

**CONFERIMENTO CARATTERISTICHE AUTOSTRADALI
AL RACCORDO SA/AV COMPRESO L'ADEGUAMENTO DELLA S.S. 7
E 7 BIS FINO ALLO SVINCOLO DI AVELLINO EST DELL'A16
1° stralcio da Mercato S. Severino allo svincolo di Fratte**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. NA95

**PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)
PROGIN S.p.A. - INTEGRA CONSORZIO STABILE
IDROESSE Engineering S.r.l. - Prometeoengineering.it S.r.l. - ART S.r.l.**

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco SANDRUCCI (PROGER S.p.A.)

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Nicola SCIARRA (Proger S.p.A.)

IL PROJECT MANAGER DELL'R.T.I.:

Dott. Ing. Carlo LISTORTI (Proger S.p.A.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Giuseppe MELI

PROTOCOLLO

DATA _____ 201_

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI

MANDANTI:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE



Direttore Tecnico:
Prof. Ing. Franco BRAGA



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Alberto CECCHINI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Alessandro FOCARACCI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Ivo FRESIA

**PROGETTO STRADALE
PARTE GENERALE**

Relazione tecnica stradale

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. LO412A D 2001		T00PS00TRARE01_B			
CODICE ELAB.		T00PS00TRARE01		B	
B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	Giugno 2021	Velotta	Listorti	Grimaldi
A	Prima emissione	Marzo 2021	Velotta	Listorti	Grimaldi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICO-FUNZIONALE	5
2.2 DISPOSITIVI DI RITENUTA	5
2.3 SEGNALETICA STRADALE	6
3. INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE	7
4. CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI	8
4.1 DIAGRAMMA DELLE VELOCITA'	9
4.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO	13
4.2.1 Parametri limite	13
4.2.1.1 Rettifici	13
4.2.1.2 Curve circolari	13
4.2.1.3 Clotoidi	17
4.2.2 Asse Carreggiata Nord	20
4.2.2.1 Caratteristiche geometriche	20
4.2.2.2 Criteri di flessibilità	21
4.2.3 Asse Carreggiata Sud	23
4.2.3.1 Caratteristiche geometriche	23
4.2.3.2 Criteri di flessibilità	25
4.3 ANDAMENTO ALTIMETRICO	27
4.3.1 Parametri limite	27
4.3.1.1 Livellette	27
4.3.1.2 Raccordi parabolici	27
4.3.2 Asse Carreggiata Nord	30
4.3.2.1 Caratteristiche geometriche	30
4.3.2.2 Criteri di flessibilità	31
4.3.3 Asse Carreggiata Sud	32
4.3.3.1 Caratteristiche geometriche	32
4.3.3.2 Criteri di flessibilità	33
4.4 DISTANZE DI VISUALE LIBERA	34
4.5 PIAZZOLE DI SOSTA	37
5. VERIFICA DEL TRACCIATO	39
5.1 VERIFICA ANDAMENTO PLANIMETRICO	39
5.1.1 Asse Carreggiata Nord	39
5.1.2 Asse Carreggiata Sud	45
5.2 VERIFICA ANDAMENTO ALTIMETRICO	50
5.2.1 Asse Carreggiata Nord	50
5.2.2 Asse Carreggiata Sud	52
5.3 VERIFICA DEL DIAGRAMMA DI VELOCITA'	56
5.3.1 Asse Carreggiata Nord	56
5.3.1.1 Limitazioni di velocità	57
5.3.2 Asse Carreggiata Sud	57
5.3.2.1 Limitazioni di velocità	58
5.4 VERIFICA DISTANZE DI VISUALE LIBERA	59
5.4.1 Verifica distanza di visibilità per l'arresto	59
5.4.2 Verifica distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia	60
6. SOVRASTRUTTURA STRADALE	65
7. DISPOSITIVI DI RITENUTA	66
7.1 PRESCRIZIONI NORMATIVE	66
7.2 DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI TRAFFICO E DELLE CLASSI MINIME DELLE BARRIERE DA IMPIEGARE	68

7.3	BARRIERE LONGITUDINALI PREVISTE IN PROGETTO	68
7.3.1	Tipologia, classe e requisiti prestazionali	68
7.3.2	Sviluppo delle barriere di sicurezza	69
7.3.3	Elementi di protezione complementare	70
8.	SEGNALETICA	72

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le caratteristiche tecniche stradali dell'asse principale relative al Progetto Definitivo dell'intervento **“Conferimento caratteristiche autostradali al raccordo SA/AV compreso l'adeguamento della S.S. 7 e 7 bis fino allo Svincolo di Avellino Est dell'A 16 - 1° stralcio da Mercato S. Severino allo svincolo di Fratte”**.

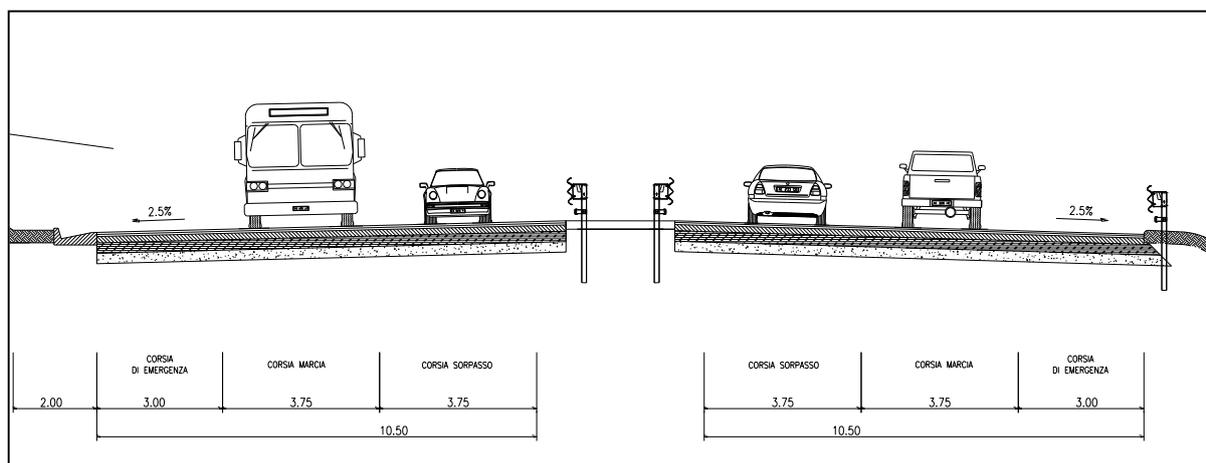
L'intervento in progetto prevede l'ampliamento della sede stradale esistente.

Nel tratto di interesse progettuale, l'infrastruttura esistente ricade nell'ambito dei comuni di Salerno, Pellezzano, Baronissi e Lancusi, sviluppandosi in un ambito territoriale caratterizzato dalla forte urbanizzazione in stretta adiacenza all'asse, con frequenti insediamenti a carattere residenziale ed industriale di notevole estesa.

La sede stradale esistente è il risultato di un intervento di adeguamento, realizzato alla fine degli anni '80, successivo alla prima realizzazione risalente alla fine degli anni '60. In origine la sede stradale presentava una carreggiata a 4 corsie, 2 per senso di marcia, senza spartitraffico.

L'adeguamento degli anni 80, legato al grande aumento di traffico conseguenza della apertura della A30, ha portato la piattaforma all'attuale configurazione composta da:

- Larghezza complessiva piattaforma = 23 m;
- Numero di carreggiate = 2;
- Larghezza carreggiate = 10,50 m;
- Carreggiate composte da:
 - o corsia di marcia = 3,75 m;
 - o corsia di sorpasso = 3,75 m;
 - o corsia di emergenza = 3,00 m.
- Spartitraffico = 2,00 m comprensivo di banchina in sinistra da 0,40 m per ciascuna carreggiata.



La soluzione progettuale individuata per il conferimento di caratteristiche autostradali al “Raccordo Salerno-Avellino” nel tratto in oggetto (primo lotto da Mercato S. Severino allo Svincolo di Fratte) prevede l'adeguamento dell'infrastruttura esistente con riorganizzazione della piattaforma stradale (modifica della composizione della sezione tipo e della dimensione trasversale dei suoi elementi) e modifica dell'andamento plano-altimetrico.

La soluzione di progetto si configura, pertanto, come “adeguamento di strada esistente” per il quale la norma cogente di riferimento è costituita dal D.M. 22/04/2004 (“Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”) secondo cui le “Norme funzionali

e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al D.M. 05/11/2001 sono limitate alle sole strade di nuova costruzione, ed indicate quale riferimento per l'adeguamento di quelle esistenti (art. 1 del D.M. 22/04/2004).

Alla luce dell'attuale quadro normativo che disciplina gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, in linea con l'art. 1 del D.M. 22/04/2004, l'approccio seguito per la definizione geometrico-funzionale è stato finalizzato alla definizione di una soluzione progettuale, compatibile con i vincoli, il più possibile aderenti alle prescrizioni normative e, in ogni caso, rispondente ai criteri e requisiti di sicurezza.

In considerazione dei vincoli e condizionamenti a cui è assoggettato l'intervento di adeguamento (congruenza con l'asse autostradale esistente a monte ed a valle, rispetto dei franchi minimi richiesti in corrispondenza dell'interferenza con le infrastrutture esistenti e/o di progetto, compatibilità con le interferenze idrauliche, vincoli derivanti dalle fasi realizzative e dalla salvaguardia delle preesistenze), la soluzione progettuale individuata è stata indirizzata a raggiungere il miglior equilibrio tra il rispetto dei vincoli imposti ed il rispetto delle limitazioni ai parametri geometrici.

In linea con le prescrizioni contenute nell'art. 4 del D.M. 22/04/2004, per il progetto dell'intervento di adeguamento è stata svolta, attraverso specifica relazione “Relazione ex art. 4 D.M. 22/04/2004”, (T00PS00TRARE04), una analisi degli aspetti di sicurezza stradale con dimostrazione che l'intervento complessivo di adeguamento comporta un innalzamento del livello di sicurezza dell'infrastruttura di progetto rispetto all'infrastruttura esistente e che l'intervento complessivo di adeguamento comporta un miglioramento funzionale della circolazione garantendo la continuità di esercizio dell'infrastruttura.

Nel seguito, dopo aver riportato i riferimenti normativi adottati (Cap. 2), si riporta l'inquadramento funzionale e la sezione trasversale (Cap. 3) ed i criteri e caratteristiche progettuali adottati (Cap. 4). Successivamente è riportata la verifica del tracciato (Cap. 5).

Sono riportate infine le caratteristiche della sovrastruttura stradale (Cap. 6), dei dispositivi di ritenuta (Cap. 7) e della segnaletica (Cap. 8).

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICO-FUNZIONALE

Per la definizione geometrico-funzionale dell'infrastruttura in progetto sono state utilizzate le seguenti normative di riferimento:

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: "Nuovo codice della strada";
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada";
- D.M. 05/11/2001: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 22/04/2004: "Modifica del decreto 5 novembre 2001, n.6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»";
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

2.2 DISPOSITIVI DI RITENUTA

Il progetto delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta è stato sviluppato prendendo a riferimento le seguenti normative:

- D.M. 18.02.1992 n. 223 – Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale;
- D.M. 3.06.1998 Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale (con esclusione delle istruzioni tecniche sostituite dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 n. 2367);
- D.M. 21.06.2004 n. 2367 Recante le Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- D.M. 28.06.2011: Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale;
- EN 1317-1: 1998 Road restraint systems - Part 1: Terminology and general criteria for test methods [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-1:2000];
- EN 1317-2:1998 Road restraint systems - Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers + EN 1317-2/A1:2006 [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-2:2007];
- EN 1317-3:2000 Road restraint systems - Part 3: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for crash cushions [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-3:2002];
- ENV 1317-4:2001 Road restraint systems - Part 4: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals and transitions of safety barriers [pubblicata in Italia come UNI ENV 1317-4:2003];
- EN 1317-5:2007 Road restraint systems - Part 5: Product requirements and evaluation of conformity for vehicle restraint systems [pubblicata in Italia come UNI EN 1317-5:2007] + EN 1317-5/A1:2008;
- EN 12767:2007 Passive safety of support structures for road equipment - Requirements, classification and test methods [pubblicata in Italia come UNI EN 12767:2008];
- D.M. 5.11.2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade e s.m.i. (cogente per le strade nuove e di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti);
- D.M. 19.4.2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali (cogente per le intersezioni nuove e di riferimento per l'adeguamento delle intersezioni esistenti);

- D.M. 1.04.2019 – Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM).

Sono state applicate, inoltre, le indicazioni contenute nelle seguenti circolari, manuali e specifiche di progettazione, per quanto attinente ai dispositivi di ritenuta:

- Circolare 25.08.2004 n. 3065 - Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali (per quanto ancora applicabile);
- Circolare 15.11.2007 n. 104862 - Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004 (per quanto ancora applicabile);
- Circolare 21.7.2010 n. 62032 - Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- Circolare 05.10.2010 n. 0080173 - Omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali. Aggiornamento norme comunitarie UNI EN 1317, parti 1, 2 e 3 in ambito nazionale.

2.3 SEGNALETICA STRADALE

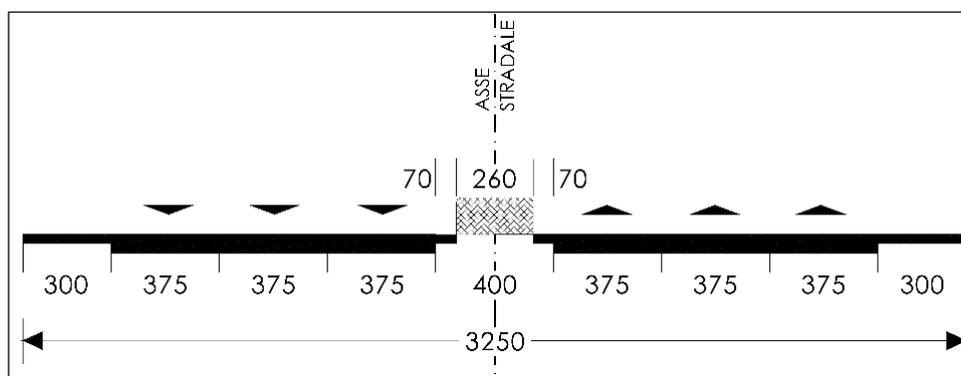
Il progetto della segnaletica è stato sviluppato tenendo conto delle seguenti normative:

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000 (Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l’installazione e la manutenzione).

3. INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE

L'infrastruttura stradale è inquadrata come "Autostrada in Ambito Extraurbano" secondo le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001 a cui è associato l'intervallo di velocità di progetto (90÷140) km/h.

Per quanto riguarda le caratteristiche funzionali, è stata adottata una sezione trasversale stradale a due carreggiate con soluzione a 3+3 corsie di marcia, con ciascuna carreggiata composta da due corsie di marcia normale pari a 3,75 m, una corsia di sorpasso pari a 3,75 m, corsia di emergenza pari a 3.00 m, banchina in sinistra pari a 0.70 m e spartitraffico centrale pari a 2,60 m, per una larghezza complessiva della piattaforma stradale pari a 32,50 m, come illustrato nella figura seguente.



4. CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI

La soluzione progettuale individuata per il conferimento di caratteristiche autostradali al “Raccordo Salerno-Avellino” nel tratto in oggetto (primo lotto da Mercato S. Severino allo Svincolo di Fratte) prevede l'adeguamento dell'infrastruttura esistente con riorganizzazione della piattaforma stradale (modifica della composizione della sezione tipo e della dimensione trasversale dei suoi elementi) e modifica dell'andamento plano-altimetrico.

La soluzione di progetto si configura, pertanto, come “adeguamento di strada esistente” per il quale la norma cogente di riferimento è costituita dal D.M. 22/04/2004 (“Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”) secondo cui le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” di cui al D.M. 05/11/2001 sono limitate alle sole strade di nuova costruzione, ed indicate quale riferimento per l'adeguamento di quelle esistenti (art. 1 del D.M. 22/04/2004).

Alla luce dell'attuale quadro normativo che disciplina gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, in linea con l'art. 1 del D.M. 22/04/2004, l'approccio seguito per la definizione geometrico-funzionale è stato finalizzato alla definizione di una soluzione progettuale, compatibile con i vincoli, il più possibile aderenti alle prescrizioni normative e, in ogni caso, rispondente ai criteri e requisiti di sicurezza.

In considerazione dei vincoli e condizionamenti a cui è assoggettato l'intervento di adeguamento (congruenza con l'asse autostradale esistente a monte ed a valle, rispetto dei franchi minimi richiesti in corrispondenza dell'interferenza con le infrastrutture esistenti e/o di progetto, compatibilità con le interferenze idrauliche, vincoli derivanti dalle fasi realizzative e dalla salvaguardia delle preesistenze), la soluzione progettuale individuata è stata indirizzata a raggiungere il miglior equilibrio tra il rispetto dei vincoli imposti ed il rispetto delle limitazioni ai parametri geometrici.

In tal senso, in funzione delle particolari condizioni al contorno, dovute all'inserimento in un contesto vincolato che impedisce il pieno rispetto del D.M. 05/11/2001, ovvero nei casi in cui i vincoli presenti hanno imposto univocamente le caratteristiche geometriche, condizionando, di fatto, l'andamento della linea d'asse, sono state ritenute ammissibili deviazioni rispetto alle prescrizioni contenute nel D.M. 05/11/2001, prendendo in considerazione criteri di flessibilità in relazione ai seguenti aspetti correlati a prescrizioni di carattere ottico:

- Lunghezza minima rettifili;
- Lunghezza massima rettifili di flesso;
- Sviluppo minimo curve circolari;
- Criterio ottico R/3 clotoidi (criterio 3);
- Rapporto clotoidi $2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$.

Si rileva che i criteri di flessibilità adottati hanno riguardato l'ammissione di deviazioni rispetto alle prescrizioni contenute nel D.M. 05/11/2001 per ciò che attiene i criteri legati a prescrizioni di carattere ottico. Tuttavia, la successione degli elementi del tracciato è stata definita nel rispetto dei seguenti criteri di sicurezza:

- Rispetto del raggio minimo delle curve circolari in funzione della velocità;
- Rispetto del parametro di scala delle clotoidi con riferimento al criterio per la limitazione del contraccolpo (criterio 1);
- Rispetto della limitazione della sovrappendenza delle linee di estremità della carreggiata (criterio 2).
- Pendenza trasversale adottata conforme alle prescrizioni normative.

Per quanto riguarda l'andamento altimetrico, le livellette sono contenute nel limite massimo prescritto per il tipo di strada (5%).

I raggi dei raccordi parabolici concavi e convessi sono superiori ai minimi prescritti. Tuttavia, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti, in corrispondenza di alcuni raccordi altimetrici è stato necessario adottare velocità compatibili con le visuali libere disponibili lungo i raccordi.

Per la definizione degli standard geometrici dell'intervento è stato considerato l'intervallo di velocità di progetto (90 ÷ 140) km/h prescritto per le strade di Categoria A.

Con riferimento alle distanze di visuale libera, lungo l'intero tracciato risultano assicurate visuali libere disponibili compatibili con le visuali libere richieste per l'arresto, con adozione, ove necessario, di ampliamenti della carreggiata.

Il rispetto congiunto dei vincoli progettuali ha comportato l'adozione di una successione geometrica che, a meno di alcuni tratti, è caratterizzato da differenze di velocità contenute nei limiti massimi corrispondenti alle condizioni prescritte dall'esame del diagramma di velocità. In corrispondenza di tali situazioni, al fine di garantire idonee condizioni di sicurezza, sono state previste opportune limitazioni alla massima velocità consentita all'utenza tramite limiti amministrativi di velocità.

In ogni caso, la sequenza dei limiti di velocità imposti è stata definita secondo valori dei limiti di velocità congruenti sia con le variazioni ammissibili richieste dall'esame del diagramma di velocità, che con le velocità compatibili con le visuali libere disponibili lungo i raccordi altimetrici.

In linea con le prescrizioni contenute nell'art. 4 del D.M. 22/04/2004, per il progetto dell'intervento di adeguamento è stata svolta, attraverso specifica relazione "Relazione ex art. 4 D.M. 22/04/2004", (T00PS00TRARE04), a cui si rimanda, una analisi degli aspetti di sicurezza stradale con dimostrazione che l'intervento complessivo di adeguamento comporta un innalzamento del livello di sicurezza dell'infrastruttura di progetto rispetto all'infrastruttura esistente e che l'intervento complessivo di adeguamento comporta un miglioramento funzionale della circolazione garantendo la continuità di esercizio dell'infrastruttura.

