



Società Autostrada Tirrenica p.A.
GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 5A

TRATTO: ANSEDONIA – PESCIA ROMANA

PROGETTO DEFINITIVO

**INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE
NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE
DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006**


AU – CORPO AUTOSTRADALE

PARTE STRADALE

RELAZIONE TECNICA

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 RESPONSABILE UFFICIO STD	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO				DATA: FEBBRAIO 2011	REVISIONE													
—	DIRETTORIO			FILE		n.	data											
	codice	commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo													
—	1	2	1	2	1	4	0	3	S	T	D	0	9	0	—	—		

 ingegneria europea	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	Ing. Michele Angelo Parrella O.I. Avellino N.933
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Massimiliano Giacobbi – O.I. Milano N.20746

RESPONSABILE DI COMMESSA Ing. Giambattista Brancaccio Ord. Ingg. Roma N. 15710 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
--	---	--

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	3
2.1	CARATTERISTICHE DELLA VARIANTE SS1 AURELIA OGGETTO DELL'AMPLIAMENTO.....	4
3	L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO DELLA VARIANTE SS1 AURELIA.....	7
3.1	IL PROGETTO.....	7
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO	10
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PROGETTO	11
5.1	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	11
5.1.1	ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	11
5.1.2	Andamento plano-altimetrico attuale	12
5.2	IL PROGETTO	14
5.2.1	INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI.....	14
5.2.2	Caratteristiche planimetriche	14
5.2.3	Caratteristiche altimetriche	18
5.2.4	Analisi di visibilità.....	19
5.2.5	ASSE AUTOSTRADALE	21
	Andamento plano-altimetrico di progetto	21
5.2.6	Analisi del progetto con riferimento al DM del 05.11.2001.....	25
5.2.7	Andamento altimetrico	26
5.2.8	Verifiche di visibilità.....	27
5.3	SVINCOLI ED AREE DI SERVIZIO	30
5.3.1	Criteri progettuali.....	30
5.3.2	Geometria degli elementi modulari delle rampe	30
5.3.3	Sezioni tipo delle rampe e delle corsie specializzate	31
5.3.4	Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate	32
	Corsie di immissione (o di entrata).....	32
5.3.5	Analisi funzionale delle corsie specializzate di immissione	34
	Corsie di diversione (o di uscita)	39
5.3.6	Nuovo svincolo di Capalbio.....	39
5.3.7	Nuovo Svincolo di Ansedonia	41
5.4	AREE DI SERVIZIO.....	42
5.5	PAVIMENTAZIONI.....	43
5.5.1	Nuove pavimentazioni.....	43
6.	INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E INTEGRAZIONE DELLE VIABILITA' CONNESSE.....	44
5.5.2	Analisi funzionale delle rotonde	45

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al progetto definitivo dell'intervento di adeguamento ad Autostrada di un tratto della Variante SS1 Aurelia, riferibile al Lotto 5A Ansedonia – Pescia Romana, parte dell'intero corridoio tirrenico compreso tra Rosignano e Civitavecchia.

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

Per quanto riguarda le caratteristiche stradali delle intersezioni si è fatto riferimento al Decreto Ministeriale 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali"; nei successivi paragrafi verranno indicati i criteri progettuali adottati per la definizione della geometria delle rampe di svincolo/interconnessione e per il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione/diversione.

2 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il progetto del Lotto 5a si riferisce al tratto compreso tra lo svincolo di Ansedonia e quello di Pescia Romana, all'interno del più ampio intervento di realizzazione del tronco sud per il completamento del corridoio tirrenico che si estende dallo svincolo di Grosseto Sud alla A12 Roma-Civitavecchia.

L'adeguamento autostradale, che ha uno sviluppo complessivo 14,4 km sostanzialmente compreso all'interno del Comune di Capalbio, ha inizio in corrispondenza del km 136+993 della SS n.1 Aurelia (Km 0+000 di progetto), circa 500 m più a sud dell'attuale svincolo di Ansedonia Sud, e termina circa 580 m più a sud del Confine Regionale in corrispondenza del km 122+367 della SS n.1 Aurelia (Km 14+430 di progetto).

L'intervento prevede l'adeguamento ad autostrada della SS n.1 Aurelia, mediante un ampliamento dell'attuale sede a carreggiata singola (una corsia per senso di marcia). La modalità di ampliamento sarà quasi esclusivamente asimmetrica, con uno dei cigli di progetto che ripercorre il margine esistente in modo tale da facilitare e rendere più flessibile la gestione del traffico veicolare durante le fasi di realizzazione. Solo in alcuni tratti, peraltro abbastanza localizzati, si avranno ampliamenti simmetrici dettati dalle geometrie del tracciato ovvero da vincoli territoriali.

Anche dal punto di vista plano-altimetrico l'adeguamento del sedime esistente alla sezione autostradale ripercorrerà la quota dell'infrastruttura esistente, ad eccezione di tre tratti, in cui si è resa necessaria l'adozione di tre varianti plano-altimetriche dettate da vincoli territoriali o di sicurezza idraulica:

- Variante di Torba: la variante si sviluppa per circa 1,9 km ad est dell'abitato di Torba, in corrispondenza dell'attuale zona industriale;
- Variante della Nunziatella : la variante si sviluppa per circa 0,9 km ad est degli edifici della Nunziatella;
- Variante del Chiarone : la variante si sviluppa per circa 1,8 km ad ovest dell'attuale struttura della Dogana Vecchia.

L'intervento prevede inoltre l'adeguamento dei due svincoli esistenti:

- Svincolo di Ansedonia: adeguamento delle rampe in carreggiata Nord ad inizio tracciato (in corrispondenza del tratto di raccordo funzionale con la sede esistente della SS1 Aurelia) ;
- Svincolo di Capalbio al km. 8+480 con il mantenimento dell'attuale cavalcavia.

e la dismissione dell'attuale svincolo di Pescia Fiorentina al km 12+850. E' inoltre prevista la dismissione di due aree di servizio esistenti, la prima in carreggiata Nord al km 4+800, la seconda al Km 8+200 .

Nell'ambito del progetto è inoltre compresa la realizzazione:

- Posto Neve in carreggiata Nord alla progressiva 0+530;
- Area di Servizio in carreggiata Sud alla progressiva 6+400;
- Area di Servizio in carreggiata Nord alla progressiva 9+800;
- Barriera di esazione di Capalbio alla progressiva km 10+400;

Nella progettazione di questo tratto rientra altresì la riqualificazione e integrazione di una serie di viabilità locali connesse all'opera, la cui risoluzione è stata oggetto di ampia concertazione con l'ente Comunale, tra le quali si segnala l'intervento previsto per un tratto di circa di circa 13.5 km della S.P. n°93 Strada Pedemontana.

Da un punto di vista territoriale, l'infrastruttura come detto, ripercorre il corridoio dell'attuale statale, attraversando da nord verso sud il territorio del Comune di Capalbio e per un brevissimo tratto nella parte terminale, superato il confine regionale, quello del Comune di Tarquinia. Il contesto territoriale è caratterizzato solo nel tratto iniziale da insediamenti abitativi e produttivi rilevanti, tratto nel quale si sono attuate le due varianti di Torba e Nunziatella; per il resto dell'estesa si registra una debole o quasi nulla urbanizzazione. La variante nel tratto finale del Fosso Chiarone si è resa necessaria per salvaguardare l'edificio e le pertinenze della struttura della Dogana Vecchia.

Lungo il tracciato, che si sviluppa in un territorio sostanzialmente pianeggiante con quote comprese tra i 4.5 e i 25 m slm, sono inoltre presenti, procedendo da Nord verso Sud, gli attraversamenti in viadotto degli alvei dei fossi Melone, S.Floriano, Nuovo Allacciante di Acque Alte, Carige, Pelagone e del Chiarone.

2.1 Caratteristiche della Variante SS1 Aurelia oggetto dell'ampliamento

L'infrastruttura attuale, interessata dal progetto di adeguamento a sezione autostradale, risulta avere, nei tratti iniziale e finale, e precisamente tra il Km 0+000 e il Km 1+097,92 Ansedonia - La Torba, e tra il Km 13+102.52 e il Km 14+430.16 tra gli svincoli di Pescia Fiorentina e Pescia Romana, una piattaforma composta da un'unica carreggiata di larghezza complessiva di 15.30m circa.

La sezione tipo è costituita da 2 corsie per senso di marcia separate solo dalla segnaletica orizzontale (assenza del margine interno), le banchine in destra risultano assenti, la strada può essere classificata come una strada Extraurbana Principale.



Figura 1: SS1 Aurelia a sud di Ansedonia

Nel tratto centrale del lotto tra La Torba e Pescia Fiorentina, e precisamente tra il Km 2+025.83 e il Km 12+524.59, la sezione tipo invece si riduce di ampiezza ed è riconducibile a quella di una categoria

Extraurbana Secondaria (Cat.C), composta da una unica carreggiata a due corsie, una per senso di marcia, e piattaforma di larghezza variabile tra 9.50-10.50m; le corsie hanno una larghezza $L=3.50$ m, le banchine laterali $L_{min}=1.50$ m.



Figura 2: tratto con sezione stradale ad 1 corsia per senso di marcia

Nella parte terminale del lotto, dopo lo svincolo di Pescia Fiorentina, la sezione torna ad essere a due corsie per senso di marcia, con spartitraffico tipo NJ posto in mezzzeria.

Nei tratti in rilevato ovvero in corrispondenza delle opere d'arte lungo i margini laterali sono disposte barriere metalliche a nastro.

Gli scavi esistenti del tratto interessato dal progetto hanno altezze in alcuni casi anche rilevante ed una pendenza ridotta, al disotto dell'usuale 2:3 e presentano alla base in alcuni tratti un muretto di pulizia di altezza variabile; i rilevati sono anch'essi in taluni casi di altezza rilevante e con pendenze anch'essi più dolci dell'usuale 2:3.

Lungo il tracciato sono presenti le seguenti intersezioni stradali principali a livelli sfalsati con attraversamenti dell'asse stradale realizzati in cavalcavia o in sottovia (le progressive sono riferite al km 0+000 di progetto situato a inizio lotto):

- Svincolo di Ansedonia Sud in corrispondenza del futuro tratto di raccordo funzionale tra asse autostradale e statale esistente (attraversamento stradale in cavalcavia);
- Svincolo di Capalbio in corrispondenza del km 8+480 (attraversamento stradale in cavalcavia);
- Svincolo di Pescia Fiorentina al km 8+300 (attraversamento stradale in sottovia);

Inoltre tutto il tratto esistente è caratterizzato dalla presenza di numerosi accessi a viabilità secondarie, a viabilità poderali ovvero a servizio di edifici/residenze isolate.

Il tracciato presenta un andamento planimetrico con lunghi rettili e curve di ampio raggio; ad eccezione del tratto iniziale in corrispondenza della zona industriale di Torba e del tratto finale in corrispondenza dell'attraversamento del fosso Chiarone, in cui si registrano due flessi planimetrici con la successione di curve con $R_{min}=500m$ e $550m$.

Unica opera d'arte presente lungo l'asse della statale è il viadotto Chiarone di lunghezza pari a $64.0m$ per l'attraversamento dell'omonimo corso d'acqua, mentre gli altri attraversamenti idraulici sono risolti con ponticelli o strutture scatolari di luce massima pari $5.50 m$.

