flow Speed dopo i 30 m di linea continua	FFS _R	80	Km/h
ON RAMP DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario	Q _R	2156	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}	2065	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}	91	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	4%	
ON RAMP TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in rampa	q _R	2202	Veq/h
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}	2874	Veq/h
Capacità area di influenza	C _{R12}	4600	Veq/h
CALCOLO L.O.S. AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: C _{FO} > q _{FO}		OK	
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}		OK	
Densità area di influenza	D _R	9.193	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	B	
LOS freeway a monte	LOS	A	
LOS Area di influenza considerando il LOS del tratto a monte	LOS	B	



HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA			
Oggetto	Svincolo TEM direzione Bologna		
INFORMAZIONI GENERALI			
AUTOSTRADA	A1 Milano - Napoli		
DIREZIONE	Bologna		
NOTE	Ora di Punta 2015 Dati forniti da Studio Traffico SDG Progetto Definitivo 2011		
			
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO			
Meteo	Tempo buono	Visibilità	Buona
		Luce	Diurna
FREEWAY A MONTE			
FREEWAY DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Freeway urbana o extraurbana		Extraurbana	
Numero corsie	N	4	
Larghezza corsia	Largh.	3.75	m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3	m
Pendenza massima raggiunta		<2%	%
Vi è una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		NO	
Vi è una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		NO	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
Frequenza svincoli		0.5	
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		2.0	km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C _{FO}	9600	Veq/h
FREEWAY DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F	2642	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}	2204	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}	438	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	17%	
Free Flow Speed Freeway a valle dell'immissione	FFS	116	Km/h
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE			
Tasso di flusso orario a monte	q _F	2861	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F	715	Veq/h/corsia
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q ₁₂	670	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}	3402	Veq/h
VELOCITA' MEDIA ORARIA			
Velocità media oraria	S	116	Km/h
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F	2400	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F	9600	Veq/h
Condizione C _F > q _F		OK	
Densità	D	6.17	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	A	
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP			
ON RAMP DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Numero corsie	N	1	
Larghezza corsia	Largh.	4	m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	Lung.	100	m
Ha una salita con pendenza >= 3% più lunga di 500 m?		0	
Ha una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		0	
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante	
ON RAMP STIMA/RILIEVO FREE FLOW SPEED			
Free Flow Speed dopo i 30 m di linea continua	FFS _R	70	Km/h
ON RAMP DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario	Q _R	489	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}	385	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}	104	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	21%	
ON RAMP TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in rampa	q _R	541	Veq/h
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}	1211	Veq/h
Capacità area di influenza	C _{R12}	4600	Veq/h
CALCOLO L.O.S. AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: C _{FO} > q _{FO}		OK	
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}		OK	
Densità area di influenza	D _R	7.808	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	B	
LOS freeway a monte	LOS	A	
LOS Area di influenza considerando il LOS del tratto a monte	LOS	B	

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA

Oggetto	Area di Servizio San Zenone direzione Milano	
INFORMAZIONI GENERALI		
AUTOSTRADA	A1 Milano - Napoli	
DIREZIONE	Milano	
NOTE	Ora di Punta 2015 Dati forniti da Studio Traffico SDG Progetto Definitivo 2011	



CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

Meteo Tempo buono Visibilità Buona Luce Diurna

FREEWAY A MONTE

FREEWAY DATI GEOMETRICI e CAPACITA'

Freeway urbana o extraurbana		Extraurbana
Numero corsie	N	4
Larghezza corsia	Largh.	3,75 m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3 m
Pendenza massima raggiunta		<2% %
Vi è una salita con pendenza \geq 3% più lunga di 500 m?		NO
Vi è una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		NO
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante
Frequenza svincoli		0,2
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		5,0 km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C _{FO}	9600 Veq/h

FREEWAY DATI DI TRAFFICO

Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F	3149	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}	2389	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}	760	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	24%	
Free Flow Speed Freeway a valle dell'immissione	FFS	118	Km/h

FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE

Tasso di flusso orario a monte	q _F	3529	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F	882	Veq/h/corsia
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q _{R12}	935	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}	4009	Veq/h