Gli elementi di carattere generale, conferiti al progetto dell'infrastruttura, in grado di elevare il livello di sicurezza offerto all'utenza riguardano:

- conferimento di caratteristiche autostradali con attribuzione di una sezione trasversale Autostrada in Ambito Extraurbano con Soluzione a 3+3 corsie di marcia;
- successione degli elementi geometrici con parametri conformi alle prescrizioni correlate al soddisfacimento dei criteri di sicurezza contenuti nel D.M. 05/11/2001;
- tracciato caratterizzato da prestazioni in termini di visibilità per l'arresto, con adozione, ove necessario, di ampliamenti della carreggiata;
- dispositivi stradali di ritenuta rispondenti alle prescrizioni normative;
- adeguamento geometrico e funzionale degli svincoli al D.M. 19/04/2006;
- demolizione e rifacimento della sovrastruttura stradale con adeguamento e regolarizzazione delle pendenze trasversali del piano viabile.

La geometrizzazione dell'infrastruttura stradale è avvenuta definendo due assi di tracciamento (uno per ciascuna carreggiata) a cui sono state riferite le caratteristiche geometriche plano-altimetriche. Tali assi, collocati in corrispondenza dell'estremità interna delle carreggiate, ovvero in corrispondenza della separazione tra la corsia di sorpasso e la banchina in sinistra, costituiscono il riferimento per le quote di progetto e per la rotazione della carreggiata stradale.

4.1 DIAGRAMMA DELLE VELOCITA'

Il diagramma delle velocità (rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale) è stato costruito sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando, per ogni elemento, l'andamento della velocità di progetto.

Il diagramma di velocità è stato redatto secondo l'intervallo di velocità di progetto (90 ÷ 140) km/h prescritto per la categoria di strada.

In particolare, in conformità al modello di cui al par. 5.4 del D.M. 05/11/2001, il diagramma di velocità è stato redatto sulla base sulle seguenti ipotesi:

- a) sui rettili, sulle curve circolari con raggio non inferiore ad R^* e lungo le clotoidi, la velocità tende al limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto V_{pmax} .

- b) su tutte le curve con raggio inferiore a R^* la velocità è costante e si valuta attraverso l'equazione di stabilità allo slittamento del veicolo in curva;
- c) gli spazi di accelerazione e di decelerazione, rispettivamente, in uscita o in ingresso ad una curva circolare, ricadono sugli elementi indicati in a);
- d) le variazioni avvengono con moto uniformemente vario con $a = 0,8 \text{ m/s}^2$. Lo spazio necessario per passare da una velocità V_1 ad una velocità V_2 , denominata dalle Norme distanza di transizione D_T , si valuta con la relazione:

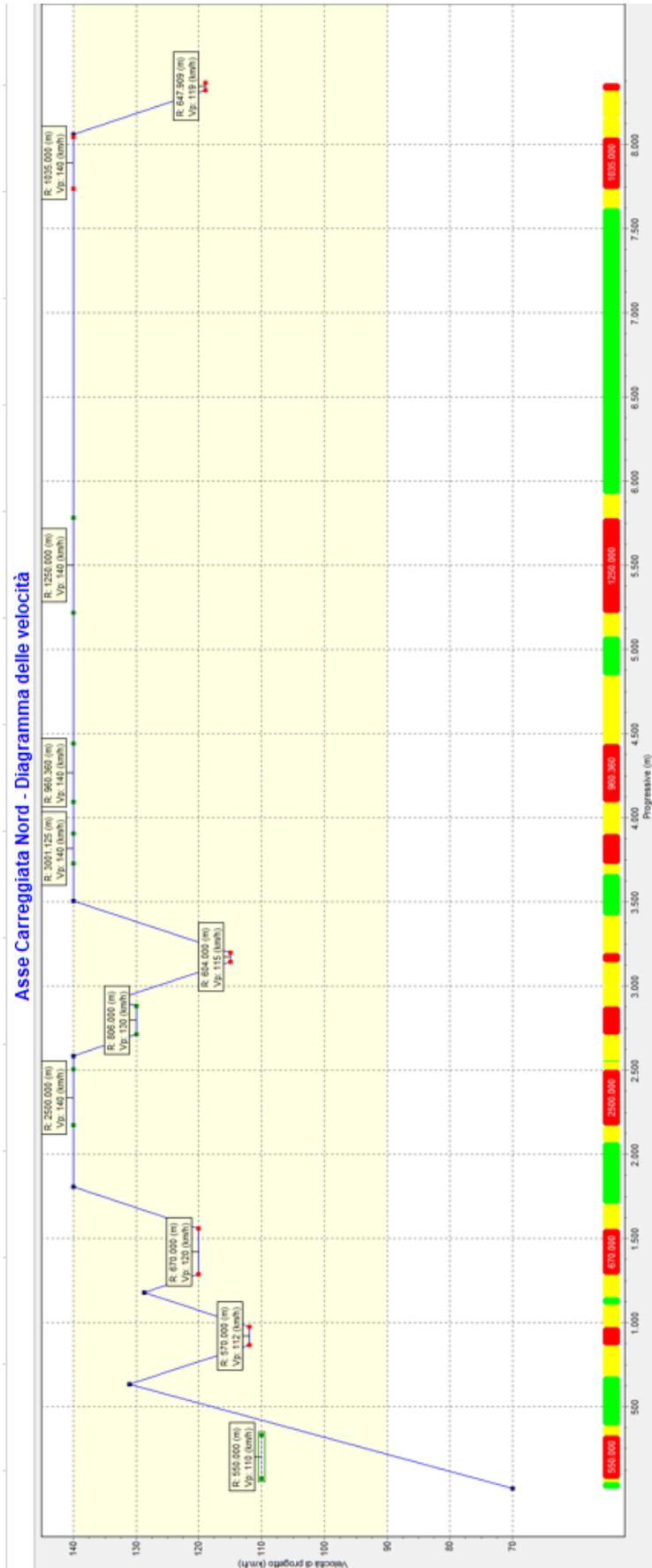
$$D_T = (V_1^2 - V_2^2) / 2a;$$

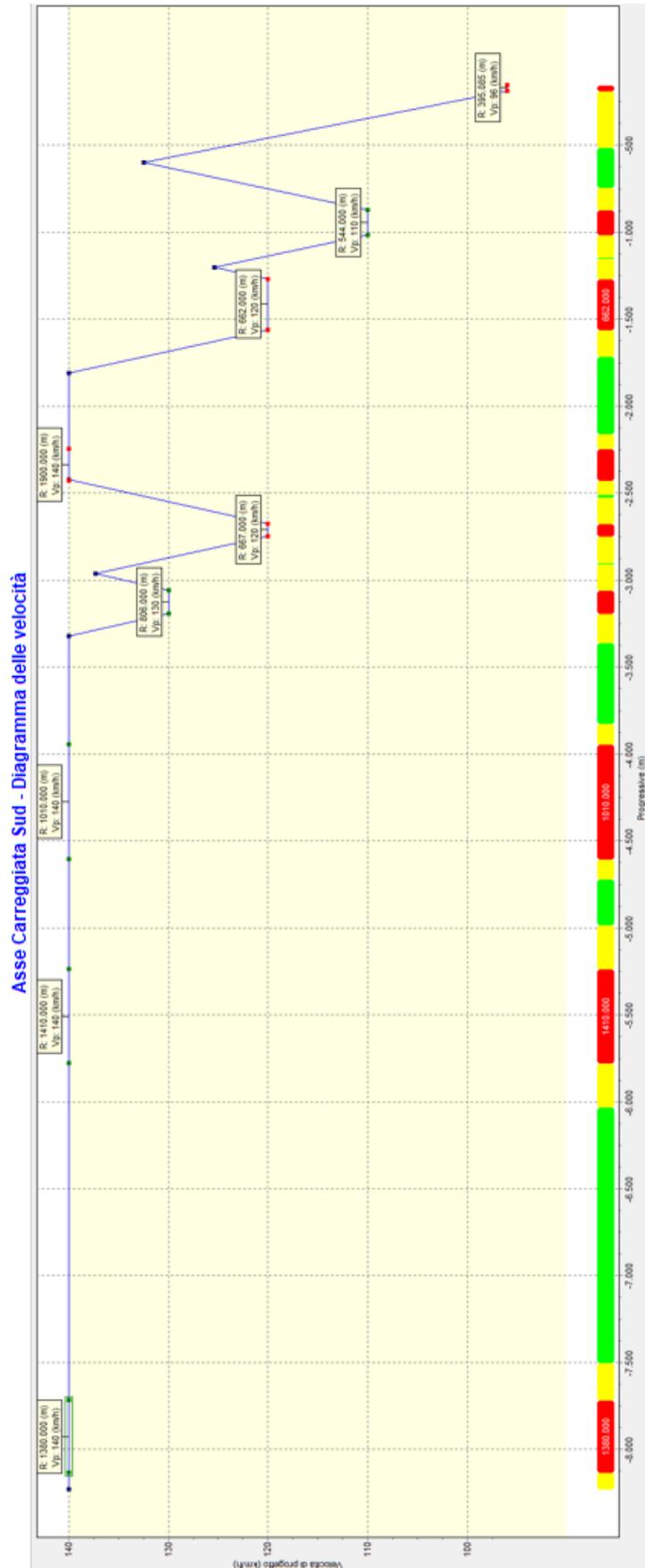
- e) la decelerazione termina all'inizio della curva circolare, mentre l'accelerazione comincia all'uscita della curva circolare, pertanto è a partire da questi punti che vanno riportate le distanze di transizione.
- f) Affinché il conducente possa attuare la decelerazione, è necessario che la curva sia vista e percepita come tale; la distanza D_T deve, pertanto, essere minore della visuale libera disponibile e della distanza di riconoscimento D_r che può essere calcolata moltiplicando per 12 la velocità espressa in m/s.

Tuttavia, fermo restando quanto sopra, poiché lungo la rampa di svincolo esistente in uscita dall'Autostrada A2 direzione Nord è previsto un limite massimo di velocità pari a 60 km/h, per l'asse della Carreggiata Nord è stata considerata una velocità di progetto nel punto iniziale dell'asse di tracciamento (progr. 16,05) pari a 70 km/h.

Si riportano di seguito i diagrammi di velocità dei due assi stradali di progetto.

Sulla base di tali diagrammi sono stati verificati gli elementi planimetrici ed altimetrici e le condizioni di visibilità.





Dopo aver ottenuto il diagramma di velocità, si è verificato che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo per entrambi i sensi di circolazione. In particolare è stato controllato che:

1. nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{Pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non sia superiore a 10 km/h;
2. fra due curve successive la differenza di velocità, in decelerazione, non sia mai superiore a 20 km/h (tollerando differenze di velocità al massimo pari a 15 km/h).

I risultati della verifica sono riportati nel par. 5.3.

4.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO

4.2.1 Parametri limite

4.2.1.1 Rettifili

Lunghezza massima rettifili

Per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna, la lunghezza massima dei rettifili è pari a:

$$L_{r \max} = 22 \cdot V_{P \max}$$

dove $V_{P \max}$ è la massima velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità.

Lunghezza minima rettifili

Un rettifilo, per poter essere percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella seguente tabella; per velocità si intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

$V_{P \max}$ [km/h]	80	90	100	110	120	130	140
L_{rmin} [m]	90	115	150	190	250	300	360

Pendenza trasversale lungo i rettifili

La pendenza trasversale in rettifilo ha l'unico obiettivo di allontanare le acque di piattaforma, il D.M. 05/11/2001 prescrive un valore minimo pari a $q=2,5\%$ (par. 5.2.3) con falda inclinata verso l'esterno (Fig. 5.2.3.a).

Allo scopo di garantire l'allontanamento dell'acqua superficiale, a ciascuna carreggiata della piattaforma stradale in rettifilo è stata assegnata una pendenza trasversale pari a $q = 2,5\%$ con falda inclinata verso l'esterno.

4.2.1.2 Curve circolari

Velocità di progetto lungo le curve circolari

La velocità di progetto V_P lungo le curve circolari varia in funzione del raggio di curvatura R . Per la definizione della legge di variazione, occorre definire due valori del raggio, R_{min} e R^* , a partire dall'equazione di equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva:

$$(V_P)^2 / [(127 \cdot R)] = (q + f_t)$$

dove:

- V_P = velocità di progetto [km/h];
- R = raggio [m];
- q = pendenza trasversale [unità assolute];
- $f_t = f_t(V_P)$ = quota parte del massimo valore coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente variabile in funzione della velocità di progetto secondo la tabella che segue:

V_P [km/h]	80	100	120	140
f_t	0,13	0,11	0,10	0,09

Il valore R_{min} è quello che verifica l'equazione l'equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva in corrispondenza di $V_P = V_{Pmin}$, $q = q_{max}$, $f_t = f_t(V_{Pmin}) = f_{tmax}$, ovvero:

$$R_{min} = (V_{Pmin})^2 / [127 \cdot (q_{max} + f_{tmax})] \quad [m]$$

Il valore R^* è quello che verifica l'equazione l'equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva in corrispondenza di $V_P = V_{Pmax}$, $q = q_{max}$, $f_t = f_t(V_{Pmax}) = f_{tmin}$, ovvero:

$$R^* = (V_{Pmax})^2 / [127 \cdot (q_{max} + f_{tmin})] \quad [m]$$

Per $R_{min} \leq R \leq R^*$ la velocità di progetto si ricava dall'equazione di equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva tenendo conto che $q_{max} = 0,07$ e che f_t varia in funzione della velocità di progetto secondo la tabella riportata in precedenza (interpolando per velocità intermedie).

Per $R > R^*$ la velocità di progetto è costante e pari a $V_P = V_{Pmax}$.

Raggio minimo curve circolari

Il raggio minimo delle curve circolari R_{min} è quello che verifica l'equazione (equilibrio allo sbandamento del veicolo in curva):

$$(V_{Pmin})^2 / [(127 \cdot R_{min})] = (q_{max} + f_{tmax})$$

da cui risulta:

$$R_{min} = (V_{Pmin})^2 / [127 \cdot (q_{max} + f_{tmax})] \quad [m]$$

dove:

- V_{Pmin} = limite inferiore dell'intervallo di velocità di progetto [km/h];
- q_{max} = pendenza trasversale massima [unità assolute];
- $f_{tmax} = f_t(V_{Pmin})$ = quota parte del massimo valore coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente.

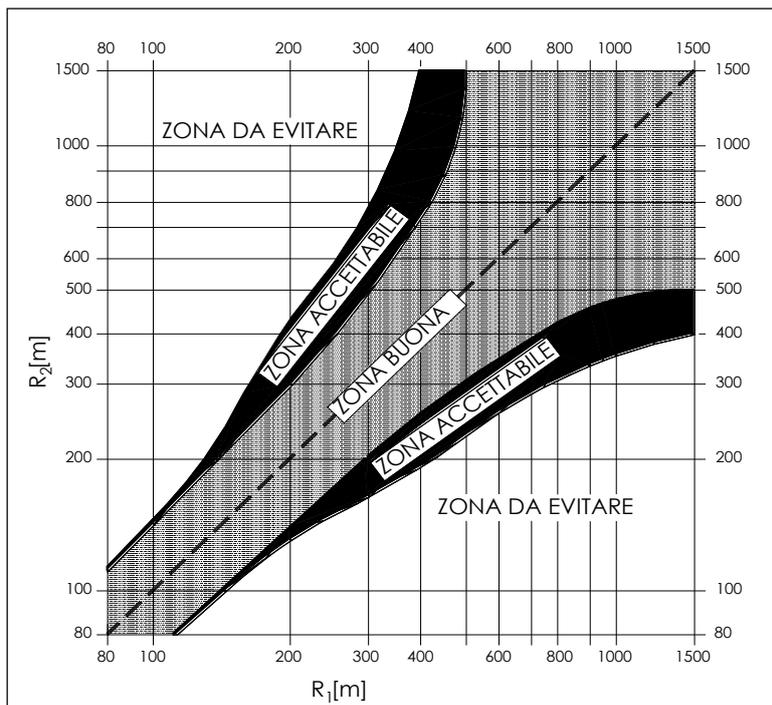
Per il tipo di strada in esame si ha $V_{Pmin} = 90$ km/h, $f_{tmax} = 0,118$, $q_{max} = 0,07$, pertanto risulta un valore del raggio minimo pari a:

Sviluppo minimo curve circolari

Lo sviluppo minimo prescritto per le curve circolari S_{Vmin} è quello che consente, con riferimento alla velocità di progetto della curva, un tempo di percorrenza pari a 2,5 secondi.

Compatibilità curve circolari successive

Le curve circolari sono state progettate in modo che i rapporti tra i raggi R_1 ed R_2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato, definiscono un punto che, con riferimento all'abaco riportato di seguito, si colloca non oltre la "zona accettabile" di cui al diagramma seguente.



Compatibilità tra curve circolari e rettili

La successione geometrica tra rettili e curve circolari deve essere definita in modo tale che tra un rettilo, di lunghezza L_r , ed il raggio R più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilo stesso, mediante l'interposizione di una curva a raggio variabile, sia rispettata la relazione:

$$R > L_r \quad \text{per } L_r < 300 \text{ m}$$

$$R \geq L_r \quad \text{per } L_r \geq 300 \text{ m}$$

Pendenza trasversale lungo le curve circolari

Lungo le curve circolari, la pendenza trasversale q è stata fatta variare in funzione del raggio della curva, risultando non maggiore del valore massimo $q_{\max} = 0,07$, e non inferiore al valore minimo $q_{\min} = 0,025$. In particolare, Indicando con R il raggio della curva circolare, la pendenza trasversale q è stata fatta variare secondo quanto riportato di seguito, distinguendo tre casi:

1. Per $R_{\min} \leq R \leq R^*$ la pendenza trasversale è costante e pari a $q = q_{\max} = 0,07$ dove:
 - R_{\min} è il raggio minimo per il tipo di strada, calcolato per $V_P = V_{P_{\min}}$, $f_t = f_t(V_{P_{\min}}) = f_{t_{\max}}$ e $q = q_{\max}$, ovvero:

$$R_{\min} = (V_{P \min})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t \max})] \quad [m]$$

- R^* è il raggio calcolato per $V_P = V_{P \max}$, ($f_t = f_t(V_{P \max}) = f_{t \min}$) e $q = q_{\max}$, ovvero:

$$R^* = (V_{P \max})^2 / [127 \cdot (q_{\max} + f_{t \min})] \quad [m];$$

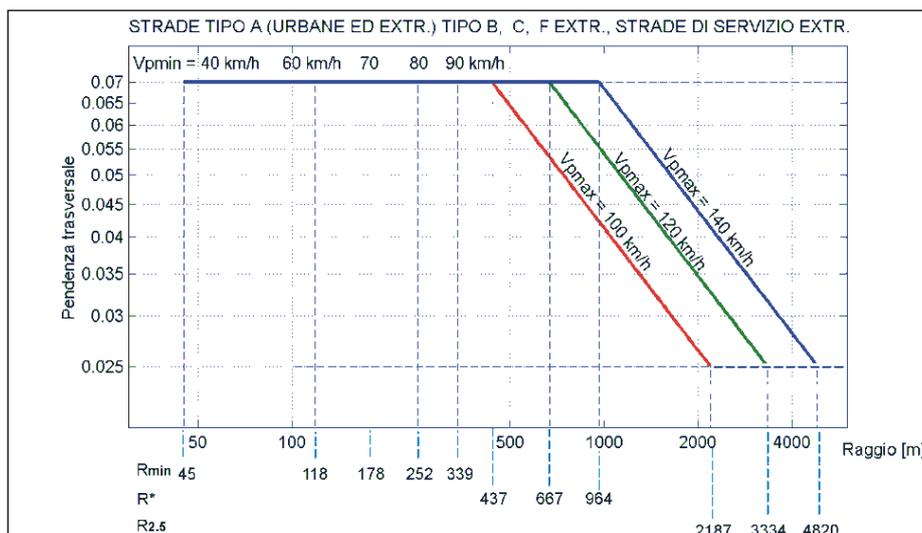
2. Per $R^* \leq R \leq R_{2.5}$ la pendenza trasversale varia secondo la legge $\ln q = a \cdot \ln(R) + b$, da cui si ha $q = \exp(a \cdot \ln(R) + b)$;

dove:

- $R_{2.5} = 5 \cdot R^*$ è il raggio corrispondente a $V_P = V_{P \max}$ ed a $q = q_{\min}$;
- a è un coefficiente, indipendente dal tipo di strada, il cui valore è pari a -0,64;
- b è un coefficiente, funzione del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto, che per la strada in esame è pari a 1,74.

3. Per $R \geq R_{2.5}$ la pendenza trasversale è costante e pari a $q = q_{\min} = 0,025$

La formulazione analitica esposta, è equivalente all'utilizzo dell'abaco di seguito riportato.



Allargamenti per l'iscrizione lungo le curve circolari

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

$$E = K / R \quad [m]$$

dove:

- $K = 45$;
- R = raggio esterno (in m) della corsia.

Per il tipo di strada in esame, a carreggiate separate, si assume come raggio per il calcolo dell'allargamento quello dell'asse di ciascuna carreggiata o semi carreggiata.