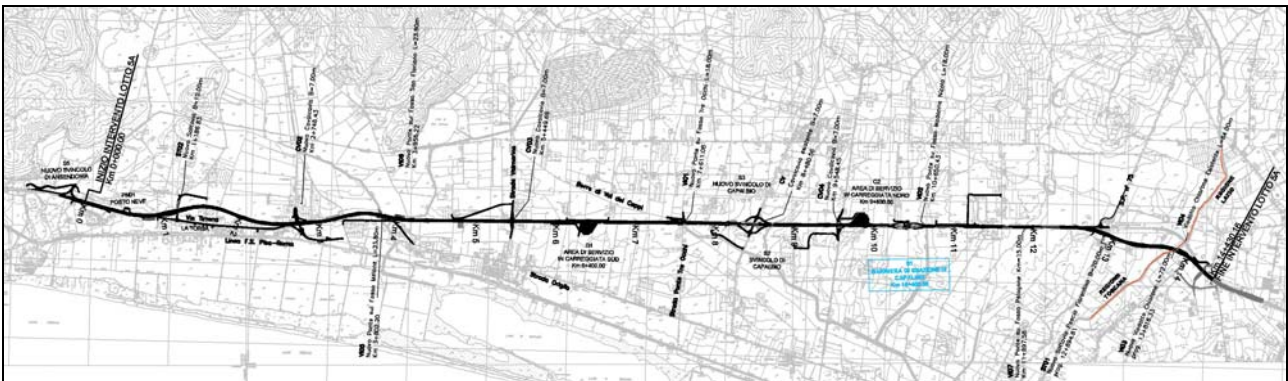
Per analizzare in maniera approfondita l'asse esistente sono stati incrociati con il Rilievo tipo LIDAR anche i rilievi celerimetrici dei cigli dell'Aurelia esistente e i rilievi delle opere attuali.

Questo ha permesso di definire univocamente le caratteristiche dell'infrastruttura esistente e quindi gli interventi da realizzare per il suo adeguamento.

3 L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO DELLA VARIANTE SS1 AURELIA

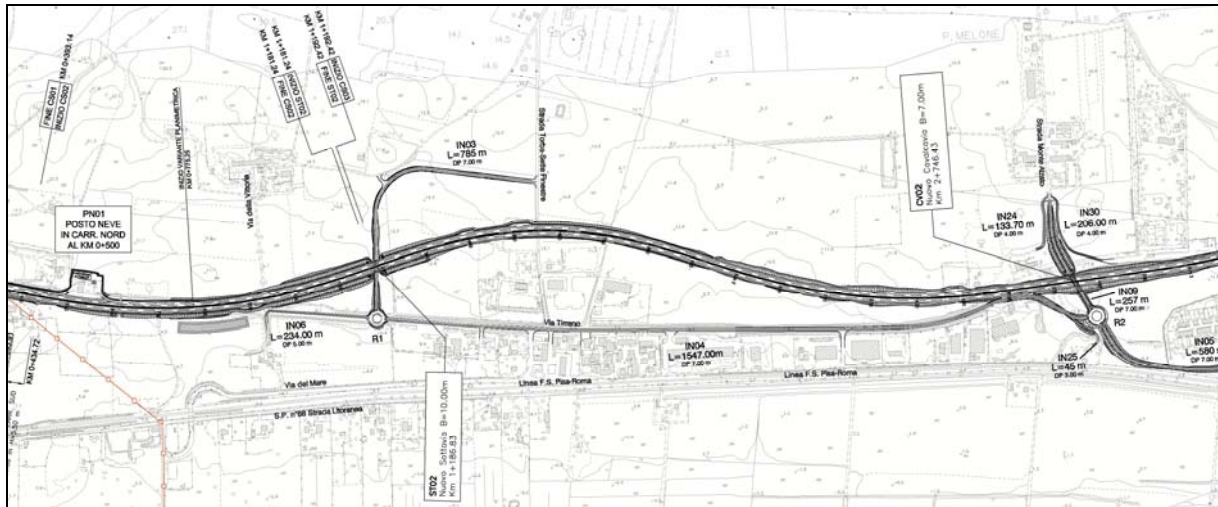
3.1 Il progetto

Come detto il tracciato inizia nel territorio della Regione Toscana, circa 500 metri dopo l'attuale svincolo di Ansedonia, con un breve tratto in rettilineo di circa 160 m. Lungo il tratto iniziale, che ripercorre l'attuale statale, è prevista in carreggiata Sud la realizzazione di una paratia di circa 120 m a protezione di un edificio esistente mentre in carreggiata Nord è ubicato il futuro Posto Neve a servizio del tratto autostradale.



Dal km 0+775 l'asse autostradale prosegue poi per circa 1,9 km in variante piano-altimetrica con una successione di due flessi planimetrici (scostamento massimo dalla SS1 220m) fino al km 2+628, dove torna brevemente sul sedime esistente. Lungo la variante, esclusivamente in rilevato, è prevista la realizzazione di un nuovo sottovia da 10.0 m di luce per garantire la riconnessione del tratto ad est della strada Torba-Sette Finestre altrimenti interrotta dalla realizzazione dell'infrastruttura.

Il tracciato dopo essere tornato per un limitato tratto di circa 500m sul corridoio dell'attuale statale, lungo il quale al km 2+746 è ubicato un nuovo attraversamento stradale in cavalcavia (CV02), si porta nuovamente in variante per circa 800 metri fino al Km 4+275. Lungo quest'ultima è prevista la realizzazione di due nuovi ponti di uguale luce, pari a 23.80 m, per l'attraversamento dei due fossi Melone e S.Floriano. Nel tratto in rilevato della carreggiata Sud compreso tra le due opere, l'interferenza con il fosso è risolta con la realizzazione di un muro di sostegno di circa 104 m fondato su pali.



Dal km 4+275 fino allo svincolo di Capalbio l'intervento di progetto prevede l'ampliamento asimmetrico in sinistra della SS1, con un andamento altimetrico e planimetrico analogo a quello esistente, ad eccezione del tratto in attraversamento del fosso Nuovo Allacciante di Acque Alte, dove per garantire il franco idraulico per il nuovo Ponte Tre Occhi (L=18.00), è necessario un modesto aumento della livelletta stradale.

Al Km 8+480 il progetto prevede l'adeguamento delle rampe di immissione e diversione dell'attuale Svincolo di Capalbio ed il loro collegamento all'asse bidirezionale di attraversamento con la realizzazione di due nuove rotonde. In corrispondenza dell'intersezione l'ampliamento è in asse all'esistente per garantire la conservazione del cavalcavia a servizio dello svincolo.

Prima e dopo lo svincolo sono ubicate le due nuove aree di servizio, rispettivamente in carreggiata sud al km 6+400 e nord al km 9+800, in sostituzione delle due esistenti poste al km 4+800 (carr.Sud) e km. 8+200 (carr. Nord).

Superata l'intersezione, il tracciato prosegue in ampliamento asimmetrico in destra fino al Km 12+450, poco prima dello svincolo esistente di Pescia Fiorentina per il quale è prevista la dismissione. Il tratto, che come quello precedente è sostanzialmente in rettilineo è caratterizzato dalla presenza, oltre alla citata area di servizio:

- al km. 9+548 del nuovo attraversamento in cavalcavia CV04 necessario per garantire la continuità della viabilità "Strada del 33";
- al km 10+400 della futura Barriera di Esazione di Capalbio;
- al km 10+650 del nuovo ponte sul Madonna Nicola (L=18.00 m);
- al km 10+897 del nuovo ponte sul Fosso Pelagone (L=15.00 m);

con l'andamento altimetrico dell'asse che ripercorre l'andamento collinare del terreno con pendenze longitudinali massime del 4% circa.

In corrispondenza del Km 12+450 è previsto l'inizio dell'ultima variante plano-altimetrica, con il tracciato che si pone a ovest dell'attuale sede della statale SS1, fino a raccordarsi al Km 14+430.136 con l'inizio del successivo lotto 6B. Da un punto di vista planimetrico la variante di circa 2,0 km di lunghezza, si compone di una successione di tre flessi con $R_{min}=620m$ e $R_{max}=1236m$ con uno scostamento massimo dal sedime esistente di circa 237m. Lungo la variante al Km. 13+820 è prevista la realizzazione del nuovo attraversamento in viadotto a tre campate del Fosso Chiarone, che rappresenta l'opera più significativa di tutto il lotto, ed ha una lunghezza di 72m; per l'opera attualmente presente l'ungo la SS1 è invece prevista una semplice riqualificazione e sarà destinata al traffico veicolare della viabilità secondaria. In corrispondenza dello Svincolo di Pescia Fiorentina, al km 12+894.81 la continuità della viabilità S.P. n.75 è garantita dalla realizzazione di un nuovo sottovia (ST01) da 20.00 m di luce realizzato immediatamente a valle di quello esistente a servizio dello svincolo.

In corrispondenza dell'inizio del tracciato è prevista la realizzazione di un raccordo funzionale di circa 500m per il raccordo con la statale esistente che comprende anche la modifica delle rampe in carreggiata Nord dello svincolo esistente di Ansedonia Sud. La soluzione studiata garantisce, oltre che la funzionalità dello svincolo con l'intervento di ampliamento del lotto in argomento, anche la connessione tramite la realizzazione di una rotonda e di un tratto di nuova viabilità con la S.P. n°93 Strada Pedemontana per la quale, come detto in precedenza, è previsto un importante intervento di riqualifica.

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'intervento in oggetto realizza l'adeguamento ad autostrada dell'infrastruttura esistente, Variante SS1 Aurelia, ottenuto mediante un ampliamento in sede dell'attuale sezione stradale.

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.

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).

5 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PROGETTO

5.1 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

5.1.1 ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il progetto si riferisce al terzo tronco funzionale (Lotto 5a) del tronco sud del corridoio autostradale tirrenico, realizzato con un intervento di adeguamento dell'infrastruttura esistente, nel tratto compreso tra l'attuale svincolo di Ansedonia Sud e lo svincolo di Pescia Romana.

5.1.1.1 Sezione tipo esistente

La sezione tipo presenta, nei tratti iniziale e finale, e precisamente tra il Km 0+000 e il Km 1+097,92 e tra il Km 13+102.52 e il Km 14+430.16, una unica piattaforma complessiva di 15.30 m circa composta da 2 corsie per senso di marcia separate solo dalla segnaletica orizzontale (assenza del margine interno), di larghezza $L=3.50\text{m}$, le banchine in destra risultano assenti, la strada può essere classificata come una strada Extraurbana Principale.

SEZIONI TIPO ESISTENTE VARIANTE SS1 AURELIA – scala 1:100

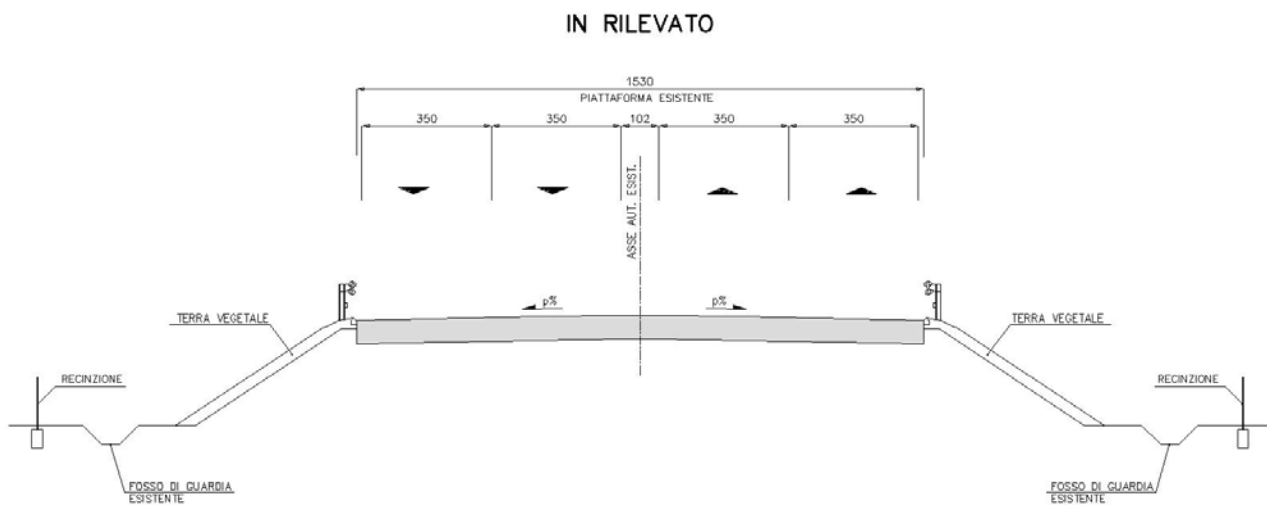


Figura 3: Sezione tipo attuale SS1 Aurelia

Nel tratto centrale del lotto tra La Torba e Pescia Fiorentina, e precisamente tra il Km 2+025.83 e il Km 12+524.59, la sezione tipo invece si riduce di ampiezza ed è riconducibile a quella di una categoria Extraurbana Secondaria (Cat.C), composta da una unica carreggiata a due corsie, una per senso di marcia, e piattaforma di larghezza variabile tra 9.50-10.50m; le corsie hanno una larghezza $L=3.50\text{ m}$, le banchine laterali $L_{\text{min}}=1.50\text{m}$.