VELOCITA' MEDIA ORARIA

Velocità media oraria	S	118	Km/h
-----------------------	---	-----	------

CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE

Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F	2400	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F	9600	Veq/h
Condizione C _F > q _F		OK	
Densità	D	7,48	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	B	

CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP

ON RAMP DATI GEOMETRICI e CAPACITA'

Numero corsie	N	1
Larghezza corsia	Largh.	3,75 m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	Lung.	100 m
Ha una salita con pendenza \geq 3% più lunga di 500 m?		0
Ha una salita con pendenza < 3% più lunga di 1000 m?		0
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante

ON RAMP STIMA/RILIEVO FREE FLOW SPEED

Free Flow Speed dopo i 30 m di linea continua	FFS _R	55	Km/h
---	------------------	----	------

ON RAMP DATI DI TRAFFICO

Flusso orario	Q _R	428	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}	325	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}	103	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	24%	

ON RAMP TASSO DI FLUSSO

Tasso di flusso orario in rampa	q _R	480	Veq/h
---------------------------------	----------------	-----	-------

AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO

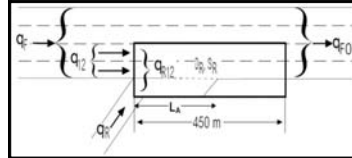
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}	1414	Veq/h
Capacità area di influenza	C _{R12}	4600	Veq/h

CALCOLO L.O.S. AREA DI INFLUENZA

condizione 1: C _{FO} > q _{FO}		OK	
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}		OK	
Densità area di influenza	D _R	8,798	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	B	
LOS freeway a monte	LOS	B	
LOS Area di influenza considerando il LOS del tratto a monte	LOS	B	

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA

Oggetto	Area di Servizio San Zenone direzione Bologna	
INFORMAZIONI GENERALI		
AUTOSTRADA	A1 Milano - Napoli	
DIREZIONE	Bologna	
NOTE	Ora di Punta 2015 Dati forniti da Studio Traffico SDG Progetto Definitivo 2011	



CONDIZIONI DI RIFERIMENTO

Meteo Tempo buono Visibilità Buona Luce Diurna

FREEWAY A MONTE

FREEWAY DATI GEOMETRICI e CAPACITA'

Freeway urbana o extraurbana		Extraurbana
Numero corsie	N	4
Larghezza corsia	Largh.	3.75 m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3 m
Pendenza massima raggiunta		<2% %
Vi è una salita con pendenza $\geq 3\%$ più lunga di 500 m?		NO
Vi è una salita con pendenza $< 3\%$ più lunga di 1000 m?		NO
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante
Frequenza svincoli		0.3
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		3.3 km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C_{FO}	9600 Veq/h

FREEWAY DATI DI TRAFFICO

Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q_F	2756	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q_F LEG	2279	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q_F TRUCK	477	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P_T	17%	
Free Flow Speed Freeway a valle dell'immissione	FFS	118	Km/h

FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE

Tasso di flusso orario a monte	q_F	2995	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q_F	749	Veq/h/corsia
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q_{12}	820	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q_{FO}	3402	Veq/h

VELOCITA' MEDIA ORARIA

Velocità media oraria	S	118	Km/h
-----------------------	---	-----	------

CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE

Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C_F	2400	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C_F	9600	Veq/h
Condizione $C_F > q_F$		OK	
Densità	D	6.34	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	A	

CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP

ON RAMP DATI GEOMETRICI e CAPACITA'

Numero corsie	N	1
Larghezza corsia	Largh.	3.75 m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	Lung.	100 m
Ha una salita con pendenza $\geq 3\%$ più lunga di 500 m?		0
Ha una salita con pendenza $< 3\%$ più lunga di 1000 m?		0
Tipo di terreno: pianeggiante, collinare o montuoso		pianeggiante

ON RAMP STIMA/RILIEVO FREE FLOW SPEED

Free Flow Speed dopo i 30 m di linea continua	FFS _R	55	Km/h
---	------------------	----	------