Se l'allargamento E, calcolato con la relazione precedente, è inferiore a 20 cm la corsia conserva la larghezza del rettilineo. Inoltre, il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

4.2.1.3 Clotoidi

Tra le curve circolari ed i rettilineari sono state inserite curve a raggio variabile costituite da clotoidi lungo le quali si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza. La clotoide risulta definita dall'equazione:

$$r \cdot s = A^2$$

dove:

- r = raggio di curvatura in un punto generico della clotoide [m];
- s = ascissa curvilinea corrispondente al raggio di curvatura r [m];
- A = parametro di scala [m].

Parametro minimo clotoidi

- **Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)**

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

$$A \geq A_{\min-2} = [V^3/c - (g \cdot V \cdot R \cdot (q_f - q_i))/c]^{0,5}$$

dove:

- q_f = pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- q_i = pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%].

- **Criterio 2 (Limitazione della sovrappendenza delle linee di estremità della carreggiata)**

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide, la carreggiata stradale presenta differenti assetti trasversali che vanno raccordati longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza Δ_i nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione, tale sovrappendenza è pari a :

$$\Delta_i = B_i \cdot (|q_f| + |q_i|) / L \quad [\%]$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];
- $|q_f|$ = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- $|q_i|$ = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];
- L = lunghezza dell'arco di clotoide [m].

Per ragioni dinamiche (cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli - velocità di rollio) la sovrappendenza longitudinale Δ_i [%] delle estremità della carreggiata (esclusi gli eventuali allargamenti in curva) non può superare il valore massimo $\Delta_{i\max}$ che si calcola con la seguente espressione:

$$\Delta i_{\max} = 18 \cdot B_i / V \quad [\%]$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile [m];
- V = velocità di progetto [km/h].

A partire dal valore Δi_{\max} [%] si ricava la lunghezza minima dell'arco di clotoide L_{\min} [m]:

$$L_{\min} = B_i \cdot (|q_{il}| + |q_{fl}|) / \Delta i_{\max}$$

pertanto, il parametro A [m] deve verificare la seguente relazione:

$$A \geq A_{\min-2} = [B_i \cdot (|q_{il}| + |q_{fl}|) / ((1/R_i - 1/R_f) \cdot \Delta i_{\max})]^{0,5}$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];
- $|q_{il}|$ = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];
- $|q_{fl}|$ = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- R_i = raggio nel punto iniziale dell'arco di clotoide [m];
- R_f = raggio nel punto finale dell'arco di clotoide [m];
- Δi_{\max} = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione [%].

Avendo fissato $\Delta i_{\max} = 18 \cdot B_i / V$ [%], la relazione da rispettare sul parametro minimo diventa:

$$A \geq A_{\min-2} = [(|q_{il}| + |q_{fl}|) \cdot V / ((1/R_i - 1/R_f) \cdot 18)]^{0,5}$$

- **Criterio 3 (Ottico)**

Per garantire la percezione ottica del raccordo, deve essere verificata la relazione:

$$A \geq A_{\min-3} = R/3$$

dove R [m] è il raggio della curva che si connette all'arco di clotoide di parametro A [m].

Parametro massimo clotoidi

Le clotoidi inserite nei tracciati, sono state progettate secondo parametri di scala A non superiori al valore massimo A_{\max} necessario per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, ovvero:

$$A \leq A_{\max} = R$$

dove R [m] è il raggio della curva che si connette all'arco di clotoide di parametro A [m].

Compatibilità clotoidi successive

Tra due clotoidi, di parametro A_1 e A_2 rispettivamente, che si connettono ad una stessa curva, risulta soddisfatta la relazione:

$$2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

ponendo: $A_{\min} = \min (A_1, A_2)$ e $A_{\max} = \max (A_1, A_2)$, la relazione di cui sopra è equivalente a:

$$A_{\min} / A_{\max} \geq 2/3 \quad \text{oppure} \quad A_{\max} / A_{\min} \geq 3/2$$

Pendenza trasversale lungo le clotoidi

Lungo le clotoidi si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale dal valore proprio di un elemento a quello relativo al successivo. Questo passaggio si ottiene facendo ruotare la carreggiata stradale, o parte di essa, intorno ad un asse.

Per effetto della rotazione dei cigli, lungo le clotoidi si genera una sovrappendenza Δ_i nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Tale sovrappendenza è pari a:

$$\Delta_i = B_i \cdot (|q_{i1}| + |q_{i2}|) / L \quad [\%]$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];
- $|q_{i1}|$ = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];
- $|q_{i2}|$ = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];
- L = lunghezza dell'arco di clotoide [m].

Le clotoidi inserite nei tracciati, danno luogo a valori della sovrappendenza contenuti nei limiti prescritti (massimi e minimi) riportati di seguito.

Valori massimi della sovrappendenza Δ_i

La sovrappendenza Δ_i deve risultare inferiore ad un valore massimo $\Delta_{i\max}$, come già esposto a proposito della limitazione del parametro delle clotoidi derivante dal Criterio 2.

Valori minimi della sovrappendenza Δ_i

Quando lungo una clotoide la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima $q_{\min} = 2,5\%$ necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza Δ_i dell'estremità che si solleva sia non inferiore al valore minimo prescritto $\Delta_{i\min}$:

$$\Delta_{i\min} = 0,1 \cdot B_i \quad [\%]$$

dove B_i [m] è la distanza tra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata.

Se pertanto risulta $\Delta_i < \Delta_{i\min}$, è necessario "spezzare" in due parti il profilo dei cigli della carreggiata, realizzando un primo tratto, di lunghezza L_1 , con pendenza maggiore o uguale a $\Delta_{i\min}$, fino a quando la pendenza trasversale ha raggiunto il valore minimo $q_{\min} = 2,5\%$; la pendenza risultante per il tratto successivo potrà essere anche inferiore a $\Delta_{i\min}$:

Pertanto, la lunghezza del tratto L_1 [m] non può oltrepassare il valore massimo $L_{1\max}$ (per valori $L_1 > L_{1\max}$ si realizzerebbero pendenze inferiori a $\Delta_{i\min}$), ovvero:

- $L_1 \leq L_{1\max} = [B_i \cdot (0,025 + 0,025) \cdot 100] / \Delta_{i\min}$ per clotoide di transizione (rettifilo - curva);
- $L_1 \leq L_{1\max} = [B_i \cdot (0,025 + 0,00) \cdot 100] / \Delta_{i\min}$ per clotoide di flesso (curva - curva)

4.2.2 Asse Carreggiata Nord

4.2.2.1 Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento planimetrico dell'asse della Carreggiata Nord sono riportate nella tabella seguente.

Asse Carreggiata Nord - Andamento planimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	A [m]	Note	
1	1	rettifilo	16,05	55,23	39,18	∞	-	Elementi geometrici in congruenza e continuità con il Raccordo SA-AV esistente in corrispondenza della connessione con l'Autostrada A2	
2	1	clotoide	55,23	75,27	20,04	variabile	105,000		
3	1	curva	75,27	334,45	259,18	550,00	-		
4	2	clotoide	334,45	350,00	15,55	58,90	variabile		180,000
			350,00	393,35	43,35				
5	2	rettifilo	393,35	550,00	156,65	292,98	∞	-	
			550,00	686,33	136,33				
6	3	clotoide	550,00	865,98	315,98	variabile	320,000	Intervento di adeguamento di progetto a tre corsie	
7	2	curva	865,98	976,18	110,20	570,00	-		
8	4	clotoide	976,18	1110,79	134,61	variabile	277,000		
9	3	rettifilo	1110,79	1152,79	42,00	∞	-		
10	5	clotoide	1152,79	1288,02	135,23	variabile	301,000		
11	3	curva	1288,02	1558,51	270,49	670,00	-		
12	6	clotoide	1558,51	1711,35	152,84	variabile	320,000		
13	4	rettifilo	1711,35	2075,99	364,64	∞	-		
14	7	clotoide	2075,99	2175,99	100,00	variabile	500,000		
15	4	curva	2175,99	2504,10	328,11	2500,00	-		
16	8	clotoide	2504,10	2555,94	51,84	variabile	360,000		
17	5	rettifilo	2555,94	2558,25	2,31	∞	-		
18	9	clotoide	2558,25	2714,61	156,36	variabile	355,000		
19	5	curva	2714,61	2882,74	168,13	806,00	-		
20	10	clotoide	2882,74	3002,74	120,00	variabile	311,000		
21	6	rettifilo	3002,74	3002,81	0,07	∞	-		
22	11	clotoide	3002,81	3144,56	141,75	variabile	292,600		
23	6	curva	3144,56	3198,81	54,25	604,00	-		
24	12	clotoide	3198,81	3420,59	221,78	variabile	366,000		
25	7	rettifilo	3420,59	3669,88	249,29	∞	-		
26	13	clotoide	3669,88	3728,70	58,82	variabile	420,117		
27	7	curva	3728,70	3909,09	180,39	3001,13	-		
28	14	clotoide	3909,09	4093,25	184,16	variabile	510,000		
29	8	curva	4093,25	4439,63	346,38	960,36	-		
30	15	clotoide	4439,63	4849,55	409,92	variabile	627,433		
31	8	rettifilo	4849,55	5078,97	229,42	∞	-		
32	16	clotoide	5078,97	5220,09	141,12	variabile	420,000		
33	9	curva	5220,09	5784,90	564,81	1250,00	-		
34	17	clotoide	5784,90	5926,02	141,12	variabile	420,000		
35	9	rettifilo	5926,02	7622,64	1696,62	∞	-		
36	18	clotoide	7622,64	7736,31	113,67	variabile	343,000		
37	10	curva	7736,31	8046,72	310,41	1035,00	-		
38	19	clotoide	8046,72	8160,39	113,67	variabile	343,000		
39	10	rettifilo	8160,39	8161,08	0,69	∞	-		
40	20	clotoide	8161,08	8324,24	163,16	variabile	325,131		

Asse Carreggiata Nord - Andamento planimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	A [m]	Note
41	11	curva	8324,24	8366,72	42,48	647,91	-	Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30

La notazione utilizzata nelle tabelle, per ciascun elemento geometrico planimetrico, è la seguente:

- N = numero d'ordine progressivo;
- n = numero d'ordine per elemento geometrico omogeneo (rettifilo/curva/clotoide);
- Elemento = tipo di elemento geometrico;
- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- R = raggio di curvatura;
- A = parametro di scala delle clotoidi;
- Note = specificazione degli elementi geometrici nell'ambito dell'intervento di progetto.

4.2.2.2 Criteri di flessibilità

Sulla base dei criteri progettuali adottati, gli elementi geometrici risultano pienamente conformi alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 a meno dei seguenti elementi, per i quali, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti, sono state ammesse deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi.

Asse Carreggiata Nord - Andamento planimetrico: elementi con deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	A [m]
5	2	rettifilo	393,35	550,00	156,65	∞	-
			550,00	686,33	136,33		
14	7	clotoide	2075,99	2175,99	100,00	variabile	500,000
16	8	clotoide	2504,10	2555,94	51,84	variabile	360,000
23	6	curva	3144,56	3198,81	54,25	604,00	-
25	7	rettifilo	3420,59	3669,88	249,29	∞	-
26	13	clotoide	3669,88	3728,70	58,82	variabile	420,117
28	14	clotoide	3909,09	4093,25	184,16	variabile	510,000
31	8	rettifilo	4849,55	5078,97	229,42	∞	-
36	18	clotoide	7622,64	7736,31	113,67	variabile	343,000
38	19	clotoide	8046,72	8160,39	113,67	variabile	343,000
39	10	rettifilo	8160,39	8161,08	0,69	∞	-

Per gli elementi geometrici di cui sopra, nella tabella seguente è riportata giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati con corrispondente analisi e valutazione delle criticità.

Asse Carreggiata Nord - Andamento planimetrico: Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):292.98	393,35	686,33	lunghezza minima rettifili	317.76	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la percezione dei

Asse Carreggiata Nord - Andamento planimetrico: Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
					tratti rettilinei del tracciato. La lunghezza del rettilineo n.2 è stata adottata in funzione dei vincoli imposti dall'allineamento in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.
Clotoide n°7 - Parametro A:500.000 - Lunghezza (m):100.00	2075,99	2175,99	criterio ottico R/3 clotoidi	833.333	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoidico. Il valore del parametro della clotoide n.7 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.4 (R=2500 m tra progr. 2175,99 e progr. 2504,10).
Clotoide n°8 - Parametro A:360.000 - Lunghezza (m):51.84	2504,10	2555,94	criterio ottico R/3 clotoidi	833.333	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoidico. Il valore del parametro della clotoide n.8 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.4 (R=2500 m tra progr. 2175,99 e progr. 2504,10) e dalla lunghezza del rettilineo n.5 (L=2,31 m tra progr. 2555,94 e progr. 2558,25).
Raccordo n°6 - Raggio (m):604.00 - Lunghezza (m):54.26	3144,56	3198,81	sviluppo minimo curve circolari	79.86	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la percezione della curvatura a raggio costante del tracciato durante la percorrenza. Le caratteristiche geometriche della curva n.6 sono state adottate in funzione del rispetto dei vincoli imposti sia dall'allineamento precedente la curva (vincolato dalla nuova galleria Cologna Carreggiata Nord) che dall'allineamento successivo alla curva (vincolato dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Nord parallelo alla Carreggiata Sud (in adeguamento della piattaforma stradale esistente).
Rettilineo n°7 - Lunghezza (m):249.29	3420,59	3669,88	lunghezza minima rettilinei	360.00	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la percezione dei tratti rettilinei del tracciato. La lunghezza del rettilineo n.7 è stata adottata in funzione dei vincoli imposti dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Nord in parziale riutilizzo della piattaforma stradale esistente e parallelo alla Carreggiata Sud (in adeguamento della piattaforma stradale esistente).
Clotoide n°13 - Parametro A:420.117 - Lunghezza (m):58.81	3669,88	3728,70	criterio ottico R/3 clotoidi	1.000.375	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoidico. Il valore del parametro della clotoide n.13 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.7 (R=3001,13 m tra progr. 3728,70 e progr. 3909,09).
Clotoide n°14 - Parametro A:510.000 - Lunghezza (m):184.17	3909,09	4093,25	criterio ottico R/3 clotoidi	1.000.375	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del

Asse Carreggiata Nord - Andamento planimetrico: Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
					raccordo clotoideo. Il valore del parametro della clotoide n.14 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.7 (R=3001,13 m tra progr. 3728,70 e progr. 3909,09) e dalla necessità di raccordo di tale curva, tramite clotoide di continuità, con la curva n.8 (R=960,36 m tra progr. 4093,25 e progr. 4439,63)
Rettifilo n°8 - Lunghezza (m):229.42	4849,55	5078,97	lunghezza massima rettifili di flesso	83.79	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la corretta percezione del raccordo di flesso. La lunghezza del rettifilo n.8 è stata adottata in funzione dei vincoli imposti dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Nord in parziale riutilizzo della piattaforma stradale esistente e parallelo alla Carreggiata Sud (in adeguamento della piattaforma stradale esistente).
Clotoide n°18 - Parametro A:343.000 - Lunghezza (m):113.67	7622,64	7736,31	criterio ottico R/3 clotoidi	345.000	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoideo. Il valore del parametro della clotoide n.18 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.10 (R=1035 m tra progr. 7736,31 e progr. 8046,72).
Clotoide n°19 - Parametro A:343.000 - Lunghezza (m):113.67	8046,72	8160,39	criterio ottico R/3 clotoidi	345.000	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoideo. Il valore del parametro della clotoide n.19 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.10 (R=1035 m tra progr. 7736,31 e progr. 8046,72) e dal raccordo in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.
Rettifilo n°10 - Lunghezza (m):0.69	8160,39	8161,08	lunghezza minima rettifili	312.71	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la percezione dei tratti rettilinei del tracciato. La lunghezza del rettifilo n.10 è stata adottata in funzione dei vincoli imposti dal raccordo in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.

4.2.3 Asse Carreggiata Sud

4.2.3.1 Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento planimetrico dell'asse della Carreggiata Sud sono riportate nella tabella seguente.

Asse Carreggiata Sud - Andamento planimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]		R [m]	A [m]	Note
1	1	rettifilo	8228,09	8225,72	2,37		∞	-	Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30
2	1	clotoide	8225,72	8134,40	91,32		variabile	355,000	Tratto a due corsie di raccordo all'Autostrada A30
3	1	curva	8134,40 8068,58	8068,58 7718,25	65,82 350,33	416,15	1380,00	-	
4	2	clotoide	7718,25	7499,05	219,20		variabile	550,000	Intervento di adeguamento di progetto
5	2	rettifilo	7499,05	6033,05	1466,00		∞	-	
6	3	clotoide	6033,05	5777,73	255,32		variabile	600,000	
7	2	curva	5777,73	5236,76	540,97		1410,00	-	
8	4	clotoide	5236,76	4981,44	255,32		variabile	600,000	
9	3	rettifilo	4981,44	4721,24	260,20		∞	-	
10	5	clotoide	4721,24	4603,40	117,84		variabile	345,000	
11	3	curva	4603,40	3942,97	660,43		1010,00	-	
12	6	clotoide	3942,97	3825,12	117,85		variabile	345,000	
13	4	rettifilo	3825,12	3362,53	462,59		∞	-	
14	7	clotoide	3362,53	3192,68	169,85		variabile	370,000	
15	4	curva	3192,68	3059,59	133,09		806,00	-	
16	8	clotoide	3059,59	2903,23	156,36		variabile	355,000	
17	5	rettifilo	2903,23	2901,29	1,94		∞	-	
18	9	clotoide	2901,29	2747,76	153,53		variabile	320,000	
19	5	curva	2747,76	2674,15	73,61		667,00	-	
20	10	clotoide	2674,15	2520,63	153,52		variabile	320,000	
21	6	rettifilo	2520,63	2509,03	11,60		∞	-	
22	11	clotoide	2509,03	2424,82	84,21		variabile	400,000	
23	6	curva	2424,82	2242,63	182,19		1900,00	-	
24	12	clotoide	2242,63	2158,42	84,21		variabile	400,000	
25	7	rettifilo	2158,42	1714,06	444,36		∞	-	
26	13	clotoide	1714,06	1559,38	154,68		variabile	320,000	
27	7	curva	1559,38	1267,30	292,08		662,00	-	
28	14	clotoide	1267,30	1146,49	120,81		variabile	282,800	
29	8	rettifilo	1146,49	1146,33	0,16		∞	-	
30	16	clotoide	1146,33	1014,79	131,54		variabile	267,500	
31	10	curva	1014,79	871,21	143,58		544,00	-	
32	17	clotoide	871,21	739,68	131,53		variabile	267,500	
33	9	rettifilo	739,68	510,64	229,04		∞	-	
34	18	clotoide	510,64 350,00	350,00 184,56	160,64 165,44	- 326,08	variabile	352,102	Elementi geometrici in congruenza e continuità con il Raccordo SA-AV esistente in corrispondenza della connessione con l'Autostrada A2
35	11	curva	350,00	153,14	196,86		365,09	-	

La notazione utilizzata nelle tabelle, per ciascun elemento geometrico planimetrico, è la seguente:

- N = numero d'ordine progressivo;
- n = numero d'ordine per elemento geometrico omogeneo (rettifilo/curva/clotoide);
- Elemento = tipo di elemento geometrico;
- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- R = raggio di curvatura;
- A = parametro di scala delle clotoidi;

- Note = specificazione degli elementi geometrici nell'ambito dell'intervento di progetto.

4.2.3.2 Criteri di flessibilità

Sulla base dei criteri progettuali adottati, gli elementi geometrici risultano pienamente conformi alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 a meno dei seguenti elementi, per i quali, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti, sono state ammesse deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi.

Asse Carreggiata Sud - Andamento planimetrico: elementi con deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	R [m]	A [m]
2	1	clotoide	8225,72	8134,40	91,32	variabile	355,000
4	2	clotoide	7718,25	7499,05	219,20	variabile	550,000
9	3	rettifilo	4981,44	4721,24	260,20	∞	-
19	5	curva	2747,76	2674,15	73,61	667,00	-
22	11	clotoide	2509,03	2424,82	84,21	variabile	400,000
24	12	clotoide	2242,63	2158,42	84,21	variabile	400,000
33	9	rettifilo	739,68	510,64	229,04	∞	-

Per gli elementi geometrici di cui sopra, nella tabella seguente è riportata giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati con corrispondente analisi e valutazione delle criticità.