Figura 4: Sezione tipo attuale SS1 Aurelia Cat.C

5.1.2 Andamento plano-altimetrico attuale

In generale il tracciato risulta avere un andamento planimetrico lineare, composto da una successione di curve destrorse e sinistrorse intervallate da elementi lineari (rettifili) di sensibile lunghezza con l'assenza nella maggior parte dei casi di elementi di raccordo a curvatura variabile (clotoidi).

Le caratteristiche geometriche dello stato attuale, sono state desunte dalle indagini topografiche (rilievi fotogrammetrici scala 1:1000) eseguite per lo sviluppo delle attività progettuali, non disponendo di una documentazione specifica sulle caratteristiche plano-altimetriche esistenti (as-built).

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono riportati i dati planimetrici dell'asse autostradale esistente, in cui risulta evidente l'andamento lineare del tracciato con lunghi rettilinei e curve anche con raggi ridotti.

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Vel. Massima	Vel. Teorica	Lungh.
I° tratto (2 carreggiate per verso di marcia)						
Rettifilo	0	826,47		90		826,47
Circonferenza	826,47	960,19	-1200	90	90	133,72
Rettifilo	960,19	1864,221		90		904,031
Circonferenza	1864,22	2104,873	-3000	90	90	240,652
Rettifilo	2104,87	2431,115		90		326,242
II° tratto (1 carreggiata per verso di marcia)						
Rettifilo	2431,12	2731,49		90		300,375
Circonferenza	2731,49	2964,957	-550	90	90	233,467
Rettifilo	2964,96	3090,365		90		125,408
Circonferenza	3090,37	3280,129	550	90	90	189,764
Clotoidi	3280,13	3298,311		90		18,182
Rettifilo	3298,31	13276,975		90		9978,664
III° tratto (2 carreggiate per verso di marcia)						
Rettifilo	13277	13928,131		90		651,151

Circonferenza	13928,1	14456,09	498,99	90	90	527,959
Rettifilo	14456,1	14656,003		90		199,913
Circonferenza	14656	15050,985	-684,2	90	90	394,982

Tabella 1 - Riepilogo caratteristiche planimetriche

Dal punto di vista altimetrico, il tracciato esistente presenta un profilo pressoché piatto, in cui le poche variazioni di quota s sono superati con livellette le cui pendenze longitudinali risultano inferiori al 5%.

Tipo Racc.	P. In	P. Fin	P media	Raggio	Prog In	Prog Fin
I° tratto (2 carreggiate per verso di marcia)						
Concavo	-0,16	-0,13	-0,145	20000	2424,553	2431,115
II° tratto (1 carreggiata per verso di marcia)						
Concavo	-0,13	1,15	0,51	20000	0	255,871
Convesso	1,15	-1,65	-0,25	18171,5198	497,482	1005,574
Concavo	-1,65	1,41	-0,12	9235,090432	1005,574	1287,621
Convesso	1,41	-0,99	0,21	12634,67382	1287,621	1590,151
Concavo	-0,99	0,25	-0,37	38441,07226	1590,151	2067,299
Convesso	0,25	-1,32	-0,535	8000,637	3366,762	3492,472
Concavo	-1,32	-0,07	-0,695	52524,75039	3492,472	4149,29
Concavo	-0,07	1	0,465	34690,31762	5837,038	6209,131
Convesso	1	0,08	0,54	9349,630388	6209,131	6295,783
Concavo	0,08	1,38	0,73	22332,608	6606,245	6897,706
Convesso	1,38	0,25	0,815	20149,54217	6897,706	7125,251
Concavo	0,25	1,9	1,075	12627,02679	7886,688	8095,106
Convesso	1,9	-3,61	-0,855	6063,730252	8095,106	8429,671
Concavo	-3,61	4,11	0,25	4868,123677	8429,671	8805,774
Convesso	4,11	1,13	2,62	7902,98992	8805,774	9041,72
Convesso	1,13	-3,1	-0,985	8505,181276	9322,706	9681,965
Concavo	-3,1	3,34	0,12	5301,86564	9681,965	10023,296
Convesso	3,34	-0,83	1,255	7280,271916	10023,296	10327,1
Concavo	-0,83	0,83	0	31293,10617	10327,1	10845,86
III° tratto (2 carreggiate per verso di marcia)						
Convesso	1,63	-1,08	0,275	20880,18383	13276,98	13843,118
Concavo	-1,08	0,08	-0,5	12241,12126	13843,118	13986,145
Convesso	0,08	-1,31	-0,615	11145,82274	14895,981	15050,985

Tabella 2 - Riepilogo caratteristiche altimetriche

5.2 IL PROGETTO

5.2.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

Gli standard progettuali, in termini di composizione plano-altimetrica del tracciato e di dimensionamento degli elementi che compongono la sede stradale, sono stati adeguati a quanto indicato dalla norma di riferimento DM 05.11.2001 relativamente alle autostrade in ambito extraurbano (categoria A).

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").

Il progetto è stato quindi 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 e riportati nei seguenti paragrafi:

5.2.2 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche.

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

- pari a 339 metri nel caso di autostrade extraurbane

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

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

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

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 5;

(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 Tabella 2; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

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

Tabella 2 – Lunghezza minima dei rettifili in relazione alla velocità

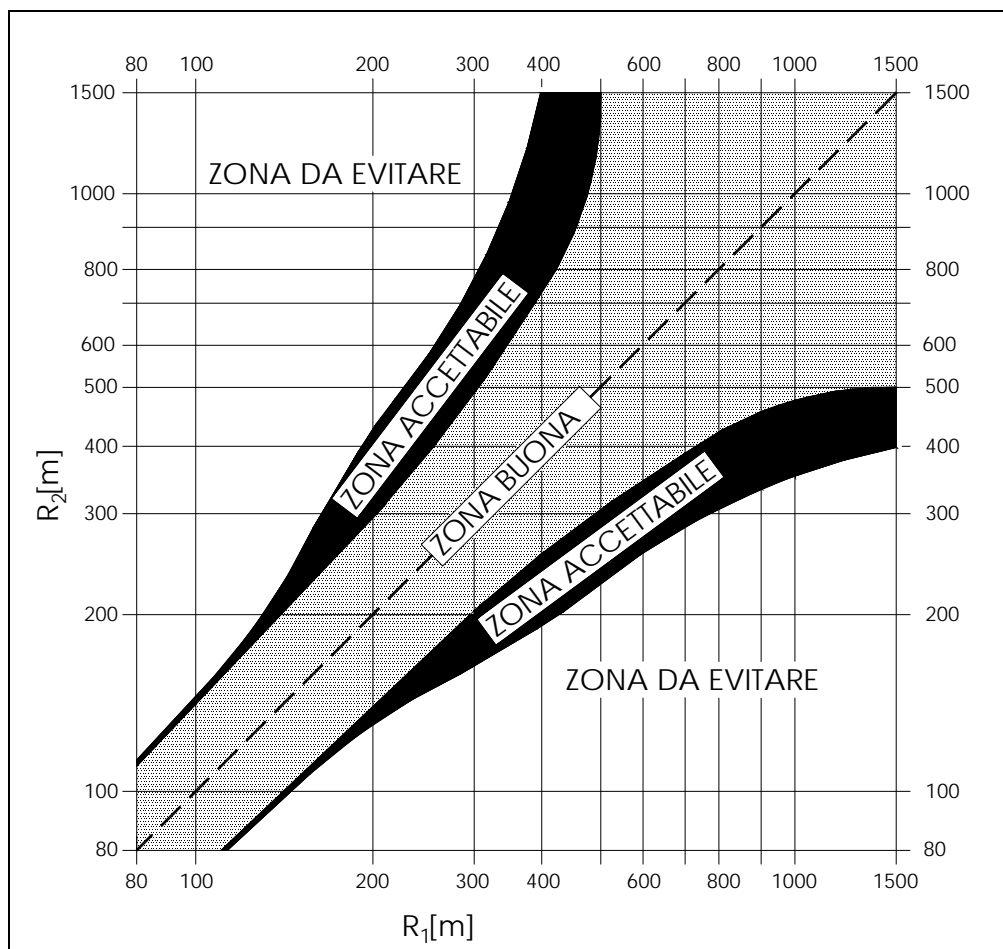


Figura 5 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(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 contraccollo)

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

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

dove:

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

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

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

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

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

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

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

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

dove:

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

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata la relazione :

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

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

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto A_E/A_U delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A_1/A_2 tra due clotoidi in un flessò asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

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

5.2.3 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. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1.10$ m.

(k) Raccordi verticali concavi

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

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

- se invece $D > L$

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

dove:

R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]

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

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 $\vartheta = 1^\circ$.

5.2.4 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 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_i Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

Tabella 3 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

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:

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

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/s²]

Ra = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [kg]

f_i = 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:

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

Negli elaborati grafici allegati al progetto è riportata anche la verifica della **distanza di visuale libera per la manovra di cambiamento di corsia**, calcolata soltanto per le diversioni in corrispondenza degli svincoli considerando il punto di vista (occhio del guidatore) collocato al centro della corsia di sorpasso e ad un'altezza pari ad 1.10 m. rispetto al piano viabile; il punto di mira (limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente) è stato trasversalmente collocato in corrispondenza del margine destro della corsia di marcia ed un'altezza dal piano viabile di 0.10 m. La verifica è stata fatta soltanto nei punti critici dei tratti in svincolo, ovvero prima delle corsie di uscita parallele, dove gli automobilisti possono operare la manovra di cambio di corsia, per poi immettersi tranquillamente nella corsia specializzata all'uscita. La visibilità effettiva per il cambio di corsia sarà confrontata come prescritto dal DM 05/11/2001 nel paragrafo 5.1.4 confrontandola con lo spazio necessario per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia.

$$D_c = 9.5 * v$$

Con v in [m/s] desunta dal diagramma delle velocità.

5.2.5 ASSE AUTOSTRADALE

L'asse di tracciamento stradale è fissato in corrispondenza dell'asse centrale della piattaforma stradale. E' su questo asse che sono applicate tutte le regole imposte dalla normativa relative al tracciamento planimetrico ed altimetrico.

La rotazione delle sagome avviene intorno a due "fulcri" (uno per carreggiata) ubicati al bordo di ciascuna carreggiata (distanza di 0.80 metri dall'asse di tracciamento).

Andamento plano-altimetrico di progetto

Nella successiva

Tabella 4 vengono riportati i dati planimetrici dell'asse autostradale di progetto.