ON RAMP DATI DI TRAFFICO

Flusso orario	Q_R	375	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q_R LEG	310	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q_R TRUCK	65	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P_T	17%	

ON RAMP TASSO DI FLUSSO

Tasso di flusso orario in rampa	q_R	408	Veq/h
---------------------------------	-------	-----	-------

AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO

Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q_{R12}	1228	Veq/h
Capacità area di influenza	C_{R12}	4600	Veq/h

CALCOLO L.O.S. AREA DI INFLUENZA

condizione 1: $C_{FO} > q_{FO}$		OK	
condizione 2: $q_{R12} < C_{R12}$		OK	
Densità area di influenza	D_R	7.919	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	B	
LOS freeway a monte	LOS	A	
LOS Area di influenza considerando il LOS del tratto a monte	LOS	B	

4.2.2 Adeguamento Interconnessione Tangenziale Ovest (A1-A50)

L'intervento di ampliamento alla quarta corsia ha origine in carreggiata Sud con la corsia di immissione, ed in carreggiata Nord con la corsia di diversione dell'interconnessione con la Tangenziale Ovest. Per le due corsie di specializzazione è stato previsto l'adeguamento ed entrambe prevedono due corsie per senso di marcia.

La rampa di diversione da Bologna si immette direttamente nella Tangenziale Ovest, andando a costituire la corsia di marcia e la seconda corsia della A50. Non ha dunque le caratteristiche di una rampa di interconnessione classica, ma dal punto di vista della composizione geometrica planimetrica può essere classificata come una rampa semidiretta di un'intersezione di tipo 1 (A/A) a cui corrisponde intervallo di velocità di progetto 40-70 km/h.

La rampa di immissione in direzione Bologna accoglie direttamente le corsie di marcia e la seconda corsia della Tangenziale e ha le caratteristiche di una rampa diretta di un'intersezione di tipo 1. Si considera dunque un intervallo di velocità di progetto 40-80 km/h.

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

4.2.2.1 Corsie specializzate

Carreggiata nord: diversione da Bologna verso tangenziale ovest- Velocità di progetto 70km/h (**rampa A**)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	220.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	6.05
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	70.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	189.0
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	144.0
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	234.0

In considerazione del fatto che lo stato attuale vede già una lunghezza del tratto di diversione maggiore rispetto ai valori teorici calcolati con il metodo cinematico e per agevolare il flusso in uscita dall'autostrada, migliorando situazioni di accumulo dovute alla cospicua presenza di mezzi pesanti, in conformità anche al Progetto Preliminare approvato, si è ritenuto opportuno prevedere una lunghezza del tratto parallelo di diversione che conserva quella esistente e che risulta pari a circa 500 m.

Carreggiata sud: immissione per Bologna da tangenziale ovest - Velocità di progetto 80km/h
(rampa B)

Raggio curva circolare	Rf	(m)	355.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	5.62
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	80.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	237.0
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	42.8
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	194.2
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	239.2
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	312.0

Lo stato attuale prevede una lunghezza del tratto d'immissione maggiore rispetto ai valori teorici sopra riportati, pertanto si è ritenuto opportuno, in conformità anche al Progetto Preliminare, mantenere in Progetto Definitivo la medesima lunghezza che risulta di circa 500 m.

Le immissioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

Le diversioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

4.2.3 Adeguamento svincolo di Melegnano - Binasco

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

4.2.3.1 Corsie specializzate

Carreggiata nord: immissione direzione per Milano – velocità di progetto 60km/h
(rampa C)

Raggio curva circolare	Rf	(m)	403.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	3.19
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	345.1

Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	68.8
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	276.3
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	321.3
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	420.1

Carreggiata sud: diversione da Milano - velocità di progetto 60km/h
(rampa D)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	368.5
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	3.38
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	205.8
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	160.8
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	250.8

Anche in questo caso, come per la rampa in uscita verso la Tangenziale Ovest, si è ritenuto opportuno, in conformità al Progetto Preliminare, prolungare ulteriormente il tratto parallelo di accumulo fino al cavalcavia San Consortile dei Mallè (progr. km 6+853.30) per una lunghezza complessiva di circa 400 m.