Asse Carreggiata Sud - Andamento planimetrico: Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
Clotoide n°1 - Parametro A:355.000 - Lunghezza (m):91.32	8225,72	8134,40	criterio ottico R/3 clotoidi	460.000	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoidico. Il valore del parametro della clotoide n.1 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.1 (R=1380 m tra progr. -8134,40 e progr. -7718,25) e dei vincoli imposti dall'allineamento in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.
			rapporto clotoidi $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$	$2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$	La limitazione del rapporto tra clotoidi rientra nell'ambito dei rapporti dimensionali limite prescritti per gli elementi a curvatura variabile. Il valore del parametro delle clotoidi n.1 e n. 2 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.1 (R=1380 m tra progr. -8134,40 e progr. -7718,25) e dei vincoli imposti dall'allineamento in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.
Clotoide n°2 - Parametro A:550.000 - Lunghezza (m):219.20	7718,25	7499,05	rapporto clotoidi $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$	$2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$	La limitazione del rapporto tra clotoidi rientra nell'ambito dei rapporti dimensionali limite prescritti per gli elementi a curvatura variabile. Il valore del parametro delle clotoidi n.1 e n. 2 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.1

Asse Carreggiata Sud - Andamento planimetrico: Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
					(R=1380 m tra progr. -8134,40 e progr. -7718,25) e dei vincoli imposti dall'allineamento in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.
Rettifilo n°3 - Lunghezza (m):260.20	4981,44	4721,24	lunghezza massima rettifili di flesso	75.60	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la corretta percezione del raccordo di flesso. La lunghezza del rettifilo n.3 è stata adottata in funzione dei vincoli imposti dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Sud in completo riutilizzo della piattaforma stradale esistente e parallelo alla Carreggiata Nord (in parziale riutilizzo della sede stradale esistente).
Raccordo n°5 - Raggio (m):667.00 - Lunghezza (m):73.61	2747,76	2674,15	sviluppo minimo curve circolari	83.33	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la percezione della curvatura a raggio costante del tracciato durante la percorrenza. Le caratteristiche geometriche della curva n.5 sono state adottate in funzione del rispetto dei vincoli imposti sia dall'allineamento precedente la curva (vincolato dalla nuova galleria Cologna Carreggiata Sud) che dall'allineamento successivo alla curva (vincolato dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Sud parallelo alla Carreggiata Nord).
Clotoide n°11 - Parametro A:400.000 - Lunghezza (m):84.21	2509,03	2424,82	criterio ottico R/3 clotoidi	1.900.000	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoidico. Il valore del parametro della clotoide n.11 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.6 (R=1900 m tra progr. -2424,82 e progr. -2242,63).
Clotoide n°12 - Parametro A:400.000 - Lunghezza (m):84.21	2242,63	2158,42	criterio ottico R/3 clotoidi	1.900.000	Il parametro limite è correlato alla necessità di garantire la percezione del raccordo clotoidico. Il valore del parametro della clotoide n.11 è stato adottato in funzione dei vincoli geometrici imposti dalla deviazione angolare della curva n.6 (R=1900 m tra progr. -2424,82 e progr. -2242,63).
Rettifilo n°9 - Lunghezza (m):229.03	739,68	510,64	lunghezza minima rettifili	314.99	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la percezione dei tratti rettilinei del tracciato. La lunghezza del rettifilo n.9 è stata adottata in funzione dei vincoli imposti dal raccordo in congruenza e continuità con l'infrastruttura esistente.

4.3 ANDAMENTO ALTIMETRICO

4.3.1 Parametri limite

4.3.1.1 Livellette

La definizione del profilo altimetrico è avvenuta attraverso l'inserimento di livellette con valori delle pendenze contenute nel limite massimo prescritto per il tipo di strada pari a $i_{\max} = 5\%$.

4.3.1.2 Raccordi parabolici

Per il raccordo tra livellette successive, sono stati impiegati raccordi altimetrici parabolici concavi e convessi.

I raggi dei raccordi verticali inseriti risultano superiori ai valori minimi prescritti i quali sono stabiliti sulla base di due criteri:

1. Assicurare il comfort all'utenza;
2. Assicurare le visuali libere per la sicurezza di marcia.

In base al primo criterio, si pone un limite all'accelerazione verticale a_v [m/s^2], ovvero:

$$a_v = v_p^2 / R_v \leq a_{v \text{ lim}}$$

dove:

- v_p = velocità di progetto [m/s] (desunta puntualmente dal diagramma di velocità)
- R_v = raggio del raccordo verticale nel vertice della parabola [m];
- $a_{v \text{ lim}}$ = accelerazione verticale limite = $0,6 m/s^2$.

da cui risulta un valore minimo del raggio del raccordo verticale pari a:

$$R_{v \text{ min}} = 0,129 V_p^2$$

dove V_p è la velocità di progetto [km/h] (desunta puntualmente dal diagramma di velocità)

In base al secondo criterio, si richiede che il conducente possa vedere, ad una prefissata distanza D , un oggetto che si trovi sulla sua traiettoria. In particolare, occorre garantire la possibilità di arrestarsi di fronte ad un ostacolo, pertanto occorre assumere $D = D_a$ (dove D_a è la visuale libera richiesta per l'arresto). Per tale criterio vanno esaminati, separatamente, i raccordi convessi da quelli concavi.

Raccordi convessi

In relazione ai raccordi convessi, vengono distinti due casi, a seconda che la distanza di visuale libera richiesta per l'arresto (D_a) sia inferiore o superiore allo sviluppo L del raccordo.

Caso $D_a < L$

In tal caso il raggio minimo del raccordo $R_{v \text{ min}}$ [m] risulta:

$$R_{\text{min}} = D_a^2 / [2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot (h_1 + h_2)^{0,5})] \quad [m]$$

dove:

- D_a = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto [m];
- h_1 = altezza dell'occhio del conducente dal piano stradale = $1,10 m$;
- h_2 = altezza dell'ostacolo dal piano stradale = $0,10 m$.

Caso $D_a > L$

In tal caso il raggio minimo del raccordo R_{vmin} [m] risulta:

$$R_{min} = (2/\Delta i) \cdot [D_a - ((h_1 + h_2 + 2 \cdot (h_1 + h_2)^{0,5}) / \Delta i)] \quad [m]$$

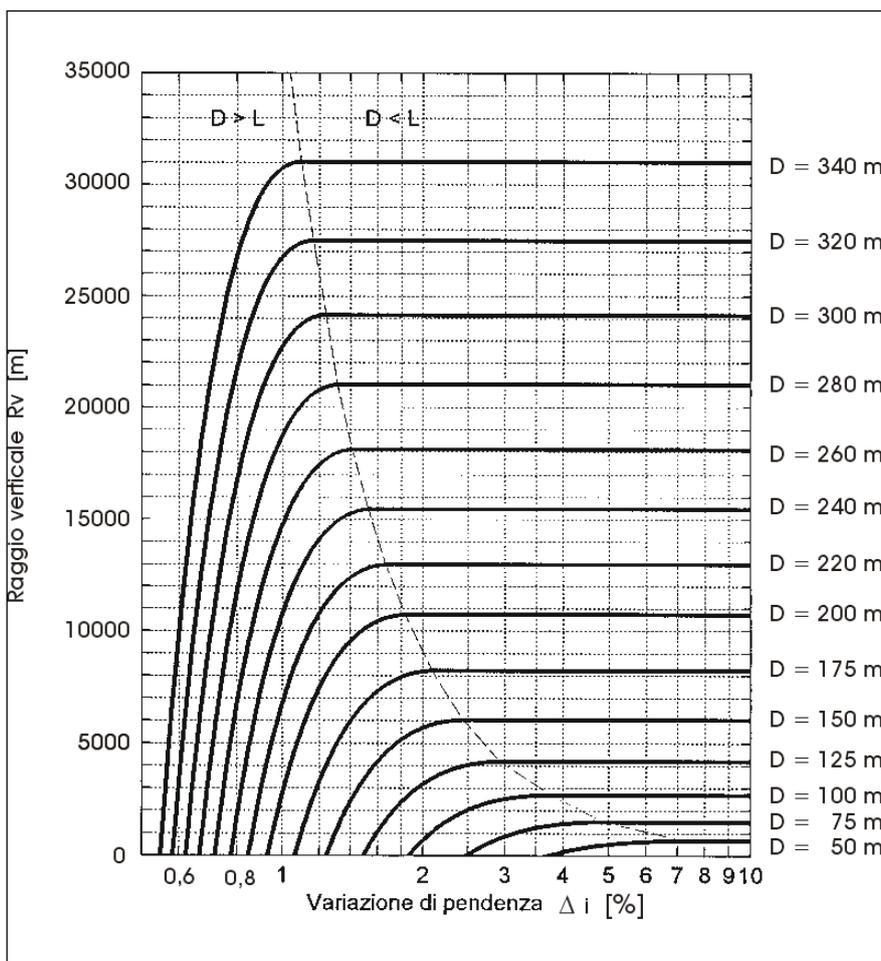
dove:

- Δi = variazione di pendenza tra le livellette del raccordo [%];
- D_a = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto [m];
- h_1 = altezza dell'occhio del conducente dal piano stradale = 1,10 m;
- h_2 = altezza dell'ostacolo dal piano stradale = 0,10 m.

La relazione da utilizzare dipende dal valore della variazione di pendenza Δi . In particolare, indicato con Δi^* il valore della variazione di pendenza che verifica $D_a = L$ nella relazione valida nel caso $D_a > L$, occorre procedere in questo modo:

- per $\Delta i > \Delta i^*$ la relazione da utilizzare è quella valida per $D_a < L$;
- per $\Delta i \leq \Delta i^*$ la relazione da utilizzare è quella valida per $D_a > L$.

Le formulazioni analitiche di cui sopra, risultano equivalenti all'utilizzo dell'abaco riportato di seguito.



Raccordi concavi

Per quanto riguarda i raccordi concavi, non si pongono problemi di visibilità con luce diurna, mentre è necessario garantire che il tratto di strada illuminato dai fari abbia lunghezza non inferiore alla distanza di arresto D_a . Anche in relazione ai raccordi convessi, vengono distinti due casi, a seconda che la distanza di visuale libera richiesta per l'arresto (D_a) sia inferiore o superiore allo sviluppo L del raccordo.

Caso $D_a < L$

In tal caso il raggio minimo del raccordo R_{vmin} [m] risulta:

$$R_{vmin} = D_a^2 / 2 \cdot (h + D_a \cdot \Theta) \quad [m]$$

dove:

- D_a = distanza di visuale libera richiesta per l'arresto [m];
- h = altezza del centro dei fari del veicolo dal piano stradale = 0,50 m;
- Θ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo = 1° (0,017453293 rad).

Caso $D_a > L$

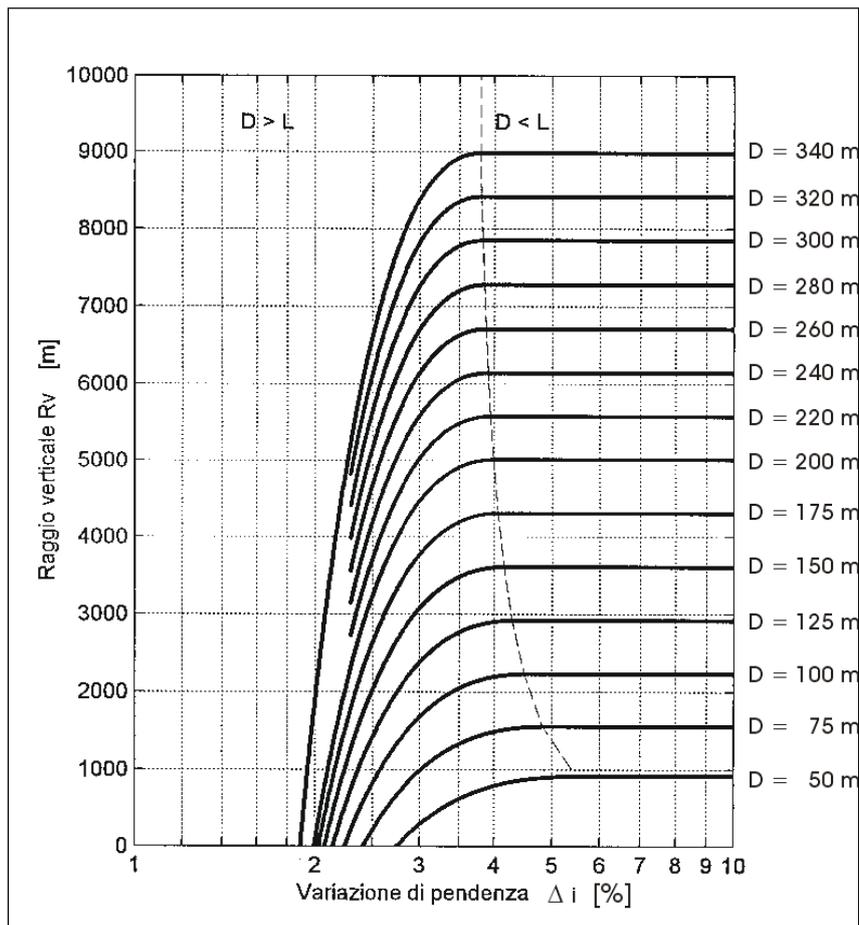
In tal caso il raggio minimo del raccordo R_{vmin} [m] risulta:

$$R_{vmin} = (2/\Delta i) \cdot [D_a - ((h + D_a \cdot \Theta)\Delta i)] \quad [m]$$

Allo stesso modo dei raccordi convessi, la relazione da utilizzare dipende dal valore della variazione di pendenza Δi . In particolare, indicato con Δi^* il valore della variazione di pendenza che verifica $D_a = L$ nella relazione valida nel caso $D_a > L$, occorre procedere in questo modo:

- per $\Delta i > \Delta i^*$ la relazione da utilizzare è quella valida per $D_a < L$;
- per $\Delta i \leq \Delta i^*$ la relazione da utilizzare è quella valida per $D_a > L$.

La formulazione analitica di cui sopra, è equivalente all'utilizzo dell'abaco riportato di seguito.



4.3.2 Asse Carreggiata Nord

4.3.2.1 Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento altimetrico dell'asse della Carreggiata Nord sono riportate nella tabella seguente.

Asse Carreggiata Nord - Andamento altimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	i [%]	R [m]	Note
1	1	livelletta	550,00	2559,78	2009,78	3,036%	∞	Intervento di adeguamento di progetto a tre corsie
2	1	raccordo convesso	2559,78	2733,81	174,03	variabile	10800	
3	2	livelletta	2733,81	3110,79	376,98	1,424%	∞	
4	2	raccordo concavo	3110,79	3283,17	172,38	variabile	6500	
5	3	livelletta	3283,17	3523,79	240,62	4,076%	∞	
6	3	raccordo convesso	3523,79	3880,16	356,38	variabile	8245	
7	4	livelletta	3880,16	3880,23	0,07	-0,246%	∞	
8	4	raccordo concavo	3880,23	4453,80	573,57	variabile	13200	
9	5	livelletta	4453,80	5000,62	546,82	4,099%	∞	
10	5	raccordo convesso	5000,62	5071,53	70,91	variabile	100000	
11	6	livelletta	5071,53	5382,44	310,91	4,028%	∞	
12	6	raccordo convesso	5382,44	5844,37	461,92	variabile	9200	
13	7	livelletta	5844,37	6094,22	249,86	-0,993%	∞	

Asse Carreggiata Nord - Andamento altimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	i [%]	R [m]	Note		
14	7	raccordo concavo	6094,22	6653,76	559,54	variabile	14900			
15	8	livelletta	6653,76	6867,14	213,38	2,763%	∞			
16	8	raccordo convesso	6867,14	7166,99	299,85	variabile	7500			
17	9	livelletta	7166,99	7621,38	454,39	-1,235%	∞			
18	9	raccordo concavo	7621,38	7991,35	369,97	variabile	12600			
19	10	livelletta	7991,35	8324,24	332,89	376,02	1,701%	∞	-	Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30 esistente
			8324,24	8367,37	43,13					

La notazione utilizzata nella tabella, per ciascun elemento geometrico altimetrico, è la seguente:

- N = numero d'ordine progressivo;
- n = numero d'ordine per elemento geometrico omogeneo (livelletta/raccordo concavo/raccordo convesso);
- Elemento = tipo di elemento geometrico;
- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- i = pendenza;
- R = raggio di curvatura;
- Note = specificazione degli elementi geometrici nell'ambito dell'intervento di progetto.

4.3.2.2 Criteri di flessibilità

Sulla base dei criteri progettuali adottati, gli elementi geometrici risultano pienamente conformi alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 a meno dei seguenti elementi, per i quali, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti, sono state ammesse deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi.

Asse Carreggiata Nord - Andamento altimetrico: elementi con deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	i [%]	R [m]
2	1	raccordo convesso	2559,78	2733,81	174,03	variabile	10800
6	3	raccordo convesso	3523,79	3880,16	356,38	variabile	8245
12	6	raccordo convesso	5382,44	5844,37	461,92	variabile	9200
16	8	raccordo convesso	6867,14	7166,99	299,85	variabile	7500

Per gli elementi geometrici di cui sopra, nella tabella seguente è riportata giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati con corrispondente analisi e valutazione delle criticità.

Asse Carreggiata Nord - Andamento altimetrico: Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
Parabola n°1 - Raggio (m):10800.00 - Lunghezza (m):174.030 - K:108.000 (Convesso)	2559,78	2733,812	Raggio minimo da visibilità (m)	15157.15	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.1 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dalla fasizzazione delle opere e dal nuovo Viadotto Cologna. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a V=132 km/h.
Parabola n°3 - Raggio (m):8245.00 - Lunghezza (m):356.375 - K:82.450 (Convesso)	3523,79	3880,16	Raggio minimo da visibilità (m)	14992.26	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.3 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dai sottovia esistenti a progr. 3+590 ed a progr. 3+760 (da demolire e ricostruire con la funzione di transito ciclopeditone), nonché dal nuovo Viadotto Spinacavallo. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a V=119 km/h.
Parabola n°6 - Raggio (m):9200.00 - Lunghezza (m):461.922 - K:92.000 (Convesso)	5382,44	5844,37	Raggio minimo da visibilità (m)	14775.24	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.6 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dal nuovo Viadotto Fontanafiore e dall'Area di Servizio Baronissi Ovest, nonché dall' adeguamento del sottovia scatolare a progr. 5+590 e dal prolungamento del tombino esistente a progr. 5+745. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a 122 km/h.
Parabola n°8 - Raggio (m):7500.00 - Lunghezza (m):299.848 - K:75.000 (Convesso)	6867,14	7166,99	Raggio minimo da visibilità (m)	14378.66	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.8 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dagli elementi stradali (rampe e viabilità complanari) e relative opere afferenti allo Svincolo di Lancusi. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a 115 km/h.

Al fine di garantire idonee condizioni di sicurezza, in corrispondenza degli elementi geometrici di cui sopra si prevedono interventi mitigativi costituiti da opportune limitazioni alla massima velocità consentita all'utenza tramite limiti amministrativi di velocità (cfr. par. 5.3.1.1).

4.3.3 Asse Carreggiata Sud

4.3.3.1 Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche degli elementi geometrici costituenti l'andamento altimetrico dell'asse della Carreggiata Sud sono riportate nella tabella seguente.

Asse Carreggiata Sud - Andamento altimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]		i [%]	R [m]	Note
1	1	livelletta	8228,09	8225,72	2,37	243,24	-1,699%	∞	Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30
			8225,72	8068,58	157,14				Tratto a due corsie di raccordo all'Autostrada A30
			8068,58	7984,85	83,73				
2	1	raccordo concavo	7984,85	7638,38	346,48		variabile	12000	Intervento di adeguamento di progetto Tratto a tre corsie
3	2	livelletta	7638,38	7163,03	475,35		1,189%	∞	
4	2	raccordo convesso	7163,03	6867,33	295,70		variabile	7500	
5	3	livelletta	6867,33	6656,84	210,49		-2,754%	∞	
6	3	raccordo concavo	6656,84	6094,83	562,00		variabile	15000	
7	4	livelletta	6094,83	5844,46	250,37		0,993%	∞	
8	4	raccordo convesso	5844,46	5390,40	454,06		variabile	9000	

Asse Carreggiata Sud - Andamento altimetrico

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	i [%]	R [m]	Note	
9	5	livelletta	5390,40	5000,62	389,78	-4,053%	∞	Elementi geometrici in congruenza e continuità con il Raccordo SA-AV esistente in corrispondenza della connessione con l'Autostrada A2	
10	5	raccordo convesso	5000,62	4953,93	46,69	variabile	100000		
11	6	livelletta	4953,93	4677,21	276,72	-4,099%	∞		
12	6	raccordo concavo	4677,21	4596,76	80,45	variabile	100000		
13	7	livelletta	4596,76	4446,35	150,41	-4,019%	∞		
14	7	raccordo concavo	4446,35	3886,19	560,16	variabile	13200		
15	8	livelletta	3886,19	3885,89	0,30	0,225%	∞		
16	8	raccordo convesso	3885,89	3519,64	366,25	variabile	8600		
17	9	livelletta	3519,64	3273,62	246,02	-4,034%	∞		
18	9	raccordo concavo	3273,62	3118,32	155,30	variabile	6000		
19	10	livelletta	3118,32	2744,71	373,61	-1,446%	∞		
12	10	raccordo convesso	2744,71	2554,21	190,50	variabile	12000		
13	11	livelletta	2554,21	433,00	2121,22	-3,033%	∞		
14	11	raccordo concavo	433,00 350,00	350,00 201,34	83,00 148,66	231,66	variabile		18000
15	12	livelletta	350,00	152,88	197,12	-1,746%	∞		

La notazione utilizzata nella tabella, per ciascun elemento geometrico altimetrico, è la seguente:

- N = numero d'ordine progressivo;
- n = numero d'ordine per elemento geometrico omogeneo (livelletta/raccordo concavo/raccordo convesso);
- Elemento = tipo di elemento geometrico;
- Progr. in. = progressiva iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- i = pendenza;
- R = raggio di curvatura;
- Note = specificazione degli elementi geometrici nell'ambito dell'intervento di progetto.