	Tipo Elemento	Prog Iniz	Prog Finale	Lungh. (m)	V. Max (km/h)	Raggio (m)	A
1	Rettifilo	0+000.00	0+393.91	393.914	140		
2	Clotoide	0+393.91	0+531.25	137.333	140		412

	Tipo Elemento	Prog Iniz	Prog Finale	Lungh. (m)	V. Max (km/h)	Raggio (m)	A
3	Circonferenza	0+531.25	1+049.70	518.457	140	-1236	
4	Clotoide	1+049.70	1+187.04	137.333	140		412
5	Clotoide	1+187.04	1+394.04	207.005	140		412
6	Circonferenza	1+394.04	1+723.15	329.105	137.63	820	
7	Clotoide	1+723.15	1+930.15	207.005	140		412
8	Clotoide	1+930.15	2+067.49	137.333	140		412
9	Circonferenza	2+067.49	2+491.03	423.548	140	-1236	
10	Clotoide	2+491.03	2+628.37	137.333	140		412
11	Rettifilo	2+628.37	2+881.85	253.487	140		
12	Clotoide	2+881.85	3+019.19	137.333	140		412
13	Circonferenza	3+019.19	3+130.29	111.103	140	-1236	
14	Clotoide	3+130.29	3+267.62	137.333	140		412
15	Clotoide	3+267.62	3+474.63	207.005	140		412
16	Circonferenza	3+474.63	3+665.50	190.872	131	820	
17	Clotoide	3+665.50	3+872.50	207.005	140		412
18	Clotoide	3+872.50	4+009.84	137.333	140		412
19	Circonferenza	4+009.84	4+138.30	128.463	140	-1236	
20	Clotoide	4+138.30	4+275.63	137.334	140		412
21	Rettifilo	4+275.63	7+628.06	3352.43	140		
22	Circonferenza	7+628.06	7+914.87	286.81	140	10250	
23	Circonferenza	7+914.87	8+756.83	841.955	140	-30500	
24	Rettifilo	8+756.83	12+399.49	3642.662	140		
25	Clotoide	12+399.49	12+536.82	137.333	140		412
26	Circonferenza	12+536.82	12+888.30	351.473	140	1236	
27	Clotoide	12+888.30	13+025.63	137.334	140		412
28	Clotoide	13+025.63	13+232.64	207.004	140		412
29	Circonferenza	13+232.64	13+335.73	103.093	131	-820	
30	Clotoide	13+335.73	13+542.73	207.005	140		412
31	Clotoide	13+542.73	13+692.77	150.04	131.04		305
32	Circonferenza	13+692.77	14+026.23	333.461	116	620	
33	Clotoide	14+026.23	14+176.27	150.04	128.15		305

	Tipo Elemento	Prog Iniz	Prog Finale	Lungh. (m)	V. Max (km/h)	Raggio (m)	A
34	Clotoide	14+176.27	14+383.28	207.005	137.76		412
35	Circonferenza	14+383.28	14+430.17	46.886	131	-820	

Tabella 4 – Riepilogo caratteristiche planimetriche

Nella figura n.8 è riportato l'andamento del diagramma delle velocità.

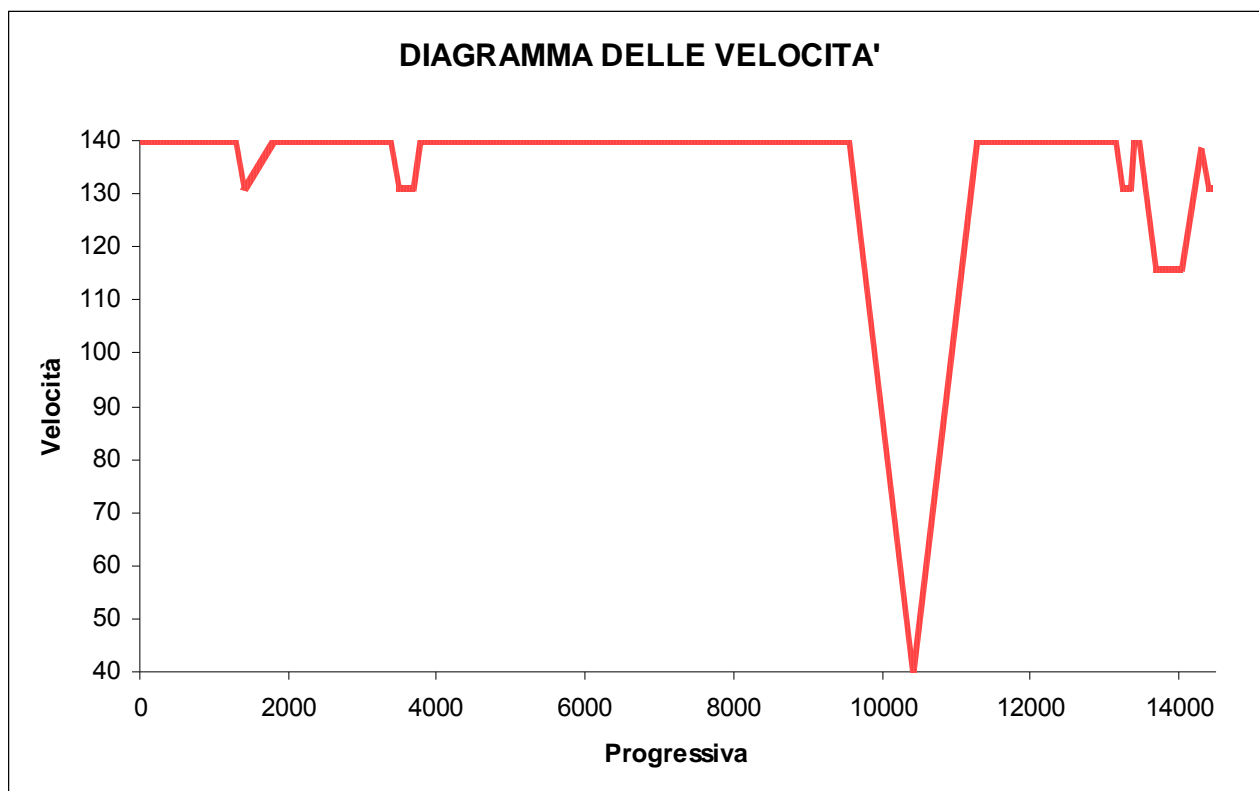


Figura 8 - Diagramma delle velocità

In Tabella 5 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse stradale. In colonna (1) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato, se raccordo verticale convesso (Sacca) oppure raccordo verticale concavo (Dosso).

In colonna (4) è indicato il valore del raggio verticale, nelle colonne (5) e (6) la pendenza iniziale e finale di ogni livelletta. Infine, in colonna (7) il valore medio della pendenza longitudinale.

Tipo Racc. (1)	Prog In (2)	Prog Fin (3)	Raggio (m) (4)	Pin (%) (5)	Pfin (%) (6)	Pm (%) (7)
Concavo	0+705.77	0+954.79	10000	-0.12	2.37	1.125
Convesso	0+954.79	1+601.93	15000	2.37	-1.94	0.215

Tipo Racc. (1)	Prog In (2)	Prog Fin (3)	Raggio (m) (4)	Pin (%) (5)	Pfin (%) (6)	Pm (%) (7)
Concavo	1+601.93	1+754.53	8000	-1.94	-0.03	-0.985
Convesso	2+553.46	2+656.44	15000	-0.03	-0.72	-0.375
Concavo	3+052.75	3+341.49	16000	-0.72	1.08	0.18
Convesso	3+341.49	3+827.69	40000	1.08	-0.13	0.475
Convesso	3+981.24	4+143.89	12000	-0.13	-1.49	-0.81
Concavo	4+143.89	4+309.63	8000	-1.49	0.58	-0.455
Convesso	4+309.63	4+595.36	60000	0.58	0.11	0.345
Concavo	5+161.47	5+263.07	20000	0.11	0.62	0.365
Convesso	5+263.07	5+563.74	18000	0.62	-1.05	-0.215
Concavo	5+563.74	6+353.85	68000	-1.05	0.11	-0.47
Convesso	6+662.81	7+056.53	50000	0.11	-0.68	-0.285
Concavo	7+056.53	7+444.06	25000	-0.68	0.87	0.095
Convesso	7+444.06	7+574.65	15000	0.87	0	0.435
Convesso	7+644.93	7+801.81	15000	0	-1.05	-0.525
Concavo	7+801.81	8+092.33	15000	-1.05	0.89	-0.08
Convesso	8+092.33	8+377.12	35000	0.89	0.08	0.485
Concavo	8+664.56	8+786.66	12000	0.08	1.09	0.585
Convesso	9+076.02	9+201.96	15000	1.09	0.26	0.675
Concavo	9+944.59	10+067.04	7500	0.26	1.89	1.075
Convesso	10+067.04	10+349.60	9000	1.89	-1.25	0.32
Concavo	10+349.60	10+400.63	2000	-1.25	1.3	0.025
Convesso	10+409.92	10+409.94	1	1.3	-1.3	0
Convesso	10+456.74	10+526.68	2500	-1.3	-4.1	-2.7
Concavo	10+526.68	10+630.86	2750	-4.1	-0.31	-2.205
Concavo	10+630.86	10+892.80	7000	-0.31	3.43	1.56
Convesso	10+892.80	11+098.85	9000	3.43	1.14	2.285
Convesso	11+348.39	11+659.06	8500	1.14	-2.51	-0.685
Concavo	11+726.86	12+022.97	5500	-2.51	2.87	0.18
Convesso	12+022.97	12+405.07	10000	2.87	-0.95	0.96
Concavo	12+405.07	12+691.67	10000	-0.95	1.92	0.485
Convesso	12+691.67	13+222.81	12870	1.92	-2.21	-0.145
Concavo	13+222.81	13+685.22	12000	-2.21	1.64	-0.285
Convesso	13+685.22	14+205.38	25000	1.64	-0.44	0.6

Tabella 5 – Riepilogo caratteristiche altimetriche

5.2.6 Analisi del progetto con riferimento al DM del 05.11.2001

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

Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

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

In *Tabella 6* vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche planimetriche rispettivamente per la carreggiata Sud e per la carreggiata Nord. Viene riportato il tipo di elemento planimetrico considerato e in funzione della velocità massima di progetto, desunta dal diagramma delle velocità, si registrano i valori dei parametri minimi da utilizzare per le curve di transizione.

È possibile notare come tutti gli elementi planimetrici rispettano le indicazioni normative.

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio (m)	V max (km/h)	Lungh. (m)	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Rettifilo	0+000.00	0+393.91		140	393.914				
Clotoide	0+393.91	0+531.25		140	137.333	412	412	352.244	266.718
Circonferenza	0+531.25	1+049.70	-1236	140	518.457				
Clotoide	1+049.70	1+187.04		140	137.333	412	412	310.757	225.723
Clotoide	1+187.04	1+394.04		140	207.005	412	273.3	339.966	190.666
Circonferenza	1+394.04	1+723.15	820	137.63	329.105				
Clotoide	1+723.15	1+930.15		140	207.005	412	273.3	339.966	190.666
Clotoide	1+930.15	2+067.49		140	137.333	412	412	310.757	225.723
Circonferenza	2+067.49	2+491.03	-1236	140	423.548				
Clotoide	2+491.03	2+628.37		140	137.333	412	412	348.506	270.299
Rettifilo	2+628.37	2+881.85		140	253.487				
Clotoide	2+881.85	3+019.19		140	137.333	412	412	352.244	266.718
Circonferenza	3+019.19	3+130.29	-1236	140	111.103				
Clotoide	3+130.29	3+267.62		140	137.333	412	412	310.757	225.723
Clotoide	3+267.62	3+474.63		140	207.005	412	273.3	338.686	192.331
Circonferenza	3+474.63	3+665.50	820	131	190.872				
Clotoide	3+665.50	3+872.50		140	207.005	412	273.3	338.686	192.331
Clotoide	3+872.50	4+009.84		140	137.333	412	412	310.757	225.723
Circonferenza	4+009.84	4+138.30	-1236	140	128.463				
Clotoide	4+138.30	4+275.63		140	137.334	412	412	352.244	266.718
Rettifilo	4+275.63	7+628.06		140	3352.43				
Circonferenza	7+628.06	7+914.87	10250	140	286.81				
Circonferenza	7+914.87	8+756.83	-30500	140	841.955				
Rettifilo	8+756.83	12+399.49		140	3642.662				
Clotoide	12+399.49	12+536.82		140	137.333	412	412	350.38	268.514

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio (m)	V max (km/h)	Lungh. (m)	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Circonferenza	12+536.82	12+888.30	1236	140	351.473				
Clotoide	12+888.30	13+025.63		140	137.334	412	412	308.643	227.842
Clotoide	13+025.63	13+232.64		140	207.004	412	273.3	341.242	188.986
Circonferenza	13+232.64	13+335.73	-820	131	103.093				
Clotoide	13+335.73	13+542.73		140	207.005	412	273.3	341.242	188.986
Clotoide	13+542.73	13+692.77		131.04	150.04	305	206.7	308.969	156.12
Circonferenza	13+692.77	14+026.23	620	116	333.461				
Clotoide	14+026.23	14+176.27		128.15	150.04	305	206.7	293.371	154.389
Clotoide	14+176.27	14+383.28		137.76	207.005	412	273.3	326.936	189.134
Circonferenza	14+383.28	14+430.17	-820	131	46.886				

Tabella 9 – Verifiche planimetriche

5.2.7 Andamento altimetrico

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

In tabella 10 sono riportati i risultati attinenti l'andamento altimetrico dell'asse autostradale: in particolare nelle colonne (9) e (10) sono riportati i valori minimi dei raccordi verticali in funzione della verifica della distanza di visibilità per l'arresto, effettuata con riferimento al caso di pavimentazione asciutta e limitazione della velocità di progetto a 140 km/h. Dalla verifica risulta che i valori di progetto dei raggi sono sempre superiori a quelli minimi indicati dalla norma di riferimento.