Carreggiata nord: diversione da Bologna per Binasco - velocità di progetto 60km/h
(rampa E)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	85.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	52.4
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	216.7
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	171.7
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	261.7

Carreggiata sud: immissione per Bologna da Melegnano - velocità di progetto 60km/h
(rampa F)

Raggio curva circolare	Rf	(m)	109.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	58.1

Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	130.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	104.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	287.1
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	44.2
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	242.9
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	287.9
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	362.1

Carreggiata nord: diversione da Bologna per Melegnano - velocità di progetto 50km/h
(rampa G)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	105.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	57.2
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	209.9
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	164.9
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	254.9

Carreggiata sud: immissione per Bologna da Binasco - velocità di progetto 60km/h
(rampa H)

Raggio curva circolare	Rf	(m)	95.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	7.00
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	54.9
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	140.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	112.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	367.5
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	42.3
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	325.3
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	370.3
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	442.5

Le immissioni/diversioni (rampe C, D, G) avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchine in destra da 2.50 metri ad eccezione delle rampe E ed F che per preservare il

cavalcavia esistente prevedono banchine da 1,75m. Infine la rampa H, ramo di immissione per Bologna da Binasco, presenta una corsia specializzata da 3,75 m con banchina in destra da 2.50m per tutta la sua lunghezza tranne per il tratto in corrispondenza del deposito sale, in cui la larghezza della banchina è pari a 3.00 m in conformità alla configurazione esistente.

4.2.4 Adeguamento Area di Servizio San Zenone

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

4.2.4.1 Corsie specializzate

Carreggiata nord: immissione per Milano da AdS - velocità di progetto 40km/h
(rampa I)

Raggio curva circolare	Rf	(m)	150.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	3.24
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	130.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	104.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	355.6
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	27.2
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	328.3
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	373.3
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	430.6

Carreggiata sud: diversione da Milano per AdS - velocità di progetto 40km/h
(rampa L)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	87.5
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	4.57
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	231.5
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	276.5

Carreggiata nord: diversione da Bologna per AdS - velocità di progetto 40km/h
(rampa M)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	193.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	2.76
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	231.5
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	186.5
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	276.5

Carreggiata sud: immissione per Bologna da AdS - velocità di progetto 40km/h
(rampa N)

Raggio curva circolare	Rf	(m)	82.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	4.77
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	40.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	130.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	104.0
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	355.6
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	40.0
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	315.6
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	LA	(m)	360.6
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	430.6

Le immissioni avvengono con corsie specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

Le diversioni avvengono con corsie specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

4.2.5 Adeguamento Svincolo di Lodi

In corrispondenza dello svincolo di Lodi termina l'intervento di ampliamento e le quarte corsie si chiudono sulle rampe di diversione in direzione Lodi e immissione in direzione Milano. Mentre la rampa di immissione (rampa O) è ad unica corsia e non è necessario prevedere una corsia specializzata, la rampa di diversione vede due corsie, di cui la prima consiste nel prolungamento della quarta corsia della tratta autostradale, la seconda necessita di una corsia specializzata di diversione.

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

4.2.5.1 Corsie specializzate

Carreggiata Sud: diversione da Milano - velocità di progetto 60km/h
(**rampa P**)

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	140.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	192.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	5.13
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	205.8
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	160.8
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia diversione	Lt	(m)	250.8

Le immissioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

Le diversioni avvengono con corsie specializzate da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri.

4.2.6 Piste di servizio ASPI

Sono state inserite in conformità al progetto preliminare cinque piste di servizio per rendere più efficiente ed immediata la possibilità di intervento ed agevolare le manovre di inversione.

I raggi dei cigli interni sono tutti maggiori di 15m, in modo da garantire le svolte dei mezzi pesanti.

PISTA N°	PROGR. KM	SVILUPPO (m)	LARGH. (m)	DIREZ.
1	7+950	340	6.50	Nord
2	8+715	195	6.50	Nord
3	9+275	350	6.50	Nord
4	8+765	185	6.50	Sud
5	9+275	145	6.50	Sud