4.3.3.2 Criteri di flessibilità

Sulla base dei criteri progettuali adottati, gli elementi geometrici risultano pienamente conformi alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001 a meno dei seguenti elementi, per i quali, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti, sono state ammesse deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi.

Asse Carreggiata Sud - Andamento altimetrico: elementi con deviazioni secondo i criteri di flessibilità ammessi

N	n	Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	i [%]	R [m]
4	2	raccordo convesso	7163,03	6867,33	295,70	variabile	7500
8	4	raccordo convesso	5844,46	5390,40	454,06	variabile	9000
16	8	raccordo convesso	3885,89	3519,64	366,25	variabile	8600

Per gli elementi geometrici di cui sopra, nella tabella seguente è riportata giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati con corrispondente analisi e valutazione delle criticità.

Asse Carreggiata Sud - Criteri di flessibilità

Elemento	Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	Parametro limite		Giustificazione e motivazione dei valori dei parametri adottati ed analisi e valutazione delle criticità
Parabola n°2 - Raggio (m):7500.00 - Lunghezza (m):295.701 - K:75.000 (Convesso)	7163,03	6867,33	Raggio minimo da visibilità	14388.43	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.2 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dagli elementi stradali (rampe e viabilità complanari) e relative opere afferenti allo Svincolo di Lancusi. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a V=113 km/h.
Parabola n°4 - Raggio (m):9000.00 - Lunghezza (m):454.060 - K:90.000 (Convesso)	5844,46	5390,40	Raggio minimo da visibilità	14781.77	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.4 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dal nuovo Viadotto Fontanafiore, nonché dall' adeguamento del sottovia scatolare a progr. 5+590 e dal prolungamento del tombino esistente a progr. 5+745. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a 118 km/h.
Parabola n°8 - Raggio (m):8600.00 - Lunghezza (m):366.251 - K:86.000 (Convesso)	3885,89	3519,64	Raggio minimo da visibilità	14986.36	Il parametro limite è correlato alla necessità di assicurare la visuale libera richiesta per l'arresto lungo il raccordo parabolico. Il valore del raggio del raccordo parabolico n.8 è stato adottato in funzione dei vincoli altimetrici imposti dai sottovia esistenti a progr. 3+590 ed a progr. 3+760 (da demolire e ricostruire con la funzione di transito ciclopedonale), nonché dal nuovo Viadotto Spinacavallo. La visuale libera richiesta per l'arresto è assicurata per un valore di velocità pari a V=116 km/h.

Al fine di garantire idonee condizioni di sicurezza, in corrispondenza degli elementi geometrici di cui sopra si prevedono interventi mitigativi costituiti da opportune limitazioni alla massima velocità consentita all'utenza tramite limiti amministrativi di velocità (cfr. par. 5.3.2.1).

4.4 DISTANZE DI VISUALE LIBERA

Con riferimento alle distanze di visuale libera, è stata condotta una verifica, lungo il tracciato, confrontando la distanza di visuale libera disponibile D_V con la distanza di visibilità richiesta per l'arresto D_A .

E' stata verificata, inoltre, la sussistenza della distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia D_c .

La distanza di visuale libera disponibile D_V è 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. Nel caso in esame, lungo le curve circolari sono presenti potenziali ostacoli alla visibilità quali le barriere di sicurezza marginali per le curve in destra, e le barriere di sicurezza spartitraffico per le curve in sinistra.

Nella valutazione della visuale libera disponibile, la posizione del conducente è stata considerata al centro della corsia impegnata, con l'altezza dell'occhio a 1,10 m dal piano viabile.

In particolare, la verifica è stata condotta per le curve in destra e per le curve in sinistra: per le curve in destra è stato considerato il conducente lungo l'asse della corsia di marcia normale, mentre per le curve in sinistra è stato considerato il conducente lungo l'asse della corsia di sorpasso.

La distanza di visibilità richiesta per l'arresto D_A è la distanza pari allo spazio minimo necessario affinché un conducente possa arrestare il veicolo, in condizioni di sicurezza, davanti ad un ostacolo imprevisto. Tale distanza è stata valutata ipotizzando un ostacolo a 0,10 m dal piano viabile e lungo l'asse della corsia occupata dal conducente e si valuta con la seguente espressione:

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

dove:

D_1	=	spazio percorso nel tempo τ	
D_2	=	spazio di frenatura	
V_0	=	velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (cfr. par. 5.4)	[km/h]
V_1	=	velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto	[km/h]
i	=	pendenza longitudinale del tracciato	[%]
τ	=	tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione)	[s]
g	=	accelerazione di gravità	[m/s ²]
Ra	=	resistenza aerodinamica	[N]
m	=	massa del veicolo	[kg]
f_l	=	quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura	
r_0	=	resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile	[N/kg]

La resistenza aerodinamica Ra si valuta con la seguente espressione :

$$Ra = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [N]$$

dove:

C_x	=	coefficiente aerodinamico	
S	=	superficie resistente	[m ²]
ρ	=	massa volumica dell'aria in condizioni standard	[kg/m ³]

Per f_l possono adottarsi le due serie di valori di seguito riportate, una relativa alle autostrade e l'altra valida per tutti gli altri tipi di strade. Tali valori sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm).

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f _i Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
f _i Altre strade	0,45	0,43	0,35	0,30	0,25	0,21	-

Per le autostrade sono stati adottati valori di f_i maggiori in considerazione del fatto che su tale tipo di vie, caratterizzate da standard geometrici elevati nonché da piani viabili di qualità, l'utente tende ad impegnare l'aderenza disponibile in misura maggiore.

Le distanze così calcolate sono valide sia in rettilineo che in curva.

Per il tempo complessivo di reazione si assumono 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.

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

In situazioni particolari quali incroci o tratti di difficile lettura ed interpretazione (intersezioni complesse, innesti o deviazioni successive ecc.) il tempo di cui sopra va maggiorato di 1 secondo nel caso di strada extraurbana e fino a 3 secondi in ambito urbano.

La figura 5.1.2.b riporta le distanze di visibilità per l'arresto calcolate come sopra, in funzione di una pendenza longitudinale costante. In caso di variabilità di tale pendenza (raccordi verticali), si può assumere per essa il valore medio.

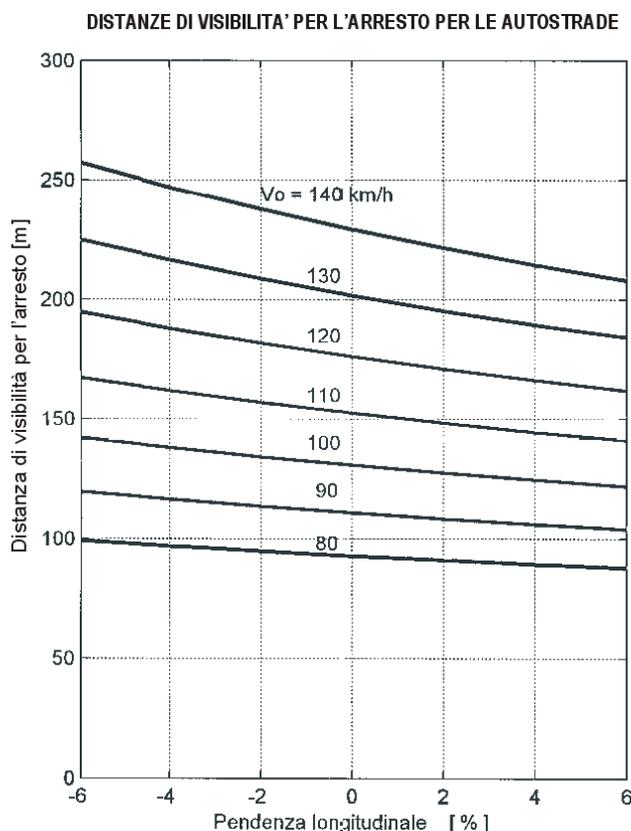


Fig. 5.1.2.b

Il diagramma di figura 5.1.2.b è calcolato per il caso di arresto di una autovettura le cui caratteristiche di resistenza aerodinamica (con riferimento ad una autovettura media) sono precisate di seguito:

C_x = coefficiente aerodinamico	= 0,35
S = superficie resistente	= 2,1 [m ²]
m = massa del veicolo	= 1250 [kg]
ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard	= 1,15 [kg/m ³]

Con queste condizioni e V espressa in km/h

$$\frac{Ra}{m} = 2,61 \times 10^{-5} \times V^2 \quad [N/kg]$$

La verifica delle visuali libere richieste per l'arresto è stata sviluppata mediante l'utilizzo del software "ProSt" che, partendo da un modello 3D della strada, comprensivo degli ostacoli fissi limitanti la visibilità (Barriere di sicurezza laterali e spartitraffico, opere di sostegno) è in grado di stimare le distanze di visuali disponibili, valutando di fatto gli effetti combinati dell'andamento planimetrico e dell'altimetria del tracciato ai fini della percezione che l'utente ha della strada.

Il programma traccia tutti i raggi di visione a partire dall'asse della singola corsia, arrestandole in corrispondenza del primo ostacolo incontrato, sia esso il pavimentato od un ostacolo posizionato marginalmente alla carreggiata.

Successivamente, in base al diagramma velocità ed all'andamento altimetrico, il software calcola le distanze di arresto minime da garantire lungo il tracciato utilizzando la formulazione analitica di cui sopra prescritta dalla normativa. Tali distanze sono state confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate secondo il procedimento grafico sopra esposto.

La verifica è stata condotta confrontando la distanza di arresto minima calcolata D_A con la distanza di visuale disponibile D_V (l'esito della verifica è positivo se $D_V > D_A$).

Al fine di garantire la continua osservanza delle verifiche di visibilità, laddove necessario sono stati previsti idonei allargamenti della piattaforma.

La distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

La verifica della sussistenza della distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia è stata svolta valutando, nella manovra di deviazione in corrispondenza dei punti singolari corrispondenti alle corsie di diversione degli svincoli, la lunghezza richiesta D_c del tratto di strada occorrente per il passaggio dalla corsia di sorpasso alla corsia di marcia:

$$D_c = 2,6 \cdot V_p$$

dove V_p è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma di velocità.

4.5 PIAZZOLE DI SOSTA

Lungo l'asse di ciascuna carreggiata sono state previste piazzole di sosta di dimensioni conformi alle prescrizioni normative (par. 4.3.6 del D.M. 05/11/2001), ovvero:

PROGETTO DEFINITIVO

- lunghezza totale pari a 65 m (tratto centrale da 25 m con tratti di raccordo da 20 m);
- larghezza complessiva pari a 3,50 m (tratto centrale di larghezza pari a 3,00 con banchina pari a 0,50 m).

Il criterio seguito per l'ubicazione delle piazzole di sosta è stato quello di garantire, compatibilmente con la presenza degli svincoli e con la successione delle diverse configurazioni del corpo stradale, un interasse pari a circa 1 km.

Sono state previste, in particolare, le seguenti ubicazioni:

Asse Carreggiata Nord:

- progr. 0+710;
- progr. 2+230;
- progr. 3+450.

Asse Carreggiata Sud:

- progr. 4+938;
- progr. 3+470;
- progr. 2+230;
- progr. 0+710.

5. VERIFICA DEL TRACCIATO

5.1 VERIFICA ANDAMENTO PLANIMETRICO

5.1.1 Asse Carreggiata Nord

La verifica dell'andamento planimetrico dell'asse della Carreggiata Nord ai criteri progettuali utilizzati è riportata nella tabella che segue.

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento planimetrico

Dati generali	Minimo	Massimo				
Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia Asse: Asse Nord - Diag velocità DM Tipo di strada: A - Autostrada Extraurbana 3+3 Larghezza semicarreggiata (m) Velocità progetto (Km/h)	11.25 90	140				
Rettilineo n°2 - Lunghezza (m):292.98	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva Lunghezza minima (m) Lunghezza massima (m) Valori minimi/massimi da normativa Rettilineo in normativa	317.76 317.76 292.98	3080.00 3080.00				393.35
Clotoide n°3 - Parametro A:320.000 - Lunghezza (m):179.65	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilineo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	295.945 195.296 190.000	570.000	179.65	1.155	1.000	686.33 127
Raccordo n°2 - Raggio (m):570.00 - Lunghezza (m):110.20	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilineo successivo (m) Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m) Valori minimi/massimi da normativa Raccordo in normativa	335.68 42.00		77.78 77.78 110.20			865.98 112
Clotoide n°4 - Parametro A:277.000 - Lunghezza (m):134.61	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilineo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	276.718 192.420 190.000	570.000	134.61	0.866	1.000	976.18 123
Rettilineo n°3 - Lunghezza (m):42.00	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva Lunghezza massima (m) Valori minimi/massimi da normativa Rettilineo in normativa	0.00 42.00	46.24 46.24				1110.79

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento planimetrico

Clotoide n°5 - Parametro A:301.000 - Lunghezza (m):135.23	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	299.412 213.324 223.333	670.000		0.941	1.000	1152.79 129
Raccordo n°3 - Raggio (m):670.00 - Lunghezza (m):270.49	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo (m) Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m) Valori minimi/massimi da normativa Raccordo in normativa	335.68 400.00		83.33 83.33			1288.02 120
Clotoide n°6 - Parametro A:320.000 - Lunghezza (m):152.84	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	318.380 216.203 223.333	670.000		1.063	1.000	1558.51 132
Rettilo n°4 - Lunghezza (m):364.64	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva Lunghezza minima (m) Lunghezza massima (m) Valori minimi/massimi da normativa Rettilo in normativa	360.00	3080.00				1711.35
Clotoide n°7 - Parametro A:500.000 - Lunghezza (m):100.00	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	358.836 350.174 833.333	2.500.000		1.389	1.000	2075.99 140
Raccordo n°4 - Raggio (m):2500.00 - Lunghezza (m):328.12	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità (m) Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m) Valori minimi/massimi da normativa Raccordo in normativa	335.68		97.22 97.22			2175.99 140
Clotoide n°8 - Parametro A:360.000 - Lunghezza (m):51.84	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma					1.000	2504.10 140

(4)

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento planimetrico

Raccordo n°6 - Raggio (m):604.00 - Lunghezza (m):54.26		Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri		
(3)	Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						3144.56 115		
	Raggio minimo in funzione della velocità (m)	335.68							
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo precedente (m)	0.07							
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo (m)	249.29							
	Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)			79.86					
	Valori minimi/massimi da normativa	335.68		79.86					
Raccordo in normativa	604.00		54.26						
Clotoide n°12 - Parametro A:366.000 - Lunghezza (m):221.78		A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri		
(3)	Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						3198.81 133		
	Fattore di forma					1.000			
	Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	327.409							
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	205.933							
	Criterio ottico (m)	201.333							
	Criterio ottico (m)		604.000						
	Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.251				
	Valori minimi/massimi da normativa	327.409	604.000						
	Clotoide in normativa	366.000		221.78		1.000			
	Rettilo n°7 - Lunghezza (m):249.29		Lung. Min	Lung. Max					Parametri
(1)	Progressiva Lunghezza minima (m)	360.00					3420.59		
	Lunghezza massima (m)		3080.00						
	Valori minimi/massimi da normativa	360.00	3080.00						
	Rettilo in normativa	249.29							
Clotoide n°13 - Parametro A:420.117 - Lunghezza (m):58.81		A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri		
(4)	Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						3669.88 140		
	Fattore di forma					1.000			
	Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	367.668							
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	370.676							
	Criterio ottico (m)	1.000.375							
	Criterio ottico (m)		3.001.125						
	Valori minimi/massimi da normativa	1.000.375	3.001.125						
	Clotoide in normativa	420.117		58.81		1.000			
	Raccordo n°7 - Raggio (m):3001.13 - Lunghezza (m):180.39		Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min				Parametri
	(4)	Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)							3728.70 140
Raggio minimo in funzione della velocità (m)		335.68							
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)				97.22					
Valori minimi/massimi da normativa		335.68		97.22					
Raccordo in normativa		3001.13		180.39					
Clotoide n°14 - Parametro A:510.000 - Lunghezza (m):184.17		A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri		
(4)	Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						3909.09 140		
	Fattore di forma					1.000			
	Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	330.587							
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	199.233							
	Criterio ottico (m)	1.000.375							
	Clotoide di continuità ($R2 < R1$). $A \geq R1/3$ (m)	1.000.375							
	Criterio ottico (m)		3.001.125						
	Clotoide di continuità ($R2 < R1$). $A \leq R2$ (m)		960.360						
	Valori minimi/massimi da normativa	1.000.375	960.360						
	Clotoide in normativa	510.000		184.17		1.000			
Raccordo n°8 - Raggio (m):960.36 - Lunghezza (m):346.38		Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri		
(4)	Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						4093.25 140		

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento planimetrico

Raggio minimo in funzione della velocità (m)	335.68					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettifilo successivo (m)	229.42					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)			97.22			
Valori minimi/massimi da normativa	335.68		97.22			
Raccordo in normativa	960.36		346.38			
Clotoide n°15 - Parametro A:627.433 - Lunghezza (m):409.92	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						4439.63
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					1.000	140
Fattore di forma						
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	342.889					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	266.383					
Criterio ottico (m)	320.120					
Criterio ottico (m)		960.360				
Valori minimi/massimi da normativa	342.889	960.360				
Clotoide in normativa	627.433		409.92		1.000	
Rettifilo n°8 - Lunghezza (m):229.42	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						4849.55
Lunghezza massima (m)		83.79				
Valori minimi/massimi da normativa	0.00	83.79				
Rettifilo in normativa	229.42					
Clotoide n°16 - Parametro A:420.000 - Lunghezza (m):141.12	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						5078.97
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					1.000	140
Fattore di forma						
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	343.410					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	286.289					
Criterio ottico (m)	416.667					
Criterio ottico (m)		1.250.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	416.667	1.250.000				
Clotoide in normativa	420.000		141.12		1.000	
Raccordo n°9 - Raggio (m):1250.00 - Lunghezza (m):564.81	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						5220.09
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
Raggio minimo in funzione della velocità (m)	335.68					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)			97.22			
Valori minimi/massimi da normativa	335.68		97.22			
Raccordo in normativa	1250.00		564.81			
Clotoide n°17 - Parametro A:420.000 - Lunghezza (m):141.12	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						5784.90
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					1.000	140
Fattore di forma						
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	343.410					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	286.289					
Criterio ottico (m)	416.667					
Criterio ottico (m)		1.250.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	416.667	1.250.000				
Clotoide in normativa	420.000		141.12		1.000	
Rettifilo n°9 - Lunghezza (m):1696.62	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						5926.02
Lunghezza minima (m)	360.00					
Lunghezza massima (m)		3080.00				
Valori minimi/massimi da normativa	360.00	3080.00				
Rettifilo in normativa	1696.62					
Clotoide n°18 - Parametro A:343.000 - Lunghezza (m):113.67	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						7622.64
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento planimetrico

	Fattore di forma				1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo (m)	342.634				
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	272.012				
	<i>Criterio ottico (m)</i>	345.000				
	Criterio ottico (m)		1.035.000			
	Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000	
	Valori minimi/massimi da normativa	345.000	1.035.000			
(4)	Clotoide in normativa	343.000	113.67		1.000	
	Raccordo n°10 - Raggio (m):1035.00 - Lunghezza (m):310.42	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min		Parametri
	Progressiva					7736.31
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					140
	Raggio minimo in funzione della velocità (m)	335.68				
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettifilo precedente (m)	400.00				
	Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)			97.22		
	Valori minimi/massimi da normativa	400.00		97.22		
	Raccordo in normativa	1035.00		310.42		
	Clotoide n°19 - Parametro A:343.000 - Lunghezza (m):113.67	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF
	Progressiva					8046.72
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					140
	Fattore di forma				1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo (m)	342.634				
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	272.012				
	<i>Criterio ottico (m)</i>	345.000				
	Criterio ottico (m)		1.035.000			
	Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000	
	Valori minimi/massimi da normativa	345.000	1.035.000			
(4)	Clotoide in normativa	343.000	113.67		1.000	
	Rettifilo n°10 - Lunghezza (m):0.69	Lung. Min	Lung. Max			Parametri
	Progressiva					8160.39
	Lunghezza minima (m)	312.71				
	Lunghezza massima (m)		3080.00			
	Valori minimi/massimi da normativa	312.71	3080.00			
(1)	Rettifilo in normativa	0.69				
	Clotoide n°20 - Parametro A:325.131 - Lunghezza (m):163.16	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF
	Progressiva					8161.08
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					132
	Fattore di forma				1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo (m)	319.156				
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	212.507				
	Criterio ottico (m)	215.970				
	Criterio ottico (m)		647.909			
	Valori minimi/massimi da normativa	319.156	647.909			
	Clotoide in normativa	325.131	163.16		1.000	
	Raccordo n°11 - Raggio (m):647.91 - Lunghezza (m):42.49	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min		Parametri
	Progressiva					8324.24
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					119
	Raggio minimo in funzione della velocità	335.68				
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettifilo precedente	0.69				
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettifilo successivo	0.69				
	Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			82.64		
	Valori minimi/massimi da normativa	335.68		82.64		
(3)	Raccordo in normativa	647.91		42.49		

- (1) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi lunghezza minima rettili
 (2) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi lunghezza massima rettili di flesso
 (3) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi sviluppo minimo curve circolari
 (4) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi criterio ottico R/3 clotoidi

5.1.2 Asse Carreggiata Sud

La verifica dell'andamento planimetrico dell'asse della Carreggiata Sud ai criteri progettuali utilizzati è riportata nella tabella che segue.