Dall'osservazione dei risultati riportati nelle tabelle si evidenzia che per alcuni raccordi, in relazione ai bassi valori della differenza di pendenza fra le due livellette (Δi), la formula di calcolo non fornisce risultati per il calcolo di R_v min. I valori adottati in progetto per i raccordi verticali sono pertanto da ritenersi adeguati.

Tipo Racc. (1)	P. In (2)	P. Fin (3)	P media (4)	Raggio (5)	Prog In (6)	Prog Fin (7)	V max (8)	R ottico (9)	R din (10)
Concavo	-0.12	2.37	1.125	10000	0+705.77	0+954.79	120	2533	
Convesso	2.37	-1.94	0.215	15000	0+954.79	1+601.93	120	8210	
Concavo	-1.94	-0.03	-0.985	8000	1+601.93	1+754.53	120	Qualsiasi	1852
Convesso	-0.03	-0.72	-0.375	15000	2+553.46	2+656.44	120	Qualsiasi	1852
Concavo	-0.72	1.08	0.18	16000	3+052.75	3+341.49	120	Qualsiasi	1852
Convesso	1.08	-0.13	0.475	40000	3+341.49	3+827.69	120	3346	
Convesso	-0.13	-1.49	-0.81	12000	3+981.24	4+143.89	120	5984	
Concavo	-1.49	0.58	-0.455	8000	4+143.89	4+309.63	120	345	1852
Convesso	0.58	0.11	0.345	60000	4+309.63	4+595.36	120	Qualsiasi	1852
Concavo	0.11	0.62	0.365	20000	5+161.47	5+263.07	120	Qualsiasi	1852
Convesso	0.62	-1.05	-0.215	18000	5+263.07	5+563.74	120	7724	

Tipo Racc. (1)	P. In (2)	P. Fin (3)	P media (4)	Raggio (5)	Prog In (6)	Prog Fin (7)	V max (8)	R ottico (9)	R din (10)
Concavo	-1.05	0.11	-0.47	68000	5+563.74	6+353.85	120	Qualsiasi	1852
Convesso	0.11	-0.68	-0.285	50000	6+662.81	7+056.53	120	Qualsiasi	1852
Concavo	-0.68	0.87	0.095	25000	7+056.53	7+444.06	120	Qualsiasi	1852
Convesso	0.87	0	0.435	15000	7+444.06	7+574.65	120	Qualsiasi	1852
Convesso	0	-1.05	-0.525	15000	7+644.93	7+801.81	120	Qualsiasi	1852
Concavo	-1.05	0.89	-0.08	15000	7+801.81	8+092.33	120	Qualsiasi	1852
Convesso	0.89	0.08	0.485	35000	8+092.33	8+377.12	120	Qualsiasi	1852
Concavo	0.08	1.09	0.585	12000	8+664.56	8+786.66	120	Qualsiasi	1852
Convesso	1.09	0.26	0.675	15000	9+076.02	9+201.96	120	Qualsiasi	1852
Concavo	0.26	1.89	1.075	7500	9+944.59	10+067.04	100,19	Qualsiasi	1291
Convesso	1.89	-1.25	0.32	9000	10+067.04	10+349.60	84,32	2564	
Concavo	-1.25	1.3	0.025	2000	10+349.60	10+400.63	47,7	Qualsiasi	293
Convesso	1.3	-1.3	0	1	10+409.92	10+409.94	40	Qualsiasi	
Convesso	-1.3	-4.1	-2.7	2500	10+456.74	10+526.68	54,99	Qualsiasi	389
Concavo	-4.1	-0.31	-2.205	2750	10+526.68	10+630.86	68,49	1446	
Concavo	-0.31	3.43	1.56	7000	10+630.86	10+892.80	102,44	3063	
Convesso	3.43	1.14	2.285	9000	10+892.80	11+098.85	120	7726	
Convesso	1.14	-2.51	-0.685	8500	11+348.39	11+659.06	120	8440	
Concavo	-2.51	2.87	0.18	5500	11+726.86	12+022.97	120	4309	
Convesso	2.87	-0.95	0.96	10000	12+022.97	12+405.07	120	8029	
Concavo	-0.95	1.92	0.485	10000	12+405.07	12+691.67	120	3544	
Convesso	1.92	-2.21	-0.145	12870	12+691.67	13+222.81	120	8301	
Concavo	-2.21	1.64	-0.285	12000	13+222.81	13+685.22	120	4331	
Convesso	1.64	-0.44	0.6	25000	13+685.22	14+205.38	120	8108	

Tabella 10 – Verifiche raccordi altimetrici

5.2.8 Verifiche di visibilità

In termini di visibilità plano-altimetrica, in virtù degli allargamenti previsti in progetto, la distanza di visibilità per l'arresto, calcolata a 120 km/h su pavimentazione bagnata, è garantita lungo tutto il tracciato di progetto.

Nella seguente tabella 11 vengono riportati i risultati emersi dall'analisi di visibilità, in termini di allargamenti necessari, e dei quali è prevista nel progetto la realizzazione, al fine di garantire una distanza di visuale libera compatibile con la distanza necessaria per l'arresto calcolata a 120 km/h che risulta essere la condizione maggiormente vincolante (tra le due condizioni descritte al paragrafo 5.2.4 del DM). Le verifiche sono state effettuate tenendo conto del diagramma delle velocità, e dell'effettiva visibilità del conducente alla guida del veicolo: essa è stata calcolata considerando il punto di vista (occhio del guidatore) collocato al centro della corsia e ad un'altezza pari ad 1.10 m. rispetto al piano viabile, mentre il punto di mira (limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente) è stato trasversalmente collocato in

corrispondenza del margine destro (in cui si materializza l'ostacolo costituito dalla barriera di sicurezza) ed un'altezza dal piano viabile di 0.10 m.

Come prescritto dal DM 2001 se l'allargamento risulta di entità minore di 0.20m allora la corsia conserva la larghezza del rettilineo (cfr 5.2.7); inoltre l'allargamento complessivo della carreggiata è stato riportato tutto sul lato interno della curva mentre le banchine e le corsie di emergenza conservano la larghezza che hanno in rettilineo. La distanza di visibilità per il cambio di corsia è stata omessa in quanto lo svincolo di Capalbio si colloca nel tratto in rettilineo e sostanzialmente in piano, presupposti che rendono sicuramente verificata la visibilità.

Per una analisi di dettaglio si rimanda agli elaborati specifici "Diagrammi delle velocità e delle visuali libere"

CARR. SUD					
Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Allargamento	Margine
Clotoide	0+393.91	0+531.25		var	int
Circonferenza	0+531.25	1+049.70	-1236	0.55	int
Clotoide	1+049.70	1+187.04		var	int
Clotoide	1+187.04	1+394.04			
Circonferenza	1+394.04	1+723.15	820		
Clotoide	1+723.15	1+930.15			
Clotoide	1+930.15	2+067.49		var	int
Circonferenza	2+067.49	2+491.03	-1236	0.55	int
Clotoide	2+491.03	2+628.37		var	int
Clotoide	2+881.85	3+019.19		var	int
Circonferenza	3+019.19	3+130.29	-1236	0.55	int
Clotoide	3+130.29	3+267.62		var	int
Clotoide	3+267.62	3+474.63			
Circonferenza	3+474.63	3+665.50	820		
Clotoide	3+665.50	3+872.50			
Clotoide	3+872.50	4+009.84		var	int
Circonferenza	4+009.84	4+138.30	-1236	0.69	int
Clotoide	4+138.30	4+275.63		var	int
Circonferenza	7+628.06	7+914.87	10250		
Circonferenza	7+914.87	8+756.83	-30500		
Clotoide	12+399.49	12+536.82			
Circonferenza	12+536.82	12+888.30	1236		
Clotoide	12+888.30	13+025.63			
Clotoide	13+025.63	13+232.64		var	int
Circonferenza	13+232.64	13+335.73	-820	2.08	int
Clotoide	13+335.73	13+542.73		var	int
Clotoide	13+542.73	13+692.77		var	ext
Circonferenza	13+692.77	14+026.23	620	0.55	ext
Clotoide	14+026.23	14+176.27		var	ext
Clotoide	14+176.27	14+383.28		var	int
Circonferenza	14+383.28	14+430.17	-820	1.8	int

CARR. NORD					
Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Allargamento	Margine
Clotoide	0+393.91	0+531.25			
Circonferenza	0+531.25	1+049.70	-1236		
Clotoide	1+049.70	1+187.04			
Clotoide	1+187.04	1+394.04		var	int
Circonferenza	1+394.04	1+723.15	820	1.88	int
Clotoide	1+723.15	1+930.15		var	int
Clotoide	1+930.15	2+067.49			
Circonferenza	2+067.49	2+491.03	-1236		
Clotoide	2+491.03	2+628.37			
Clotoide	2+881.85	3+019.19			
Circonferenza	3+019.19	3+130.29	-1236		
Clotoide	3+130.29	3+267.62			
Clotoide	3+267.62	3+474.63		var	int
Circonferenza	3+474.63	3+665.50	820	1.54	int
Clotoide	3+665.50	3+872.50		var	int
Clotoide	3+872.50	4+009.84			
Circonferenza	4+009.84	4+138.30	-1236		
Clotoide	4+138.30	4+275.63			
Circonferenza	7+628.06	7+914.87	10250		
Circonferenza	7+914.87	8+756.83	-30500		
Clotoide	12+399.49	12+536.82		var	int
Circonferenza	12+536.82	12+888.30	1236	0.35	int
Clotoide	12+888.30	13+025.63		var	int
Clotoide	13+025.63	13+232.64			
Circonferenza	13+232.64	13+335.73	-820		
Clotoide	13+335.73	13+542.73			
Clotoide	13+542.73	13+692.77		var	int
Circonferenza	13+692.77	14+026.23	620	2.9	int
Clotoide	14+026.23	14+176.27		var	int
Clotoide	14+176.27	14+383.28			
Circonferenza	14+383.28	14+430.17	-820		

Tabella 7 - Allargamenti di piattaforma previsti in progetto

5.3 SVINCOLI ED AREE DI SERVIZIO

5.3.1 Criteri progettuali

La normativa utilizzata per l'adeguamento ed il dimensionamento delle intersezioni, richiamate al paragrafo precedente 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.

La progettazione delle intersezioni è stata condotta con particolare riferimento ai seguenti aspetti della progettazione stradale:

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

5.3.2 Geometria degli elementi modulari delle rampe

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, secondo quanto previsto esplicitamente nella norma in oggetto e facendo anche riferimento ai rimandi che questa fa al D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", la progettazione ha, nell'ambito in cui si è intervenuti a modificare le geometrie esistenti, garantito il rispetto dei parametri minimi dei seguenti elementi piano altimetrici:

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

(f) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari garantiscono raggi superiori al raggio minimo previsto dal DM 19/04/2006 che risulta funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto (vedi tabella 14).

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

Tabella 8 – 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, il progetto delle rampe rispetta i seguenti criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 relativi agli assi stradali:

Criterio 1 (Limitazione del contraccollo)

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

Critério 3 (Ottico)

Oltre ai criteri precedentemente descritti sono stati verificati il rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare ed il rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001.

In particolare per il dimensionamento della prima ed ultima clotoide impiegate all'interno delle corsie specializzate (rispettivamente in diversione ed immissione) la velocità di progetto dell'elemento è stata determinata sulla base del criterio cinematico imposto dalle due manovre. Pertanto in decelerazione la V_p della clotoide è pari a quella della curva circolare, mentre in accelerazione la V_p della clotoide è stata ottenuta imponendo un'accelerazione pari a 1m/s^2 .

(c) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 19/04/2006, è funzione della velocità di progetto come riportato in tabella 15.

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

Tabella 9 – Pendenze massime delle rampe

(d) Raccordi verticali concavi e convessi minimi

L'inserimento dei raccordi verticali minimi concavi e convessi garantisce i valori minimi riportati in tabella 16 e, in ogni caso, assicura la distanza di arresto calcolata con riferimento alla velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità utilizzando gli stessi criteri previsti dal DM 5/11/2001 per gli assi stradali.

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggi minimi verticali convessi	(m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi	(m)	250	500	750	1000	1400	2000

Tabella 10 – Valori minimi dei raccordi concavi e convessi

I valori dei raggi verticali minimi adottati indicati dal D.M. 19.04.2006 sono quelli associati al valore minimo dell'intervallo di velocità di progetto dell'intersezione presa in esame (vedi par. 4.7.2).

5.3.3 Sezioni tipo delle rampe e delle corsie specializzate

Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari delle rampe di progetto di nuova realizzazione si rimanda alle sezioni tipo contenute nell'elaborato di progetto STD 106.

Tali sezioni tipologiche di progetto rappresentano la sintesi delle indicazioni contenute nella Tabella 9 del paragrafo 4.7.3 del D.M. 19/04/2006 che, relativamente al caso di strade extraurbane, fornisce le indicazioni riportate nella seguente tabella:

Strade extraurbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di uscita e di immissione	A	3.75	2.50	-
	B	3.75	1.75	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50		
	B	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50		
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3.50	1.00	-
	B	1 corsia: 3.50	1.00	-

Tabella 5-11 – Larghezze degli elementi modulari

Rispetto a quanto riportato dalla tabella relativamente alle larghezze minime da impiegare per le rampe bidirezionali di nuova realizzazione (corsie da 3.50m) il progetto ha previsto in questo caso corsie da 3.75m (vedi elaborato allegato). Tale scelta progettuale scaturisce dalla necessità di limitare il più possibile la variazione di larghezza della corsia della rampa nel tratto di passaggio da monodirezionale con larghezza pari a 4.00m a bidirezionale.

Le rampe monodirezionali presentano una larghezza di piattaforma di 6,50 m, con una corsia di marcia da 4.00m e banchina in destra da 1,50m e in sinistra da 1,00.

5.3.4 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).

Corsie di immissione (o di entrata)

Con riferimento allo schema di Figura 6 la lunghezza del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ è calcolata mediante la seguente espressione:

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

dove:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) è la velocità all'inizio del tratto di accelerazione (per v_1 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- v_2 (m/s) è la velocità alla fine del tratto di accelerazione, pari a $0,80 \cdot v_p$ (velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, desunta dal diagramma di velocità)
- a (m/s²) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a 1 m/s^2 .

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

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

In questa fase di studio non disponendo dei dati di traffico necessari al calcolo funzionale della zona di immissione, la lunghezza della complessiva della corsia specializzata è stato determinata come quella risultante dal dimensionamento geometrico – cinematico, ottenuta sommando al tratto di accelerazione $L_{a,e}$, calcolato con i parametri sopra citati, il tratto di raccordo $L_{v,e}$.

Per le successive fasi di progettazione, il progetto delle corsie di immissione dovrà prevedere, la verifica funzionale dell'intera "zona di immissione" seguendo il metodo indicato dall'Highway Capacity Manual (HCM 2000). In particolare, la verifica accerterà che la lunghezza della zona di immissione, come risultante dal predimensionamento geometrico-cinematico (e cioè pari alla lunghezza complessiva della porzione parallela del tratto di accelerazione, a meno dei primi 30 metri, e del tratto di raccordo), fornisca un livello di servizio risulti non inferiore a LdS B (come indicato al capitolo 5 del D.M. 19.04.2006). Diversamente la lunghezza dovrà essere maggiorata fino al raggiungimento di un LdS adeguato.

Per la definizione dei livelli di traffico si farà riferimento allo scenario progettuale di lungo periodo.



Figura 6: – Schema planimetrico corsia di immissione

5.3.5 Analisi funzionale delle corsie specializzate di immissione

Le zone di immissione sono state verificate funzionalmente tramite la procedura proposta dall'Highway Capacity Manual (HCM) ed. 2000. I livelli di servizio per le nuove strade sono definiti dal DM 05.11.2001 e dal DM 19.04.2006; per la progettazione di una nuova opera, gli adeguamenti o i potenziamenti la suddetta normativa è di riferimento. Il caso oggetto di intervento, relativo al Lotto 5a: Ansedonia – Pescia Romana sulla A12 Livorno - Civitavecchia, si configura come la progettazione per la costruzione di una nuova opera.

I risultati ottenuti dalle verifiche funzionali per gli scenari feriale invernale e sabato estivo dell'anno 2016, sintetizzati nella tabella seguente, hanno dato esito positivo garantendo il LOS del tratto stradale a monte.

ZONA DI IMMISSIONE	SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO OdP giorno Feriale di Ottobre	LOS minimo tratta a monte	LOS area influenza immissione	Risultato verifica
Capalbio	Direzione Sud	A	A	OK
Capalbio	Direzione Nord	A	A	OK

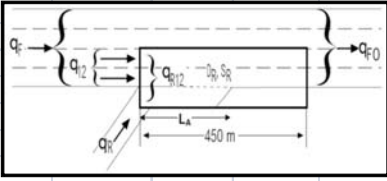
Tabella 12 Livelli di servizio zone di immissione scenario 2016 Feriale Ottobre Lotto 5a

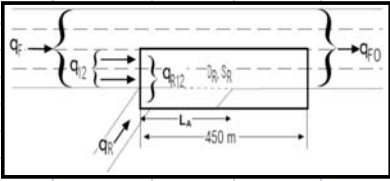
ZONA DI IMMISSIONE	SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO OdP giorno Sabato Estivo	LOS minimo tratta a monte	LOS area influenza immissione	Risultato verifica
Capalbio	Direzione Sud	A	A	OK
Capalbio	Direzione Nord	A	B	OK

Tabella 2 Livelli di servizio zone di immissione scenario 2016 Sabato Estivo Lotto 5a

Il dettaglio dell'analisi funzionale condotta è riportato nelle seguenti figure.

Scenario 2016 Feriale Invernale.

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA			
Oggetto	Svincolo Capalbio		
INFORMAZIONI GENERALI			
AUTOSTRADA	A12		
DIREZIONE	Nord		
NOTE	Scenario di progetto anno 2016 inverno		
			
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	2	
Larghezza corsia di accelerazione	Largh.	3,75	m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3	m
Pendenza massima raggiunta		0	%
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		0,2	
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		5,0	km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana	C _{FO}	4700
Flusso totale a valle dell'immissione		Q _{FO}	411
FREEWAY DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F	336	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}	255	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}	81	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	24%	
Free Flow Speed Freeway a monte dell'immissione	FFS	113	Km/h
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE			
Tasso di flusso orario	q _F	377	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F	188	Veq/h
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q ₁₂	377	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}	455	Veq/h
VELOCITA' MEDIA ORARIA			
Velocità media oraria	S	113	Km/h
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F	2200	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F	4400	Veq/h
Condizione c _F > q _F		OK	
Densità	D	2	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	A	
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP			
CORSIA DI IMMISSIONE DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Numero corsie	N	1	
Larghezza corsia di accelerazione	Largh.	3,75	m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	L _A	100	m
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	75	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}	68	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}	7	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	9%	
ON RAMP TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in rampa	q _R	79	Veq/h
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}	455	Veq/h
Capacità area di influenza	C _{R12}	4600	Veq/h
CALCOLO LOS AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: c _{FO} > q _{FO}		OK	
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}		OK	
Densità area di influenza	D _R	4,289	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	A	
LOS freeway a monte	LOS	A	
#RIF!	LOS	A	

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE				FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA	
Oggetto	Svincolo Capalbio				
INFORMAZIONI GENERALI					
AUTOSTRADA	A12				
DIREZIONE	Sud				
NOTE	Scenario di progetto anno 2016 inverno				
					
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				2
Larghezza corsia di accelerazione	Largh.				3,75 m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}				3 m
Pendenza massima raggiunta					0 %
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					0,2
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte					5,0 km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana	C _{FO}		4700	Veq/h/corsia
Flusso totale a valle dell'immissione	Q _{FO}		379		Veq/h
FREEWAY DATI DI TRAFFICO					
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F		321	veicoli/ora	
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}		228	veic legg/ora	
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}		93	veic pes/ora	
Percentuale veicoli pesanti	P _T		29%		
Free Flow Speed Freeway a monte dell'immissione	FFS		113	Km/h	
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE					
Tasso di flusso orario	q _F		368	Veq/h	
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F		184	Veq/h	
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q ₁₂		368	Veq/h	
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}		427	Veq/h	
VELOCITA' MEDIA ORARIA					
Velocità media oraria	S		113	Km/h	
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE					
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F		2200	Veq/h/corsia	
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F		4400	Veq/h	
Condizione C _F > q _F			OK		
Densità	D		2	Veq/km/corsia	
LOS freeway a monte	LOS		A		
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP					
CORSIA DI IMMISSIONE DATI GEOMETRICI e CAPACITA'					
Numero corsie	N				1
Larghezza corsia di accelerazione	Largh.				3,75 m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	L _A				100 m
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		58	veicoli/ora	
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}		55	veic legg/ora	
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}		3	veic pes/ora	
Percentuale veicoli pesanti	P _T		5%		
ON RAMP TASSO DI FLUSSO					
Tasso di flusso orario in rampa	q _R		60	Veq/h	
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO					
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}		427	Veq/h	
Capacità area di influenza	C _{R12}		4600	Veq/h	
CALCOLO LOS AREA DI INFLUENZA					
condizione 1: C _{FO} > q _{FO}			OK		
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}			OK		
Densità area di influenza	D _R		4,159	Veq/km*c	
LOS Area di influenza	LOS		A		
LOS freeway a monte	LOS		A		
#RIF!	LOS		A		

Scenario 2016 Sabato Estivo

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE		FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA	
Oggetto	Svincolo Capalbio		
INFORMAZIONI GENERALI			
AUTOSTRADA	A12		
DIREZIONE	Nord		
NOTE	Scenario di progetto anno 2016 estate		
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	2
Larghezza corsia di accelerazione		Largh.	3,75 m
Distanza dallo spartitraffico centrale		D _{spartitr}	3 m
Pendenza massima raggiunta			0 %
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			0,2
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte			5,0 km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana	C _{FO}	4700 Veq/h/corsia
Flusso totale a valle dell'immissione		Q _{FO}	1689 Veq/h
FREEWAY DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte		Q _F	1456 veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte		Q _{F LEG}	1337 veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte		Q _{F TRUCK}	119 veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti		P _T	8%
Free Flow Speed Freeway a monte dell'immissione		FFS	113 Km/h
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE			
Tasso di flusso orario		q _F	1516 Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia		q _F	758 Veq/h
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie		q ₁₂	1516 Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione		q _{FO}	1767 Veq/h
VELOCITA' MEDIA ORARIA			
Velocità media oraria		S	113 Km/h
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia		C _F	2200 Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale		C _F	4400 Veq/h
Condizione C _F > Q _F			OK
Densità		D	7 Veq/km/corsia
LOS freeway a monte		LOS	A
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP			
CORSIA DI IMMISSIONE DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Numero corsie		N	1
Larghezza corsia di accelerazione		Largh.	3,75 m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)		L _A	100 m
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	233 veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri		Q _{R LEG}	196 veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti		Q _{R TRUCK}	37 veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti		P _T	16%
ON RAMP TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in rampa		q _R	252 Veq/h
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione		q _{R12}	1767 Veq/h
Capacità area di influenza		C _{R12}	4600 Veq/h
CALCOLO LOS AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: C _{FO} > q _{FO}			OK
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}			OK
Densità area di influenza		D _R	10,545 Veq/km*c
LOS Area di influenza		LOS	B
LOS freeway a monte		LOS	A
#RIF!		LOS	B