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento planimetrico

Dati generali	Minimo	Massimo				
Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia Asse: Sud - Diag velocità DM - pk invertite Tipo di strada: A - Autostrada Extraurbana 3+3 Larghezza semicarreggiata (m) Velocità progetto (Km/h)	11.25 90	140				
Clotoide n°1 - Parametro A:355.000 - Lunghezza (m):91.32	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 non in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	213.081 294.247 460.000	1.380.000	91.32	0.645	1.000	8225.72 140
Raccordo n°1 - Raggio (m):1380.00 - Lunghezza (m):416.15	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo precedente (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo (m) Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m) Valori minimi/massimi da normativa Raccordo in normativa	335.68 2.37 400.00		97.22 97.22 416.15			8134.40 140
Clotoide n°2 - Parametro A:550.000 - Lunghezza (m):219.20	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 non in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa	213.081 294.247 460.000	1.380.000	219.20	1.549	1.000	7718.25 140
Rettilo n°2 - Lunghezza (m):1466.00	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva Lunghezza minima (m) Lunghezza massima (m) Valori minimi/massimi da normativa Rettilo in normativa	360.00	3080.00				7499.05
Clotoide n°3 - Parametro A:600.000 - Lunghezza (m):255.32	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza	209.703 296.023 470.000	1.410.000			1.000	6033.05 140

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento planimetrico

Valori minimi/massimi da normativa	470.000	1.410.000				
Clotoide in normativa	600.000		255.32		1.000	
Raccordo n°2 - Raggio (m):1410.00 - Lunghezza (m):540.97	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						5777.73
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
Raggio minimo in funzione della velocità (m)	335.68					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)			97.22			
Valori minimi/massimi da normativa	335.68		97.22			
Raccordo in normativa	1410.00		540.97			
Clotoide n°4 - Parametro A:600.000 - Lunghezza (m):255.32	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						5236.76
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	209.703					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	296.023					
Criterio ottico (m)	470.000					
Criterio ottico (m)		1.410.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	470.000	1.410.000				
Clotoide in normativa	600.000		255.32		1.000	
Rettilo n°3 - Lunghezza (m):260.20	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						4981.44
Lunghezza massima (m)		75.60				
Valori minimi/massimi da normativa	0.00	75.60				
Rettilo in normativa	260.20					
Clotoide n°5 - Parametro A:345.000 - Lunghezza (m):117.85	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						4721.24
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	342.607					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	183.724					
Criterio ottico (m)	336.667					
Criterio ottico (m)		1.010.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	342.607	1.010.000				
Clotoide in normativa	345.000		117.85		1.000	
Raccordo n°3 - Raggio (m):1010.00 - Lunghezza (m):660.43	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						4603.40
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
Raggio minimo in funzione della velocità (m)	335.68					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo precedente (m)	260.20					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)			97.22			
Valori minimi/massimi da normativa	335.68		97.22			
Raccordo in normativa	1010.00		660.43			
Clotoide n°6 - Parametro A:345.000 - Lunghezza (m):117.85	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						3942.97
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m)	342.607					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m)	183.724					
Criterio ottico (m)	336.667					
Criterio ottico (m)		1.010.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	342.607	1.010.000				
Clotoide in normativa	345.000		117.85		1.000	
Rettilo n°4 - Lunghezza (m):462.59	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						3825.12
Lunghezza minima (m)	360.00					
Lunghezza massima (m)		3080.00				
Valori minimi/massimi da normativa	360.00	3080.00				

PROGETTO DEFINITIVO

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento planimetrico

Rettilino in normativa	462.59					
Clotoide n°7 - Parametro A:370.000 - Lunghezza (m):169.85	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilino-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza	353.460 167.958 268.667	806.000		1.000 1.042	1.000	3362.53 140
Valori minimi/massimi da normativa	353.460	806.000	169.85		1.000	
Clotoide in normativa	370.000					
Raccordo n°4 - Raggio (m):806.00 - Lunghezza (m):133.09	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilino precedente (m) Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)	335.68 400.00		90.28 90.28			3192.68 130
Valori minimi/massimi da normativa	400.00		90.28			
Raccordo in normativa	806.00		133.09			
Clotoide n°8 - Parametro A:355.000 - Lunghezza (m):156.36	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilino-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza	337.843 166.328 268.667	806.000		0.959	1.000	3059.59 137
Valori minimi/massimi da normativa	337.843	806.000	156.36		1.000	
Clotoide in normativa	355.000					
Rettilino n°5 - Lunghezza (m):1.95	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva Lunghezza massima (m)		54.00				2903.23
Valori minimi/massimi da normativa	0.00	54.00				
Rettilino in normativa	1.95					
Clotoide n°9 - Parametro A:320.000 - Lunghezza (m):153.52	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccollo (m) Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli (m) Criterio ottico (m) Criterio ottico (m) Clotoide rettilino-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza	264.861 215.763 222.333	667.000		1.000 1.000	1.000	2901.29 132
Valori minimi/massimi da normativa	264.861	667.000	153.52		1.000	
Clotoide in normativa	320.000					
Raccordo n°5 - Raggio (m):667.00 - Lunghezza (m):73.61	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilino precedente (m) Raggio minimo calcolato rispetto al rettilino successivo (m) Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione (m)	335.68 1.95 11.60		83.33 83.33			2747.76 120
Valori minimi/massimi da normativa	335.68		83.33			
Raccordo in normativa	667.00		73.61			
Clotoide n°10 - Parametro A:320.000 - Lunghezza (m):153.52	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						2674.15 132

(3)

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento planimetrico

	Fattore di forma					1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	264.861					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	215.763					
	Criterio ottico	222.333					
	Criterio ottico		667.000				
	Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
	Valori minimi/massimi da normativa	264.861	667.000				
	Clotoide in normativa	320.000		153.52		1.000	
	Rettililo n°6 - Lunghezza (m):11.60	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
	Progressiva						2520.63
	Lunghezza massima (m)		57.60				
	Valori minimi/massimi da normativa	0.00	57.60				
	Rettililo in normativa	11.60					
	Clotoide n°11 - Parametro A:400.000 - Lunghezza (m):84.21	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						2509.03
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					1.000	140
	Fattore di forma						
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	349.299					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	173.172					
	<i>Criterio ottico</i>	633.333					
	Criterio ottico		1.900.000				
	Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
	Valori minimi/massimi da normativa	633.333	1.900.000				
(4)	Clotoide in normativa	400.000		84.21		1.000	
	Raccordo n°6 - Raggio (m):1900.00 - Lunghezza (m):182.18	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
	Progressiva						2424.82
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						140
	Raggio minimo in funzione della velocità	335.68					
	Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			97.22			
	Valori minimi/massimi da normativa	335.68		97.22			
	Raccordo in normativa	1900.00		182.18			
	Clotoide n°12 - Parametro A:400.000 - Lunghezza (m):84.21	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						2242.63
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					1.000	140
	Fattore di forma						
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	349.801					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	173.490					
	<i>Criterio ottico</i>	633.333					
	Criterio ottico		1.900.000				
	Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
	Valori minimi/massimi da normativa	633.333	1.900.000				
(4)	Clotoide in normativa	400.000		84.21		1.000	
	Rettililo n°7 - Lunghezza (m):444.36	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
	Progressiva						2158.42
	Lunghezza minima (m)	360.00					
	Lunghezza massima (m)		3080.00				
	Valori minimi/massimi da normativa	360.00	3080.00				
	Rettililo in normativa	444.36					
	Clotoide n°13 - Parametro A:320.000 - Lunghezza (m):154.68	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						1714.06
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)					1.000	132
	Fattore di forma						
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	266.236					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	215.028					
	Criterio ottico	220.667					
	Criterio ottico		662.000				
	Clotoide rettililo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.132		
	Valori minimi/massimi da normativa	266.236	662.000				
	Clotoide in normativa	320.000		154.68		1.000	
	Raccordo n°7 - Raggio (m):662.00 - Lunghezza (m):292.08	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento planimetrico

Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità Raggio minimo calcolato rispetto al rettilineo precedente Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione Valori minimi/massimi da normativa Raccordo in normativa							1559.38 120
	335.68 400.00 400.00 662.00			83.33 83.33 292.08			
Clotoide n°14 - Parametro A:282.800 - Lunghezza (m):120.81	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri	
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli Criterio ottico Criterio ottico Clotoide rettilineo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa					1.000 0.884 1.000		1267.30 120
	198.038 204.760 220.667 220.667 282.800	662.000 662.000					
Rettilineo n°8 - Lunghezza (m):0.16	Lung. Min	Lung. Max				Parametri	
Progressiva Lunghezza massima (m) Valori minimi/massimi da normativa Rettilineo in normativa		44.02 44.02					1146.49
	0.00 0.16						
Clotoide n°15 - Parametro A:267.500 - Lunghezza (m):131.54	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri	
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli Criterio ottico Criterio ottico Clotoide rettilineo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa					1.000 1.000		1146.33 121
	267.469 128.233 181.333 267.469 267.500	544.000 544.000					
Raccordo n°8 - Raggio (m):544.00 - Lunghezza (m):143.58	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri	
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo in funzione della velocità Raggio minimo calcolato rispetto al rettilineo precedente Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione Valori minimi/massimi da normativa Raccordo in normativa							1014.79 110
	335.68 0.16 335.68 544.00		76.39 76.39 143.58				
Clotoide n°16 - Parametro A:267.500 - Lunghezza (m):131.54	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri	
Progressiva Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Fattore di forma Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli Criterio ottico Criterio ottico Clotoide rettilineo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza Valori minimi/massimi da normativa Clotoide in normativa					1.000 1.000		871.21 121
	267.469 128.233 181.333 267.469 267.500	544.000 544.000					
Rettilineo n°9 - Lunghezza (m):229.03	Lung. Min	Lung. Max				Parametri	
Progressiva Lunghezza minima (m) Lunghezza massima (m) Valori minimi/massimi da normativa Rettilineo in normativa		3080.00 3080.00					739.68
	314.99 314.99 229.03						
Clotoide n°17 - Parametro A:352.102 - Lunghezza (m):326.08	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri	

(1)

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento planimetrico

Progressiva						510.64
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						125
Fattore di forma					1.500	
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo	296.197					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	110.959					
Criterio ottico	131.695					
Criterio ottico		395.085				
Valori minimi/massimi da normativa	296.197	395.085				
Clotoide in normativa	352.102		326.08		1.500	

- (1) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi lunghezza minima rettifili
- (2) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi lunghezza massima rettifili di flesso
- (3) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi sviluppo minimo curve circolari
- (4) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi criterio ottico R/3 clotoidi
- (5) Elemento in normativa secondo i criteri di flessibilità ammessi rapporto clotoidi $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$

5.2 VERIFICA ANDAMENTO ALTIMETRICO

5.2.1 Asse Carreggiata Nord

La verifica dell'andamento planimetrico dell'asse della Carreggiata Nord ai criteri progettuali utilizzati è riportata nelle tabelle che seguono.

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento altimetrico

Dati generali		Minimo	Massimo	
Tipo di strada: A - Autostrada Extraurbana 3+3				
Larghezza semicarreggiata (m)		11.25		
Velocità progetto (Km/h)		90	140	
Livelletta n°1 - Pendenza (h/b): 3.036%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				550.00
Pendenza massima (+/- h/b):		5.000%		
Livelletta in normativa		3.036%		
Parabola n°1 - Raggio (m): 10800.00 - Lunghezza (m): 174.030 - K: 108.000 (Convesso)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				2559.78
Distanza utilizzata				237.76
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				140
Raggio minimo da visibilità (m)		15157.15		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)		2520.58		
(*)	Parabola in normativa per V=132 km/h	10800.00		
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b): 1.424%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				2733.81
Pendenza massima (+/- h/b):		5.000%		
Livelletta in normativa		1.424%		
Parabola n°2 - Raggio (m): 6500.00 - Lunghezza (m): 172.377 - K: 65.000 (Concavo)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				3110.79
Distanza utilizzata				188.38
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				122
Raggio minimo da visibilità (m)		3435.64		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)		1909.86		
Parabola in normativa		6500.00		
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b): 4.076%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				3283.17
Pendenza massima (+/- h/b):		5.000%		
Livelletta in normativa		4.076%		
Parabola n°3 - Raggio (m): 8245.00 - Lunghezza (m): 356.375 - K: 82.450 (Convesso)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				3523.79
Distanza utilizzata				236.37
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				140
Raggio minimo da visibilità (m)		14992.26		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)		2520.58		
(*)	Parabola in normativa per V=119 km/h	8245.00		

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento altimetrico

	Pend. Max		Parametri
Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):-0.246%			
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b): Livelletta in normativa	5.000% -0.246%		3880.16
Parabola n°4 - Raggio (m):13200.00 - Lunghezza (m):573.571 - K:132.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da visibilità (m) Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m) Parabola in normativa	6041.21 2520.58 13200.00		3880.23 236.42 140
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):4.099%			
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b): Livelletta in normativa	5.000% 4.099%		4453.80
Parabola n°5 - Raggio (m):100000.00 - Lunghezza (m):70.906 - K:1000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da visibilità (m) Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m) Parabola in normativa	0.00 2520.58 100000.00		5000.62 246.26 140
Livelletta n°6 - Pendenza (h/b):4.028%			
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b): Livelletta in normativa	5.000% 4.028%		5071.53
Parabola n°6 - Raggio (m):9200.00 - Lunghezza (m):461.922 - K:92.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) <i>Raggio minimo da visibilità (m)</i> Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m) Parabola in normativa per V=122 km/h	14775.24 2520.58 9200.00		5382.44 234.65 140
(*)			
Livelletta n°7 - Pendenza (h/b):-0.993%			
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b): Livelletta in normativa	5.000% -0.993%		5844.36
Parabola n°7 - Raggio (m):14900.00 - Lunghezza (m):559.538 - K:149.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da visibilità (m) Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m) Parabola in normativa	5915.66 2520.58 14900.00		6094.22 231.99 140
Livelletta n°8 - Pendenza (h/b):2.763%			
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b): Livelletta in normativa	5.000% 2.763%		6653.76
Parabola n°8 - Raggio (m):7500.00 - Lunghezza (m):299.848 - K:75.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) <i>Raggio minimo da visibilità (m)</i> Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m) Parabola in normativa per V=115 km/h	14378.66 2520.58 7500.00		6867.14 231.48 140
(*)			
Livelletta n°9 - Pendenza (h/b):-1.235%			
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b): Livelletta in normativa	5.000% -1.235%		7166.99
Parabola n°9 - Raggio (m):12600.00 - Lunghezza (m):369.971 - K:126.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da visibilità (m) Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)	5840.18 2520.58		7621.38 229.32 140

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento altimetrico

Parabola in normativa	12600.00		
Livelletta n°10 - Pendenza (h/b):1.701%	Pend. Max		Parametri
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		7991.35
Livelletta in normativa	1.701%		

(*) Elemento in normativa per velocità compatibile con la visuale libera disponibile lungo il raccordo parabolico

Asse Carreggiata Nord - Verifica andamento altimetrico -- Raccordi n°1, n°3, n°6 e n°8 con velocità compatibili

Dati generali	Minimo	Massimo	
Tipo di strada:A - Autostrada Extraurbana 3+3			
Larghezza semicarreggiata (m)	11.25		
Velocità progetto (Km/h)	90	140	
Parabola n°1 - Raggio (m):10800.00 - Lunghezza (m):174.030 - K:108.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			2559.78
Distanza utilizzata			199.16
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			132
Raggio minimo da visibilità (m)	10366.31		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)	2240.74		
(*) Parabola in normativa	10800.00		
Parabola n°3 - Raggio (m):8245.00 - Lunghezza (m):356.375 - K:82.450 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			3523.79
Distanza utilizzata			168.20
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			119
Raggio minimo da visibilità (m)	7591.72		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)	1821.35		
(*) Parabola in normativa	8245.00		
Parabola n°6 - Raggio (m):9200.00 - Lunghezza (m):461.922 - K:92.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			5382.44
Distanza utilizzata			176.37
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			122
Raggio minimo da visibilità (m)	8347.03		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)	1914.36		
(*) Parabola in normativa	9200.00		
Parabola n°8 - Raggio (m):7500.00 - Lunghezza (m):299.848 - K:75.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			6867.14
Distanza utilizzata			161.55
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			115
Raggio minimo da visibilità (m)	7002.88		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale (m)	1700.81		
(*) Parabola in normativa	7500.00		

(*) Elemento in normativa per velocità compatibile con la visuale libera disponibile lungo il raccordo parabolico

5.2.2 Asse Carreggiata Sud

La verifica dell'andamento planimetrico dell'asse della Carreggiata Sud ai criteri progettuali utilizzati è riportata nelle tabelle che seguono.

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento altimetrico

Dati generali	Minimo	Massimo	
Tipo di strada:A - Autostrada Extraurbana 3+3			
Larghezza semicarreggiata (m)	11.25		
Velocità progetto (Km/h)	90	140	
Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-1.699%	Pend. Max		Parametri
Progressiva Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		-8228.09
Livelletta in normativa	-1.699%		

PROGETTO DEFINITIVO

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento altimetrico

	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Parabola n°1 - Raggio (m):12000.00 - Lunghezza (m):346.478 - K:120.000 (Concavo)			
Progressiva			-7984.85
Distanza utilizzata			229.41
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	5842.71		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa	12000.00		
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.189%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-7638.38
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	1.189%		
Parabola n°2 - Raggio (m):7500.00 - Lunghezza (m):295.701 - K:75.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-7163.03
Distanza utilizzata			231.56
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	14388.43		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa per V=113 km/h	7500.00		
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):-2.754%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-6867.33
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-2.754%		
Parabola n°3 - Raggio (m):15000.00 - Lunghezza (m):562.003 - K:150.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-6656.84
Distanza utilizzata			231.97
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	5915.15		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa	15000.00		
Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):0.993%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-6094.83
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	0.993%		
Parabola n°4 - Raggio (m):9000.00 - Lunghezza (m):454.060 - K:90.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-5844.46
Distanza utilizzata			234.71
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	14781.77		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa per V=118 km/h	9000.00		
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):-4.053%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-5390.40
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-4.053%		
Parabola n°5 - Raggio (m):100000.00 - Lunghezza (m):46.695 - K:1000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-5000.62
Distanza utilizzata			246.32
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	0.00		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa	100000.00		
Livelletta n°6 - Pendenza (h/b):-4.099%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-4953.93
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-4.099%		
Parabola n°6 - Raggio (m):100000.00 - Lunghezza (m):80.452 - K:1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-4677.21
Distanza utilizzata			246.24
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	0.00		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa	100000.00		
Livelletta n°7 - Pendenza (h/b):-4.019%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-4596.76
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento altimetrico

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento altimetrico			
Livelletta in normativa		-4.019%	
Parabola n°7 - Raggio (m):13200.00 - Lunghezza (m):560.161 - K:132.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-4446.35
Distanza utilizzata			236.29
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	6037.55		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa	13200.00		
Livelletta n°8 - Pendenza (h/b):0.225%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-3886.19
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	0.225%		
Parabola n°8 - Raggio (m):8600.00 - Lunghezza (m):366.251 - K:86.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-3885.89
Distanza utilizzata			236.32
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	14986.36		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.58		
Parabola in normativa per V=116 km/h	8600.00		
Livelletta n°9 - Pendenza (h/b):-4.034%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-3519.64
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-4.034%		
Parabola n°9 - Raggio (m):6000.00 - Lunghezza (m):155.297 - K:60.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-3273.62
Distanza utilizzata			228.70
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			136
Raggio minimo da visibilità	4263.24		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2386.18		
Parabola in normativa	6000.00		
Livelletta n°10 - Pendenza (h/b):-1.446%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-3118.32
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-1.446%		
Parabola n°10 - Raggio (m):12000.00 - Lunghezza (m):190.499 - K:120.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-2744.71
Distanza utilizzata			207.77
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			130
Raggio minimo da visibilità	11388.87		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2158.98		
Parabola in normativa	12000.00		
Livelletta n°11 - Pendenza (h/b):-3.033%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-2554.21
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-3.033%		
Parabola n°11 - Raggio (m):18000.00 - Lunghezza (m):231.655 - K:180.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			-433.00
Distanza utilizzata			176.48
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			118
Raggio minimo da visibilità	4349.99		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	1785.44		
Parabola in normativa	18000.00		
Livelletta n°12 - Pendenza (h/b):-1.746%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			-201.34
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livelletta in normativa	-1.746%		

(*) Elemento in normativa per velocità compatibile con la visuale libera disponibile lungo il raccordo parabolico

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento altimetrico -- Raccordi n°2, n°4 e n°8 con velocità compatibili

Dati generali	Minimo	Massimo
---------------	--------	---------

PROGETTO DEFINITIVO

Asse Carreggiata Sud - Verifica andamento altimetrico -- Raccordi n°2, n°4 e n°8 con velocità compatibili

Tipo di strada:A - Autostrada Extraurbana 3+3		11.25		
Larghezza semicarreggiata (m)		90	140	
Velocità progetto (Km/h)				
Parabola n°2 - Raggio (m):7500.00 - Lunghezza (m):295.701 - K:75.000 (Convesso)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				-7163.03
Distanza utilizzata				160.45
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				113
Raggio minimo da visibilità		6908.15		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale		1642.18		
(*)	Parabola in normativa	7500.00		
Parabola n°4 - Raggio (m):9000.00 - Lunghezza (m):454.060 - K:90.000 (Convesso)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				-5844.46
Distanza utilizzata				174.60
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				118
Raggio minimo da visibilità		8180.36		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale		1790.89		
(*)	Parabola in normativa	9000.00		
Parabola n°8 - Raggio (m):8600.00 - Lunghezza (m):366.251 - K:86.000 (Convesso)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				-3885.89
Distanza utilizzata				170.57
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				116
Raggio minimo da visibilità		7807.50		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale		1730.68		
(*)	Parabola in normativa	8600.00		

(*) Elemento in normativa per velocità compatibile con la visuali libera disponibile lungo il raccordo parabolico

5.3 VERIFICA DEL DIAGRAMMA DI VELOCITA'

5.3.1 Asse Carreggiata Nord

Il rispetto congiunto dei vincoli progettuali ha comportato l'adozione di un tracciato dell'asse della Carreggiata Nord che, a meno della differenza di velocità tra la curva n. 7 (R=3001,13 m) e la curva n. 6 (R=604 m) è caratterizzato da differenze di velocità contenute nei limiti massimi corrispondenti alle condizioni prescritte dall'esame del diagramma di velocità.