HCM 2000 CALCOLO LEVEL OF SERVICE FREEWAY MERGE INFLUENCE AREA			
Oggetto	Svincolo Capalbio		
INFORMAZIONI GENERALI			
AUTOSTRADA	A12		
DIREZIONE	Sud		
NOTE	Scenario di progetto anno 2016 estate		
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	2	
Larghezza corsia di accelerazione	Largh.	3,75	m
Distanza dallo spartitraffico centrale	D _{spartitr}	3	m
Pendenza massima raggiunta		0	%
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		0,2	
Distanza media svincoli 5 km a valle e 5 km a monte		5,0	km
Capacità freeway a valle dell'immissione	Extraurbana C _{FO}	4700	Veq/h/corsia
Flusso totale a valle dell'immissione	Q _{FO}	624	Veq/h
FREEWAY DATI DI TRAFFICO			
Flusso orario di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _F	576	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F LEG}	492	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti di progetto/rilevato/simulato a monte	Q _{F TRUCK}	84	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	15%	
Free Flow Speed Freeway a monte dell'immissione	FFS	113	Km/h
FREEWAY TASSO DI FLUSSO SULLE PRIME DUE CORSIE			
Tasso di flusso orario	q _F	618	Veq/h
Tasso di flusso orario a monte per corsia	q _F	309	Veq/h
Tasso di flusso orario sulle prime due corsie	q ₁₂	618	Veq/h
Tasso di flusso orario dopo l'area di immissione	q _{FO}	667	Veq/h
VELOCITA' MEDIA ORARIA			
Velocità media oraria	S	113	Km/h
CALCOLO LIVELLO DI SERVIZIO FREEWAY A MONTE			
Capacità Basic Freeway Segment per corsia	C _F	2200	Veq/h/corsia
Capacità Basic Freeway Segment totale	C _F	4400	Veq/h
Condizione c _F > q _F		OK	
Densità	D	3	Veq/km/corsia
LOS freeway a monte	LOS	A	
CORSIA DI IMMISSIONE - ON RAMP			
CORSIA DI IMMISSIONE DATI GEOMETRICI e CAPACITA'			
Numero corsie	N	1	
Larghezza corsia di accelerazione	Largh.	3,75	m
Lunghezza linea discontinua (dopo i 30 m di linea continua)	L _A	100	m
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	48	veicoli/ora
Flusso orario veicoli leggeri	Q _{R LEG}	47	veic legg/ora
Flusso orario veicoli pesanti	Q _{R TRUCK}	1	veic pes/ora
Percentuale veicoli pesanti	P _T	2%	
ON RAMP TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in rampa	q _R	49	Veq/h
AREA DI IMMISSIONE TASSO DI FLUSSO			
Tasso di flusso orario in ingresso nell'area di immissione	q _{R12}	667	Veq/h
Capacità area di influenza	C _{R12}	4600	Veq/h
CALCOLO LOS AREA DI INFLUENZA			
condizione 1: C _{FO} > q _{FO}		OK	
condizione 2: q _{R12} < C _{R12}		OK	
Densità area di influenza	D _R	5,312	Veq/km*c
LOS Area di influenza	LOS	A	
LOS freeway a monte	LOS	A	
#RIF!	LOS	A	

Corsie di diversione (o di uscita)

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura 7), la lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ (avente inizio a metà del tratto di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita, coincidente con il punto di inizio della clotoide) è correlata alla diminuzione di velocità longitudinale tra quella del ramo da cui provengono i veicoli in uscita e quella ammissibile con il raggio di curvatura della rampa.

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

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

dove:

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

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

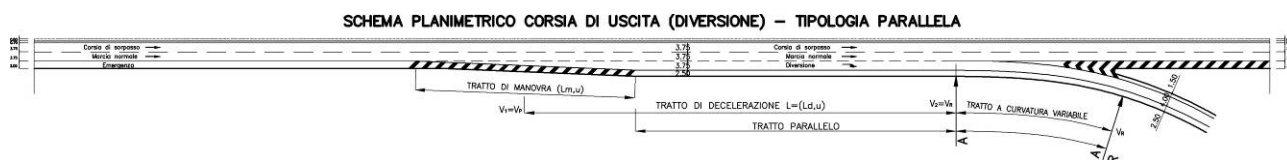


Figura 7: schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

Lungo il tracciato di progetto sono presenti 2 svincoli, progettati con un intervallo di velocità di progetto pari a 40 – 60 km/h, tenendo conto delle reali condizioni di velocità che l'utente sostiene in uscita dalle infrastrutture a rotatoria. Le corsie di immissione e diversione sono state sviluppate prettamente con la soluzione in affiancamento all'asse autostradale e risultano di lunghezza pari a 355 m per il tratto parallelo dedicato all'immissione mentre di lunghezza pari a 187 m quello dedicato all'uscita. Tali valori non comprendono la lunghezza di manovra, pari a 75 m per l'immissione e 90 m per l'uscita.

5.3.6 Nuovo svincolo di Capalbio

Lo schema della nuova intersezione è quello a diamante con due rotatorie di diametro esterno 43.00m e pendenza trasversale del 2.00% sulle quali confluiscono le nuove rampe e si collegano alla viabilità esistente. Si è mantenuto intatto il cavalcavia esistente. Le rampe sono state progettate con curve di ampio

raggio planimetrico ed altimetrico che permettono di percorrere lo svincolo con una Vp pari a 60 Km/h. Di seguito si riportano le verifiche plano-altimetriche:

RS04

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	V max	Lungh .	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Circonferenza	0+000.00	0+010.00	-30512.7	60	10				
Clotoide	0+010.00	0+082.00		60	72				
Circonferenza	0+082.00	0+159.84	200	59.56	77.836				
Clotoide	0+159.84	0+200.34		39.39	40.5	90	66.667	31.997	46.78
Clotoide	0+200.34	0+248.34		28.89	48	60	0	17.212	0
Circonferenza	0+248.34	0+283.31	-75	20	34.976				

Tipo Racc.	P. In	P. Fin	P media	Raggio	Prog In	Prog Fin	V max	Delta P	R ottico	R din
Convesso	0.65	0.59	0.62	35000	0	19.56	60	0.06	Qualsiasi	463
Convesso	0.59	0.1	0.345	13507.08	19.56	85.633	60	0.49	Qualsiasi	463
Concavo	0.1	4.77	2.435	2000	85.633	179.07	58.62	4.67	1326	
Convesso	4.77	1.99	3.38	2000	179.07	234.64	34.4	2.78	Qualsiasi	152

RS05

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Vmax	Lungh .	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Rettifilo	0+000.00	0+019.96		20	19.961				
Circonferenza	0+019.96	0+072.78	-75	25.91	52.822				
Clotoide	0+072.78	0+120.78		38.35	48	60	0	30.329	0
Clotoide	0+120.78	0+161.28		48.84	40.5	90	66.667	49.191	52.09
Circonferenza	0+161.28	0+247.55	200	60	86.265				
Clotoide	0+247.55	0+319.55		60	72				
Circonferenza	0+319.55	0+329.55	-30512.7	60	10				

Tipo Racc.	P. In	P. Fin	P media	Raggio	Prog In	Prog Fin	V max	Delta P	R ottico	R din
Convesso	-1.85	-3.91	-2.88	2000	0+074	0+115	36.88	2.06	Qualsiasi	175
Concavo	-3.91	-0.39	-2.15	2500	0+115	0+203	59.7	3.52	1253	
Concavo	-0.39	0.66	0.135	10932	0+203	0+318	60	1.05	Qualsiasi	463

RS06

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	V max	Lungh .	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Rettifilo	0+000	0+026		20	26.114				
Circonferenza	0+026	0+040	75	20	13.605				
Clotoide	0+040	0+088		29.78	48	60	0	18.289	0
Clotoide	0+088	0+123		38.99	35.555	79.999	60	31.113	43.709
Circonferenza	0+123	0+190	-180	56.42	67.218				
Clotoide	0+190	0+246		60	55.228	100		74.239	
Circonferenza	0+246	0+255	-30487.25	60	8.898				

Tipo Racc.	P. In	P. Fin	P media	Raggio	Prog In	Prog Fin	V max	Delta P	R ottico	R din
Convesso	-2	-6.15	-4.075	1000	0+022	0+063	23.45	4.15	Qualsiasi	71
Concavo	-6.15	0.14	-3.005	1500	0+063	0+158	47.91	6.29	985	
Concavo	0.14	0.8	0.47	13614.4	0+158	0+248	60	0.66	Qualsiasi	463

RS07

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	V max	Lungh .	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Circonferenza	0+000	0+010	-30487.25	60	10				
Clotoide	0+010	0+082		60	71.527	119.61	66.66	74.239	57.735
Circonferenza	0+082	0+157	-200	60	75.285				
Clotoide	0+157	0+197		60	40.5	90	66.66	60.033	58.31
Clotoide	0+197	0+245		59.97	48	60	25	67.039	42.12
Circonferenza	0+245	0+307	75	51	61.973				

Tipo Racc.	P. In	P. Fin	P media	Raggio	Prog In	Prog Fin	V max	Delta P	R ottico	R din
Convesso	0.46	0.21	0.335	14102.95	16.744	52.104	60	0.25	Qualsiasi	463
Convesso	0.21	-0.13	0.04	6984.686	52.104	75.255	60	0.34	Qualsiasi	463
Concavo	-0.13	4.73	2.3	3000	75.255	220.92	60	4.86	1392	
Convesso	4.73	1.76	3.245	1500	220.92	265.457	55.56	2.97	Qualsiasi	397

5.3.7 Nuovo Svincolo di Ansedonia

Nel tratto iniziale dell'infrastruttura di progetto è previsto il nuovo svincolo di Ansedonia (S5) in corrispondenza del confine comunale tra Orbetello e Capalbio. Questo è composto da 2 rampe monodirezionali RS17 di uscita ed RS18 di immissione (entrambe in carreggiata Nord). Esse si incontrano nella rotonda R11 da cui poi nascono altre 2 nuove viabilità di collegamento alla rete locale. Di seguito si riportano le verifiche planimetriche ed altimetriche delle rampe autostradali:

RS17

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	V max	Lungh.	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Rettifilo	0+000.00	0+170.00		50	170				
Clotoide	0+170.00	0+232.50		50	62.5	75	30	51.2	36.401
Circonferenza	0+232.50	0+376.31	90	50	143.81				

Tipo Racc.	Prog In	Prog Fin	P. In	P. Fin	P media	Raggio	V max	R ottico	R din
Convesso	0+097.34	0+125.94	0.13	-0.44	-0.155	5000	50	Qualsiasi	322
Concavo	0+152.28	0+164.03	-0.44	-0.2	-0.32	5000	50	Qualsiasi	322
Concavo	0+209.68	0+256.88	-0.2	0.32	0.06	9000	50	Qualsiasi	322
Convesso	0+257.19	0+311.00	0.32	-2.37	-1.025	2000	50	Qualsiasi	322

RS18

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	V max	Lungh.	A	A ottico	A contr. compl.	A sovr. long.
Rettifilo	0+000.00	0+034.74		50	34.736				
Circonferenza	0+034.74	0+117.97	140	50	83.238				
Clotoide	0+117.97	0+270.58		50	152.602	146.165	46.667	47.744	68.313
Clotoide	0+270.58	0+283.72		50	13.147	146.164	541.67	51.555	212.459
Circonferenza	0+283.72	0+479.19	-1625	50	195.463				

Tipo Racc.	Prog In	Prog Fin	P. In	P. Fin	P media	Raggio	V max	R ottico	R din
Convesso	0+030.75	0+113.05	2.4	0.76	1.58	5000	50	Qualsiasi	322
Convesso	0+442.90	0+469.64	0.76	0.22	0.49	5000	50	Qualsiasi	322

5.4 Aree di Servizio

Nel progetto sono previste due aree di servizio, una al km 6+400 in Carreggiata Sud e l'altra al km 9+800 in Carreggiata Nord, dotate di aree di rifornimento carburanti, aree di parcheggio, aree verdi, aree di servizi e aree commerciali. Sono stati utilizzati gli stessi criteri progettuali delle rampe di svincolo con l'accortezza di restringere la banchina nel tratto in clotoide da una larghezza di 2.50m nella posizione in affiancamento all'autostrada fino ad 1.50m quando la rampa si è separata dall'infrastruttura autostradale. Le corsie parallele di ingresso ed uscita sono state progettate con una Vp pari a 50 Km/h per salvaguardare la sicurezza degli utenti in sosta all'interno dell'area di servizio stessa.

5.5 Pavimentazioni

5.5.1 Nuove pavimentazioni

L'intervento oggetto del presente progetto prevede l'impiego di un pacchetto di spessore complessivo pari a 64 cm con una sovrastruttura così composta:

- usura drenante in conglomerato bituminoso (CB) con bitumi modificati tipo Hard di 4 cm;
- binder in CB con bitumi modificati tipo Hard di 5 cm;
- base in CB bitumi modificati tipo Hard di 15 cm;
- fondazione legata in misto cementato di 25 cm;
- fondazione non legata in misto granulare (MGNL) di 15 cm.

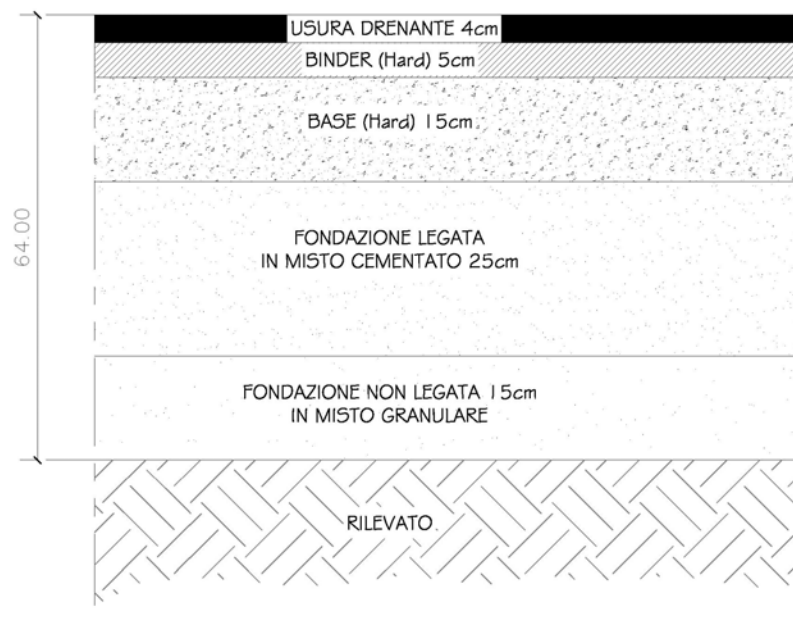


Figura 8: pacchetto di pavimentazione

6. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E INTEGRAZIONE DELLE VIABILITA' CONNESSE

Nell'ambito del progetto sono compresi una serie di interventi finalizzati a riqualificare e integrare parte della viabilità connessa di tipo extraurbano, interferita dall'autostrada o comunque ricadente nell'area di interesse. Nello specifico si evidenziano 2 tipologie di viabilità con destinazione particolare D.P. con sezione trasversale di 5.00m e di 7.00m. Per gli elementi di margine e la sistemazione in dettaglio si rimanda all'elaborato tipologico STD 106 "Sezioni tipo di svincoli, rotonde, strade secondarie e strade interferenti".

Sono comprese quindi nel progetto i seguenti interventi di riqualifica, di riposizionamento e di integrazione per le viabilità secondarie:

- **IN01** – Nuova viabilità – Carr. Sud al km 0+200 L=532.75. B=5.00
- **IN02** – Nuova viabilità - Carr. Nord al km 0+600 L=684.00 B=5.00
- **IN03** - Nuova viabilità - Carr. Nord al km 1+250 L=785.00 B=7,00
- **IN04** - Riposizionamento viabilità - Carr. Sud al km 1+300 L=1547.00 B=7.00
- **IN05** - Nuova viabilità - Carr. Sud al km 2+800 L=552.00 B=7.00
- **IN08** - Riposizionamento e nuova viabilità- Carr. Sud al km 3+500 L=1027.00 B=7.00
- **IN09** - Nuova Viabilità - Carr. Nord al km 2+750 L=257.00. B=7.00
- **IN10** - Nuova viabilità - Carr. Nord al km 5+100 L=821.00. B=5.00
- **IN11** - Nuova viabilità - Carr. Nord al km 1+900 L=475.20 B=7.00
- **IN12** – Nuova viabilità - Carr. Nord al km 6+300 L=566.00 B=5.00
- **IN13** – Nuova viabilità - Carr. Sud al km 8+300 L=489.00 B=5.00
- **IN14** - Riposizionamento viabilità - Carr. Sud al km 9+300 L=780.50 B=5.00
- **IN15** - Nuova viabilità - Carr. Sud al km 11+000 L=403.10 B=7.00
- **IN16** - Nuova viabilità - Carr. Nord al km 4+570 L=575.00. B=5.00
- **IN17** – Nuova viabilità - Carr. Nord al km 11+200 L=793.00 B=5.00
- **IN18** – Riqualifica viabilità - Carr. Nord al km 12+800 L=57.70 B=7.00
- **IN19** - Riqualifica viabilità - Carr. Nord al km 12+800 L=70.20. B=7.00
- **IN20** - Riqualifica Pedemontana - Carr. Nord al km 6+740 L=13489.00 B=7.00
- **IN20a** - Nuova Pedemontana - L=866.00. B=7.00 (tratto in variante al tracciato esistente)
- **IN21** - Nuova viabilità al km 14+200 L=237.00 B=7.00
- **IN22** – Nuova viabilità - Carr. Sud al km 9+500 L=83.80. B=5.00
- **IN23** - Nuova Viabilità - Carr. Sud al km 5+500 L=94.00 B=5.00
- **IN24** - Nuova Viabilità - Carr. Nord al km 2+750 L=133.70 B=4.00

- **IN25** - Riposizionamento viabilità Carr. Sud al km 2+750 L= 45.00 B=3.00
- **VS01** – Nuova viabilità - Carr. Sud al km 6+400 L=409.00 B=5.00
- **VS02** – Nuova viabilità - Carr. Sud al km 9+600 L=247.00 B=5.00
- **VS03** – Nuova viabilità - Carr. Sud al km 12+100 L=607.00 B=5.00

In alcuni casi il riposizionamento o la realizzazione delle nuove viabilità D.P. da 5.00m o 7.00m vicinali ha reso preferibile la loro sistemazione in complanare all'asse autostradale al fine di contenere gli ingombri ed il consumo di territorio.

Per quanto riguarda gli interventi di riqualificazione della viabilità esistente particolare rilevanza assume la IN20 S.P. Pedemontana; l'intervento prevede infatti l'ampliamento della sezione esistente da 5.00/6.00m a 7.00m, per una lunghezza dell'infrastruttura di circa 13.5 Km, compreso la realizzazione di un tratto di circa 800 m in variante.

Sono altresì comprese in progetto alcune intersezioni di tipo a rotatoria, che vanno a completare il quadro degli interventi (nell'elenco di seguito riportato sono evidenziate le rotatorie inserite negli svincoli):

N.	Tipo		Diametro esclusa banchina esterna	corsia	Tipo
R1	A	Viabilità secondaria	30,0	7,00	A
R2	B	Viabilità secondaria	36,0	7,00	B
R3	C	Rotatoria Nuovo SV Nuovo Svincolo di Capalbio	40,0	6,00	C
R4	C	Rotatoria Nuovo SV Nuovo Svincolo di Capalbio	40,0	6,00	C
R5	B	Pedemontana	36,0	6,00	B
R6	B	Pedemontana	36,0	7,00	B
R7	B	Pedemontana	36,0	7,00	B
R8	B	Pedemontana	36,0	7,00	B
R9	B	Pedemontana	36,0	7,00	B
R10	B	Pedemontana	36,0	7,00	B

5.5.2 Analisi funzionale delle rotatorie

Il progetto prevede la realizzazione nel Lotto 5a di due rotatorie di adduzione all'A12, situate nella località di Capalbio. Sono previste inoltre sei opere di ricucitura della viabilità a margine del progetto dell'A12, lungo tutto lo sviluppo del Lotto 5a in esame.

Anche per le rotatorie è stata condotta un'analisi funzionale che consentisse di verificare le performance trasportistiche della soluzione progettuale adottata in base alla geometria, all'entità dei flussi transitanti e alle differenti manovre di svolta.

La verifica è stata effettuata calcolando il perditempo medio di tutti i veicoli all'ingresso in rotatoria, tramite metodologia SETRA per le rotatorie con diametro esterno inferiore ai 50m e tramite microsimulazione per quelle con diametro esterno maggior di 50m, e raffrontando il risultato con la scala dei livelli di servizio proposta dall' HCM ed.2000.

I livelli di servizio minimi per le nuove intersezioni sono definiti dal DM 05.11.2001 e dal DM 19.04.2006; per la progettazione di nuove opere, gli adeguamenti o i potenziamenti, la suddetta normativa è di riferimento. Nel caso in oggetto le intersezioni sulla rete di adduzione alla Livorno Civitavecchia Lotto 5a si configurano come adeguamento o potenziamento e, pertanto, il LOS minimo che l'intersezione deve garantire è definito dal DM 05.11.2001.

I risultati ottenuti dalle verifiche funzionali delle opere di adduzione e delle opere di ricucitura alla viabilità, non mostrano casi con flusso totale presente nella rotatoria maggiore di 1500 Veq/h, in tali casi la rotatoria non ha problemi a smaltire la domanda anche con un assetto geometrico minimo. I risultati ottenuti sono stati sintetizzati nelle tabelle seguenti.

Opere di adduzione:

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP FERIALE di OTTOBRE 2016			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5-05 Capalbio dir. Nord	A	non necessario	236
4/5-06 Capalbio dir. Sud	A	non necessaria	184

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP SABATO ESTIVO 2016			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5-05 Capalbio dir. Nord	A	non necessaria	482
4/5-06 Capalbio dir. Sud	A	non necessaria	245

Tabella 3 Livelli di servizio intersezioni di adduzione scenario invernale ed estivo 2016

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP FERIALE di OTTOBRE 2036			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5-05 Capalbio dir. Nord	A	non necessaria	288
4/5-06 Capalbio dir. Sud	A	non necessaria	226

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP SABATO ESTIVO 2036			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5-05 Capalbio dir. Nord	A	non necessaria	688
4/5-06 Capalbio dir. Sud	A	non necessaria	350

Tabella 4 Livelli di servizio intersezioni di adduzione scenario invernale ed estivo 2036

Opere di ricucitura:

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP FERIALE di OTTOBRE 2016				SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP SABATO ESTIVO 2016			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)	Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5A-11	A	Non necessaria	6	4/5A-11	A	Non necessaria	8
4/5A-04	A	Non necessaria	186	4/5A-04	A	Non necessaria	356
4/5A-03	A	Non necessaria	16	4/5A-03	A	Non necessaria	48
4/5A-01	A	Non necessaria	78	4/5A-01	A	Non necessaria	142
4/5A-09	A	Non necessaria	10	4/5A-09	A	Non necessaria	12
4/5A-08	A	Non necessaria	7	4/5A-08	A	Non necessaria	10

Tabella 5 Livelli di servizio intersezioni di ricucitura scenario invernale ed estivo 2016

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP FERIALE di OTTOBRE 2036				SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP SABATO ESTIVO 2036			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)	Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5A-11	A	Non necessaria	17	4/5A-11	A	Non necessaria	21
4/5A-04	A	Non necessaria	224	4/5A-04	A	Non necessaria	505
4/5A-03	A	Non necessaria	24	4/5A-03	A	Non necessaria	75
4/5A-01	A	Non necessaria	128	4/5A-01	A	Non necessaria	142
4/5A-09	A	Non necessaria	16	4/5A-09	A	Non necessaria	16
4/5A-08	A	Non necessaria	21	4/5A-08	A	Non necessaria	24

Tabella 6 Livelli di servizio intersezioni di ricucitura scenario invernale ed estivo 2036

Il dettaglio dell'analisi funzionale per le opere di adduzione e di cucitura della viabilità non viene riportato in quanto i flussi in termini di veicoli equivalenti nell'ora di punta sono inferiori ai 1500 Veq/h.