In particolare, si rileva che le caratteristiche geometriche della curva n.6 sono state adottate in funzione del rispetto dei vincoli imposti sia dall'allineamento precedente la curva (vincolato dalla nuova galleria Cologna Carreggiata Nord) che dall'allineamento successivo alla curva (vincolato dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Nord parallelo alla Carreggiata Sud in adeguamento della piattaforma stradale esistente).

I risultati della verifica sono riportati nella tabella seguente.

Asse Carreggiata Nord - Verifica diagramma delle velocità

n_{tracc}	$n_{percorr}$	Curva	Progressiva	V_p (km/h)	$IV_{pmax} - V_{pl}$ (km/h)	$IV_{pi} - V_{pi-1}$ (km/h)	Note	
1	1	Raccordo n°1 - Raggio (m):550.00 - Lunghezza (m):259.17	75.27	101	-	-	In corrispondenza di tale elemento geometrico, in congruenza e continuità con il Raccordo SA-AV esistente in corrispondenza della connessione con l'Autostrada A2, è previsto il mantenimento della sede stradale esistente	
2	2	Raccordo n°2 - Raggio (m):570.00 - Lunghezza (m):110.20	686.33	112	-	11	Intervento di adeguamento di progetto	
3	3	Raccordo n°3 - Raggio (m):670.00 - Lunghezza (m):270.49	1288.02	120	-	8		
4	4	Raccordo n°4 - Raggio (m):2500.00 - Lunghezza (m):328.12	2175.99	140	0	20		
5	5	Raccordo n°5 - Raggio (m):806.00 - Lunghezza (m):168.14	2714.61	130	10	10		
6	6	Raccordo n°6 - Raggio (m):604.00 - Lunghezza (m):54.26	3144.56	115	-	15		Le caratteristiche geometriche della curva n.6 sono state adottate in funzione del rispetto dei vincoli imposti sia dall'allineamento precedente la curva (vincolato dalla nuova galleria Cologna Carreggiata Nord) che dall'allineamento successivo alla curva (vincolato dalla necessità di assicurare un andamento della Carreggiata Nord parallelo alla Carreggiata Sud (in adeguamento della piattaforma stradale esistente).
7	7	Raccordo n°7 - Raggio (m):3001.13 - Lunghezza (m):180.39	3728.70	140	0	25		
8	8	Raccordo n°8 - Raggio (m):960.36 - Lunghezza (m):346.38	4093.25	140	0	0		
9	9	Raccordo n°9 - Raggio (m):1250.00 - Lunghezza (m):564.81	5220.09	140	0	0		
10	10	Raccordo n°10 - Raggio (m):1035.00 - Lunghezza (m):310.42	7736.31	140	0	0		
11	11	Raccordo n°11 - Raggio (m):647.91 - Lunghezza (m):42.49	8324.24	119	21	21		Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30

La notazione utilizzata nella tabella, con riferimento a ciascuna curva circolare, è la seguente:

- n_{tracc} = numero d'ordine progressivo riferito all'asse di tracciamento (verso delle progressive crescenti);
- $n_{percorr}$ = numero d'ordine progressivo riferito al verso di percorrenza della carreggiata;
- Curva = numerazione e caratteristiche geometriche principali (raggio e lunghezza);
- Progressiva = progressiva iniziale della curva con riferimento al verso di percorrenza;
- V_p = velocità di progetto;
- $IV_{pmax} - V_p$ = differenza di velocità tra V_{pmax} e V_p ;
- $IV_{pi} - V_{pi-1}$ = differenza di velocità di progetto tra due curve successive.

5.3.1.1 Limitazioni di velocità

Al fine di garantire idonee condizioni di sicurezza, si prevedono opportune limitazioni alla massima velocità consentita all'utenza tramite limiti amministrativi di velocità.

La sequenza dei limiti di velocità imposti, riportata nella tabella seguente, è stata definita secondo valori dei limiti di velocità congruenti sia con le variazioni ammissibili richieste dall'esame del diagramma di velocità, che con le velocità compatibili con le visuali libere disponibili lungo i raccordi altimetrici.

Asse Carreggiata Nord - Limiti di velocità

Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	V_{lim} [km/h]	Note
350,00	421,14	71,14	80	Mantenimento della sede stradale esistente con interventi di progetto costituiti da ripristino della segnaletica
421,14	1073,40	652,26	100	Intervento di adeguamento di progetto a tre corsie
1073,40	1809,28	735,88	110	
1809,28	2559,71	750,43	130	
2559,71	2960,10	400,39	120	
2960,10	4130,16	1170,07	110	
4130,16	5132,44	1002,28	130	
5132,44	5382,44	250,00	120	
5382,44	6094,36	711,92	110	
6094,36	6867,14	772,77	120	
6867,14	7416,99	549,85	110	
7416,99	7936,84	519,86	130	
7936,84	8186,84	250,00	120	
8186,84	8324,24	137,40	110	
8324,24	8344,80	20,56	110	Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30

La notazione utilizzata nella tabella, con riferimento a ciascuna tratta omogenea, a cui è associato un determinato valore del limite di velocità imposto, è la seguente:

- Progr. in. = progressive iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- V_{lim} = valore del limite di velocità imposto.

5.3.2 Asse Carreggiata Sud

Il rispetto congiunto dei vincoli progettuali ha comportato l'adozione di un tracciato dell'asse della Carreggiata Sud che, a meno della differenza di velocità tra V_{pmax} e la velocità di progetto della curva n. 7 (R=662 m) è

caratterizzato da differenze di velocità contenute nei limiti massimi corrispondenti alle condizioni prescritte dall'esame del diagramma di velocità.

In particolare, si rileva che le caratteristiche geometriche della curva n.7 sono state adottate in funzione del rispetto dei vincoli imposti dalla salvaguardia delle preesistenze costituite dagli insediamenti produttivi a ridosso del tratto della Carreggiata Sud compreso tra progr. 1550 circa e progr. 1235 circa.

I risultati della verifica sono riportati nella tabella seguente.

Asse Carreggiata Sud - Verifica diagramma delle velocità

n_{tracc}	$n_{percorr}$	Curva	Progressiva	V_p (km/h)	$IV_{pmax} - V_{pl}$ (km/h)	$IV_{pi} - V_{pi-1}$ (km/h)	Note
9	1	Raccordo n°1 - Raggio (m):1380.00 - Lunghezza (m):416.15	8134.40	140	0	-	-
8	2	Raccordo n°2 - Raggio (m):1410.00 - Lunghezza (m):540.97	5777.73	140	0	0	-
7	3	Raccordo n°3 - Raggio (m):1010.00 - Lunghezza (m):660.43	4603.40	140	0	0	-
6	4	Raccordo n°4 - Raggio (m):806.00 - Lunghezza (m):133.09	3192.68	130	10	10	-
5	5	Raccordo n°5 - Raggio (m):667.00 - Lunghezza (m):73.61	2747.76	120	-	10	-
4	6	Raccordo n°6 - Raggio (m):1900.00 - Lunghezza (m):182.18	2424.82	140	0	20	-
3	7	Raccordo n°7 - Raggio (m):662.00 - Lunghezza (m):292.08	1559.38	120	20	20	Intervento di adeguamento di progetto Le caratteristiche geometriche della curva n.7 sono state adottate in funzione del rispetto dei vincoli imposti dalla salvaguardia delle preesistenze costituite dagli insediamenti produttivi a ridosso del tratto della Carreggiata Sud compreso tra progr. 1550 e progr. 1235
2	8	Raccordo n°8 - Raggio (m):544.00 - Lunghezza (m):143.58	1014.79	110	-	10	-
1	9	Raccordo n°9 - Raggio (m):395.09 - Lunghezza (m):31.42	184.56	96	-	14	Elemento geometrico in congruenza e continuità con il Raccordo SA-AV esistente in corrispondenza della connessione con l'Autostrada A2

La notazione utilizzata nella tabella, con riferimento a ciascuna curva circolare, è la seguente:

- n_{tracc} = numero d'ordine progressivo riferito all'asse di tracciamento (verso delle progressive crescenti);
- $n_{percorr}$ = numero d'ordine progressivo riferito al verso di percorrenza della carreggiata;
- Curva = numerazione e caratteristiche geometriche principali (raggio e lunghezza);
- Progressiva = progressiva iniziale della curva con riferimento al verso di percorrenza;
- V_p = velocità di progetto;
- $IV_{pmax} - V_{pl}$ = differenza di velocità tra V_{pmax} e V_p ;
- $IV_{pi} - V_{pi-1}$ = differenza di velocità di progetto tra due curve successive.

5.3.2.1 Limitazioni di velocità

Al fine di garantire idonee condizioni di sicurezza, si prevedono opportune limitazioni alla massima velocità consentita all'utenza tramite limiti amministrativi di velocità.

La sequenza dei limiti di velocità imposti, riportata nella tabella seguente, è stata definita secondo valori dei limiti di velocità congruenti sia con le variazioni ammissibili richieste dall'esame del diagramma di velocità, che con le velocità compatibili con le visuali libere disponibili lungo i raccordi altimetrici.

Asse Carreggiata Sud - Limiti di velocità

Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	V _{lim} [km/h]	Note
8228,09	8225,72	2,37	130	Elemento geometrico in congruenza e continuità con l'Autostrada A30
8225,72	8068,58	157,14	130	Intervento di adeguamento di progetto
8068,58	7413,03	157,14	130	
7413,03	7163,03	250,00	110	
7163,03	6617,33	545,70	100	
6617,33	5844,46	772,87	120	
5844,46	5140,40	704,06	110	
5140,40	4135,89	1004,51	130	
4135,89	3885,89	250,00	120	
3885,89	2423,38	1462,51	110	
2423,38	1684,77	738,61	120	
1684,77	1135,35	549,42	110	
1135,35	350,00	785,35	100	Tratto a tre corsie

La notazione utilizzata nella tabella, con riferimento a ciascuna tratta omogenea, a cui è associato un determinato valore del limite di velocità imposto, è la seguente:

- Progr. in. = progressive iniziale;
- Progr. fin. = progressiva finale;
- L = sviluppo;
- V_{lim} = valore del limite di velocità imposto.

5.4 VERIFICA DISTANZE DI VISUALE LIBERA

5.4.1 Verifica distanza di visibilità per l'arresto

La verifica della sussistenza di visuali libere commisurate alla distanza di visibilità per l'arresto ai sensi del D.M. 05/11/2001 è stata svolta considerando l'andamento plano-altimetrico del tracciato attraverso un modello tridimensionale.

Il modello tridimensionale adottato ai fini della verifica ha previsto una sezione trasversale semplificata avente come ostacolo alla visibilità un elemento verticale di altezza pari a 1,10 m in corrispondenza del limite esterno della banchina.

La verifica delle distanze di visuale libera considerando l'andamento plano-altimetrico del tracciato attraverso il modello tridimensionale utilizzato è dettagliata negli specifici elaborati "Diagramma di velocità e visuale libera" redatti per ciascuna carreggiata.

Da tali elaborati, a cui si rimanda per i dettagli, si evince che, in conformità alle prescrizioni del D.M. 05/11/2001, lungo l'intero tracciato risulta assicurata, per entrambe le corsie di ciascuna carreggiata, una distanza di visuale libera superiore alla visuale libera richiesta per l'arresto.

Le verifiche hanno evidenziato la necessità di operare, lungo alcuni tratti, arretramenti degli ostacoli laterali (barriere di sicurezza), mediante ampliamento della carreggiata, al fine di rendere congruenti le distanze di visuale libera con le distanze di visibilità richieste per l'arresto.

I valori e l'estensione degli allargamenti richiesti (applicati quale supplemento alla piattaforma standard, come fascia zebra esterna alle banchine) sono riportati negli elaborati "Diagramma di velocità e visuale libera Asse Nord" (da T00PS00TRADG01, T00PS00TRADG05) e "Diagramma di velocità e visuale libera Asse Sud" (da T00PS00TRADG06, T00PS00TRADG10) a cui si rimanda.

Le tratte di applicazione degli allargamenti, con i corrispondenti valori massimi, sono riportate nelle tabelle seguenti.

Asse Carreggiata Nord - Allargamenti per visibilità: tratte di applicazione e valori massimi

Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	Allargamento massimo [m]	
			ciglio interno	ciglio esterno
750,00	1130,00	380,00	-	0,69
1130,00	1717,87	587,87	3,30	-
2510,00	3046,56	536,56	4,00	-
3030,00	3420,59	390,59	-	0,70
3669,88	4849,55	1179,67	-	1,38
5050,00	5957,39	907,39	2,40	-
7550,00	8160,39	610,39	3,93	-
8161,08	8344,80	183,72	1,87	-

Asse Carreggiata Sud - Allargamenti per visibilità: tratte di applicazione e valori massimi

Progr. in. [m]	Progr. fin. [m]	L [m]	Allargamento massimo [m]	
			ciglio interno	ciglio esterno
8183,09	7680,21	502,88	-	0,21
5548,09	5111,88	436,21	-	0,45
4751,09	3747,81	1003,28	5,02	-
3356,09	2862,05	494,04	5,74	-
2928,09	2643,59	284,50	-	1,80
2523,09	2158,13	364,96	1,25	-
1753,09	1153,93	599,16	-	2,40
1208,09	719,47	488,62	4,03	-

5.4.2 Verifica distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia

La verifica della sussistenza della distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia è stata svolta valutando, nella manovra di deviazione in corrispondenza dei punti singolari corrispondenti alle corsie di diversione, la lunghezza richiesta D_c del tratto di strada occorrente per il passaggio dalla corsia di sorpasso alla corsia di marcia:

$$D_c = 2,6 \cdot V_p$$

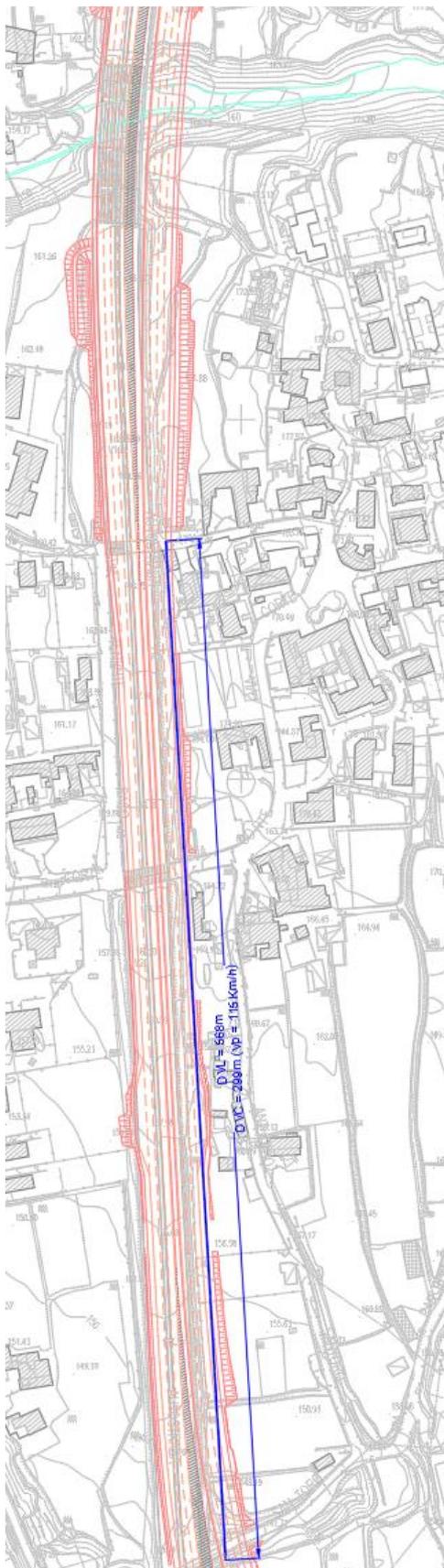
dove V_p è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma di velocità.

In particolare, la verifica è stata svolta, con riferimento a punto di vista localizzato al centro della corsia di sorpasso e punto da osservare sulla striscia di separazione tra la carreggiata dell'asse principale e l'inizio della corsia di diversione, confrontando la distanza richiesta D_c con la visuale libera disponibile D_v .

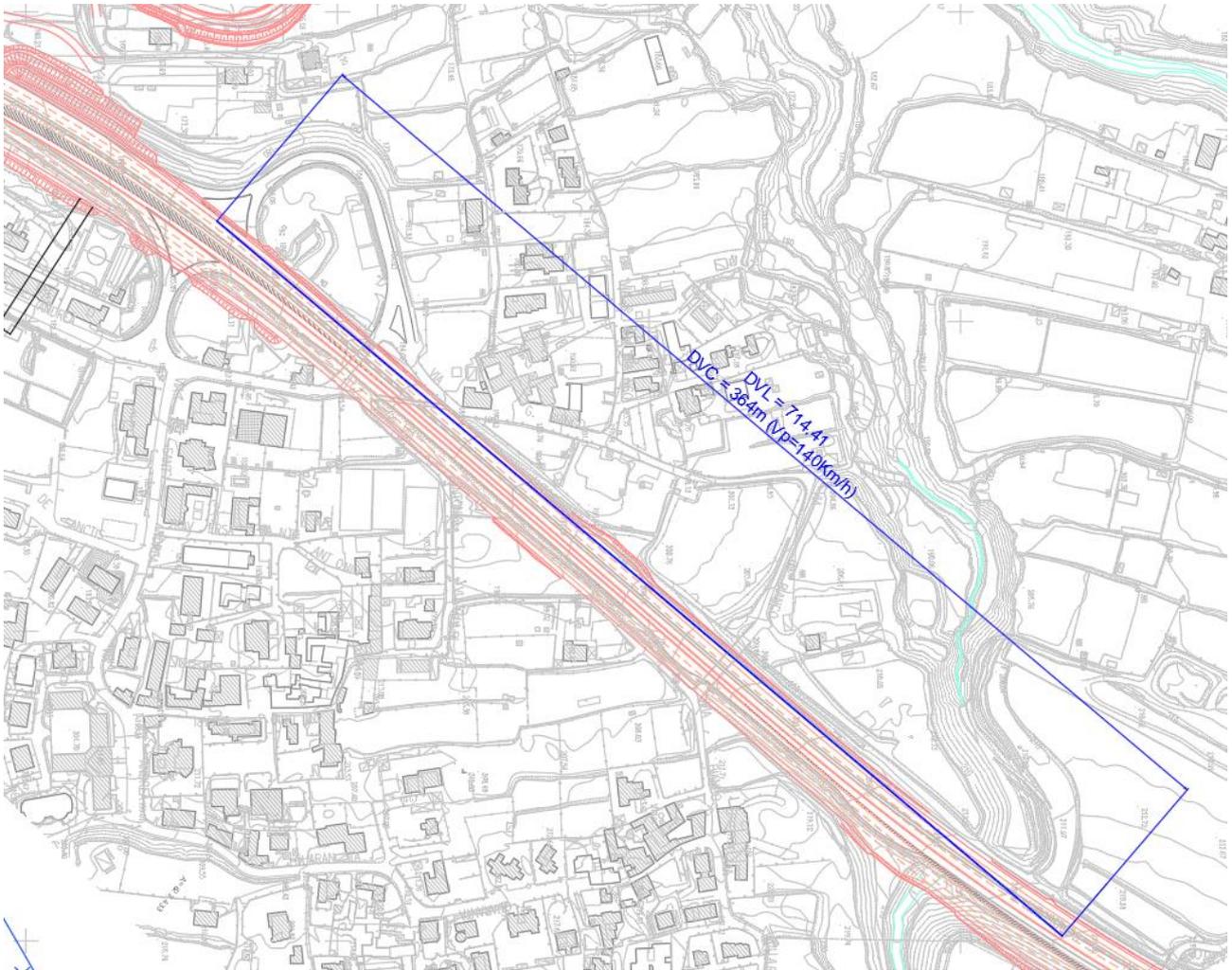
I risultati della verifica sono riportati nelle figure seguenti.



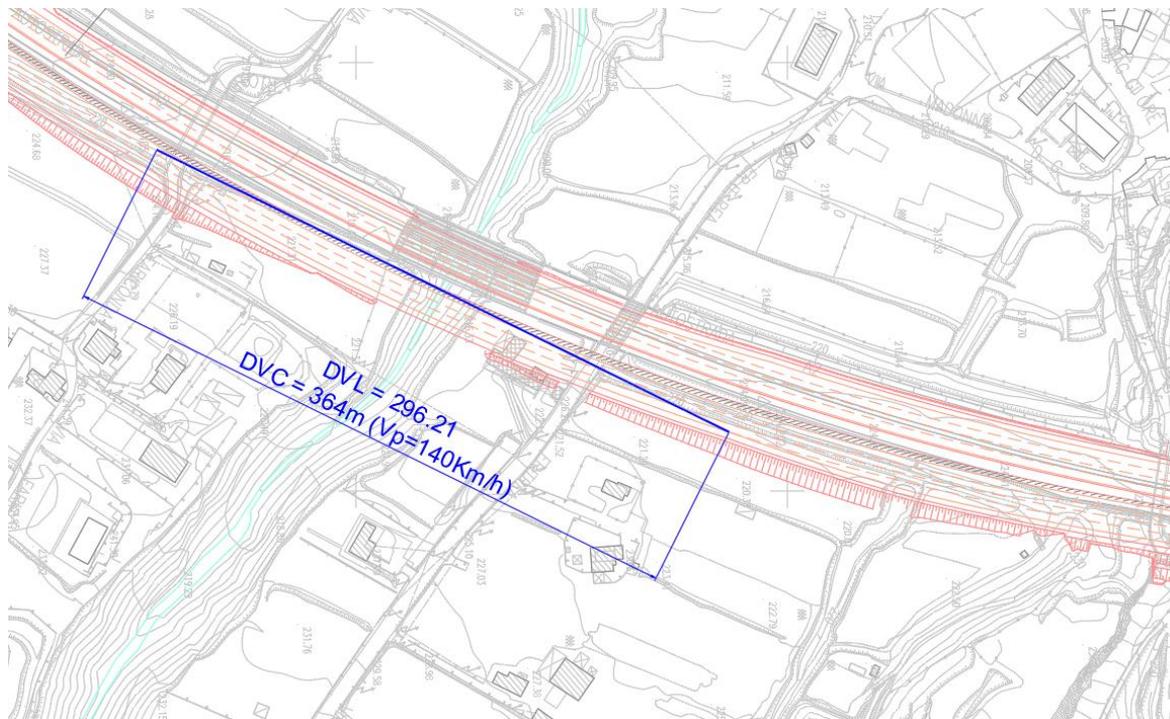
Svincolo di Pellezzano: diversione Carreggiata Sud



Svincolo di Baronissi: diversione Carreggiata Nord



Svincolo di Baronissi: diversione Carreggiata Sud



Area di Servizio Baronissi: diversione Carreggiata Nord

Con riferimento alle manovre corrispondenti a “Svincolo di Pellezzano: diversione Carreggiata Sud” e “Area di Servizio Baronissi: diversione Carreggiata Nord”, in funzione dei vincoli e condizionamenti imposti (derivanti dalla localizzazione dei punti di diversione, dall’andamento geometrico e dal distanziamento degli assi delle carreggiate di progetto) non è possibile assicurare visuali libere disponibili D_v compatibili con le distanze richieste D_c . Il rispetto della verifica è associato, infatti, ad un potenziale andamento planimetrico di progetto discosto dal corridoio di progetto individuato, nonché ad una rilocalizzazione dei punti di diversione.

Tuttavia, al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza, in corrispondenza dei tratti del tracciato di approccio ai punti di diversione riferiti alle manovre di cui sopra, sono previsti interventi mitigativi consistenti in opportuno posizionamento della segnaletica verticale di indicazione.

6. SOVRASTRUTTURA STRADALE

Per l'infrastruttura in progetto è stata adottata la seguente configurazione della sovrastruttura stradale.

Pavimentazione Asse principale		
Strato	Materiale	Spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso drenante	5
collegamento (binder)	conglomerato bituminoso	8
base	conglomerato bituminoso	20
fondazione	misto cementato	25
sottofondazione	misto granulare	25
		83

Pavimentazione Rampe di svincolo e viabilità complanari		
Strato	Materiale	Spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	5
collegamento (binder)	conglomerato bituminoso	8
base	conglomerato bituminoso	18
fondazione	misto cementato	15
		46

Per i dettagli sulla sovrastruttura stradale si rimanda agli elaborati grafici di Sezioni tipo (da T00PS00TRAST01 a T00PS00TRAST09 e T00PS00TRAST14) ed alla "Relazione di calcolo Pavimentazione Stradale" (T00PS00TRARE02).

7. DISPOSITIVI DI RITENUTA

Lungo i margini stradali è stata prevista l'installazione di barriere di sicurezza longitudinali allo scopo di realizzare accettabili condizioni di sicurezza, garantendo, entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale. La scelta delle barriere (caratterizzata da una certa classe alla quale è associato un determinato livello di contenimento) è avvenuta coerentemente alle prescrizioni normative contenute nel D.M. 21/06/2004 (Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali), ovvero in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico e della destinazione della barriera.

I dispositivi di ritenuta sono stati definiti tenendo conto del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223, così come modificato dal D.M. 3.6.1998, dal D.M. 21.6.2004 e dal D.M. 28.6.2011, ed alle prescrizioni di cui al D.M. 28.6.2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale". Inoltre, sono state prese in considerazione le indicazioni contenute nella Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.7.2010 n. 62032 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".

Per l'ubicazione dei dispositivi di ritenuta lungo i tratti stradali di progetto si rimanda agli specifici elaborati contenuti nella sezione "SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA".

Tali elaborati forniscono indicazioni riguardo la tipologia e l'ubicazione dei dispositivi di ritenuta. Il progetto e la disposizione finale dei dispositivi di ritenuta, l'adattamento degli stessi alla sede stradale (in termini di supporti, drenaggio delle acque, collegamenti tra i diversi tipi di protezione, zone di approccio alle barriere ecc.) e l'individuazione delle protezioni dei punti singolari, saranno definiti in fase costruttiva in funzione delle caratteristiche e prestazioni dei dispositivi certificati disponibili del produttore/fornitore individuato.

7.1 PRESCRIZIONI NORMATIVE

Il D.M. 2367 del 21/06/2004 fornisce la classe minima da adottare per le barriere di sicurezza per le diverse destinazioni (spartitraffico, bordo laterale e bordo ponte) in funzione del livello di traffico (cfr. par. 7.2) e del tipo di strada, come riportato nella tabella successiva.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾
Strade extraurbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Le prescrizioni di cui alla tabella precedente sono valide per l'asse stradale e per le zone di svincolo.

La destinazione "Barriere bordo ponte" si riferisce solo ad "opere di luce superiore a 10 metri"; per luci minori sono equiparate al bordo laterale", indipendentemente dalla loro altezza sul piano campagna. Come chiarito dalla Circolare 62032/2010, i muri di sostegno, che sono evidentemente opere di luce nulla, sono pertanto da equiparare anch'essi al bordo laterale, indipendentemente dall'altezza sul piano campagna e dalla loro estensione. In ogni caso i muri e le opere d'arte, indipendentemente dalla loro luce e dalla loro altezza sul piano campagna, devono essere sempre protetti con barriere di classe non inferiore ad H2.

Si evidenzia che il criterio definito dalla norma si riferisce alla luce dell'opera e non alla lunghezza dell'eventuale cordolo soprastante, che può interessare anche eventuali muri andatori. Nel caso in cui la barriera sia da installare su cordolo in cemento armato, la tipologia di barriera dovrà essere del tipo "da bordo opera d'arte" sebbene della classe corrispondente al bordo laterale, quindi già provata su cordolo in cemento armato (non una barriera provata su terra, installata successivamente su cordolo in cemento armato, circostanza che ne modificherebbe in modo sostanziale il funzionamento).

Il D.M. 21/06/2004 non prevede invece l'obbligo di protezione nel caso di sezione in trincea o di muri di controripa. In queste situazioni occorre valutare, caso per caso, le situazioni in cui risulti preferibile l'aggiunta di una protezione anche in considerazione della eventuale presenza di ostacoli (pali della luce, strutture di segnaletica non cedevoli, pile da ponte etc). Analogamente non sono prescritte specifiche protezioni per le sezioni in galleria dove il profilo redirettivo richiesto dal D.M. 6792 del 05/11/2001 e s.m.i., per le gallerie realizzate su strade nuove, rappresenta, nella configurazione riportata, una mera configurazione geometrica dell'elemento marginale e non una barriera omologata o provata conformemente alle norme della serie UNI EN 1317. Viceversa, la sezione iniziale di una galleria o di un muro di controripa, se non opportunamente sagomata (per evitare il possibile urto frontale), dovrà essere protetta ai sensi dell'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21/06/2004.

Tali condizioni rappresentano le minime ammesse dalla norma e, come richiamato dall'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21/06/2004, "ove reputato necessario, il progettista potrà utilizzare dispositivi della classe superiore a quella minima indicata". Per quanto attiene agli attenuatori d'urto testati ai sensi della norma EN1317-3 il D.M. 21/06/2004 prevede l'obbligo di impiego di questo tipo di dispositivi nel caso in cui sia presente l'inizio delle barriere in corrispondenza di cuspidi con la sola eccezione di cuspidi tra rampe percorse a velocità < 40 km/h.

La classe minima per la protezione delle cuspidi è definita dal D.M. 21/06/2004 solo in funzione della velocità imposta nella strada da cui diverge la rampa, come mostrato nella tabella seguente.

Velocità imposta nel sito da proteggere	Classe degli attenuatori
Con velocità $V \geq 130$ km/h	100
Con velocità $90 \leq V < 130$ km/h	80
Con velocità $V < 90$ km/h	50

Il D.M. 21/06/2004 chiarisce altresì che ogniqualevolta sia possibile si preferiranno soluzioni di minore pericolosità quali letti di arresto o simili, da testare con la sola prova tipo TB11 della norma EN 1317.

Per quanto attiene ai terminali speciali testati ai sensi della norma ENV1317-4, che il D.M. 21/06/2004 ammette di utilizzare, laddove ritenuto necessario, in sostituzione dei terminali semplici, non testati ma progettati in modo da minimizzare il rischio di urto frontale contro l'elemento terminale, questi, se impiegati, dovranno essere di classe non inferiore alla minima della tabella seguente.

Velocità imposta nel sito da proteggere	Classe dei terminali
Con velocità $V > 130$ km/h	P3
Con velocità $90 \leq V < 130$ km/h	P2
Con velocità $V < 90$ km/h	P1

Il D.M. 223/1992 e s.m.i. si applica solo alle strade ad uso pubblico extraurbane ed urbane che hanno velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h. Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h.

7.2 DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI TRAFFICO E DELLE CLASSI MINIME DELLE BARRIERE DA IMPIEGARE

Per la definizione delle classi di barriere da adottare in progetto risulta necessario, secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004, definire, oltre alla classe funzionale ed alla destinazione delle protezioni (bordo rilevato e bordo ponte), la classe di traffico a cui appartiene la strada oggetto di progettazione.

La classe di traffico si definisce in funzione del Traffico Giornaliero Medio (TGM) bidirezionale (o totale ma monodirezionale nel caso di tratti a senso unico di marcia) e della percentuale di veicoli pesanti (di massa > 3.5 t), secondo lo schema della tabella seguente.

Tipo di traffico	TGM bidirezionale	% pes
I	≤ 1000 > 1000	qualunque %pes ≤ 5
II	> 1000	5 < %pes ≤ 15
III	> 1000	%pes > 15

Per l'attribuzione del livello di traffico sono stati considerati i dati riportati nel par. 1.7.2 della Relazione del Quadro di riferimento programmatico dello Studio di Impatto Ambientale.

Con riferimento a tali dati è desumibile un TGM > 1000 veicoli/giorno ed una %pes > 15. Pertanto il traffico è classificabile come traffico di Tipo III.

Sulla base di tale livello di traffico ed in funzione del tipo di strada (Autostrada in Ambito Extraurbano-Cat.A), il D.M. 21/06/2004 individua le seguenti classi minime di barriere da impiegare (per l'asse principale e per i rami di svincolo):

Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

7.3 BARRIERE LONGITUDINALI PREVISTE IN PROGETTO

7.3.1 Tipologia, classe e requisiti prestazionali

Sulla base della classe di traffico, delle indicazioni e prescrizioni normative, delle caratteristiche del corpo stradale e delle condizioni geometriche e vincoli esistenti, sono state previste le seguenti barriere longitudinali:

- Barriera metallica classe H3 bordo laterale;
- Barriera metallica classe H4 bordo ponte.

Per la protezione dello spartitraffico in sede naturale (rilevato) è stato previsto un sistema bifilare di barriere composto da due barriere metalliche di classe H3 bordo laterale. Tale scelta, in linea con i criteri del D.M. 21/06/2004, è conseguita dalla necessità di minimizzare i tipi di barriera da utilizzare, con adozione delle medesime barriere sia per la protezione del margine esterno che per la protezione del margine interno.

Per quanto riguarda la protezione bordo ponte, in considerazione delle caratteristiche orografiche e territoriali degli ambiti interessati dalle opere di attraversamento, si è scelto di applicare la classe superiore tra le due prescritte dalla normativa, ovvero la classe H4.

Lungo i viadotti che scavalcano infrastrutture stradali, è previsto l'impiego di barriere bordo ponte di classe H4 integrate con rete lungo il margine esterno e lungo il margine interno nei casi in cui la distanza tra i due cordoli interni è superiore a 2 m. Lungo i tratti in viadotto con distanza tra i due cordoli interni inferiore o uguale a 2 m è prevista la chiusura dello spazio tra gli impalcati con griglia metallica.

Lungo i tratti in viadotto che necessitano di protezione acustica, è previsto l'impiego di barriere bordo ponte di classe H4 integrate con barriera antirumore.

In corrispondenza dei muri di sostegno è prevista l'installazione di barriere bordo ponte di classe H3, ovvero barriere di classe corrispondente a quella adottata per la protezione bordo laterale e testate e certificate per installazione su cordolo.

In conformità alle prescrizioni CIPE di cui alla Delibera 21 marzo 2018 - punto 1.1.4, sono state previste barriere conformi alle tipologie Anas (barriere tipo Anas) le quali sono munite di DSM (Dispositivo Salva Motociclisti).

Pertanto, per quanto riguarda i requisiti prestazionali, si fa riferimento alla gamma di tali tipologie di barriere. Sulla base di tali requisiti, sono state definite le modalità di installazione ed il posizionamento degli ostacoli a tergo.

Il produttore dovrà fornire copia dei rapporti di prova, del progetto del dispositivo e del manuale di uso per consentire di valutare, tramite i disegni e le indicazioni in essi contenuti, le corrette modalità di installazione in opera: detti rapporti dovranno anche contenere le caratteristiche dei materiali con cui è stato realizzato il dispositivo su cui sono state effettuate le prove ai sensi delle norme della serie UNI EN 1317.

Lungo i margini dei tratti in galleria, è prevista l'installazione di profilo redirettivo.

7.3.2 Sviluppo delle barriere di sicurezza

Al fine di consentire un corretto funzionamento delle barriere, il D.M. 21/06/2004 prevede che si estenda la protezione con una barriera della medesima classe per uno sviluppo sufficiente a garantire che la barriera funzioni opportunamente nel punto di inizio e di fine del tratto da proteggere. A monte del primo punto in cui la protezione deve esplicare il suo pieno funzionamento è stato pertanto previsto un tratto di barriera denominato "ala prima" e, analogamente, a valle è stata prevista una "ala dopo". Entrambe le "ali" sono caratterizzate dal medesimo livello di contenimento della barriera previsto nel tratto da proteggere. Per quanto attiene allo sviluppo delle "ali" il D.M. 21/06/2004 prevede che *"Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione, salvo diversa prescrizione del progettista secondo i criteri indicati nell'art. 6."* La circolare 62032/2010 chiarisce altresì che *"l'estensione minima pari a quella indicata nel certificato di omologazione ha valore prescrittivo mentre il posizionamento di due terzi prima ha carattere indicativo. Il progettista può stabilire lo sviluppo di barriera da porre a monte dell'ostacolo, tenendo conto delle modalità con cui sono state effettuate le prove sulla barriera per l'omologazione e della morfologia della strada. Nelle strade a doppio senso di marcia, dove non è possibile individuare il tratto "prima dell'ostacolo", le medesime protezioni andranno realizzate da entrambi i lati dell'ostacolo, fermo restando il vincolo dell'estensione minima di barriera da installare. Nelle strade a senso unico di marcia la barriera dovrà in tutti i casi essere estesa oltre l'ultimo punto da proteggere, in modo da assicurare che le condizioni di funzionamento siano soddisfacenti in tutto il tratto di interesse."*

Per quanto attiene alla distanza tra il punto d'urto e l'elemento iniziale della barriera la norma EN1317-2 prevede che l'urto avvenga in un punto a circa un terzo della lunghezza della barriera di sicurezza dall'estremità di avvicinamento. Pertanto la misura di "ala prima" strettamente necessaria è stimabile in 1/3 della lunghezza minima di funzionamento (Lf).

Nel presente progetto sono state pertanto adottate le seguenti misure per le "ali":

- “ala prima” di un’opera d’arte su rampe monodirezionali: $L1=2/3 Lf$ come da raccomandazione del D.M. 21/06/2004;
- “ala dopo” di un’opera d’arte su rampe monodirezionali: $L2=1/3 Lf$;
- “ala prima” ed “ala dopo” su asse principale e rampe bidirezionali: $L1=L2=1/3 Lf$ come da EN 1317-2;
- “ala prima” ed “ala dopo” il punto in cui è previsto il cambio di classe di una barriera (ad esempio il punto in cui cessa l’esigenza di avere una barriera di classe H3 sul bordo laterale dell’asse e si può passare all’H2): $L1=L2=1/3 Lf$ come da EN 1317-2;
- “ala prima” ed “ala dopo” i punti di inizio e fine del tratto in cui la barriera posta a protezione degli ostacoli isolati deve esplicitare il suo pieno funzionamento $L1=L2=1/3 Lf$ come da EN 1317-2.

Il valore di Lf (lunghezza di funzionamento) è stato adottato in progetto pari a 90 m in modo concorde con la quasi totalità delle lunghezze di crash test effettuate nei campi prova per la certificazione. Nel caso in cui la barriera in fornitura abbia una lunghezza minima di funzionamento (Lf) maggiore di 90 m, le previsioni progettuali dovranno essere adattate al valore di Lf e, di conseguenza, di $L1 (=2/3 Lf)$ e di $L2 (=1/3 Lf)$, della barriera che si intende installare.

Secondo l’art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al del D.M. 21.6.2004, lo sviluppo complessivo della barriera installata non deve essere comunque inferiore alla lunghezza di funzionamento (Lf).

L’art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 prevede che, laddove non sia possibile installare un dispositivo con una lunghezza minima pari a quella effettivamente testata (per esempio ponti o ponticelli aventi lunghezze in alcuni casi sensibilmente inferiori all’estensione minima del dispositivo) sarà possibile installare una estensione di dispositivo inferiore a quella effettivamente testata, provvedendo però a raggiungere la estensione minima attraverso un dispositivo diverso (per esempio testato con pali infissi nel terreno), ma di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 - nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4) garantendo inoltre la continuità strutturale. L’estensione minima che il tratto di dispositivo “misto” dovrà raggiungere sarà costituita dalla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei due tipi di dispositivo da impiegare. Ovviamente il riferimento all’estensione delle opere d’arte implica che il “non sia possibile” vada inteso non in senso assoluto ma relativamente allo stato dei luoghi previsto in progetto senza necessità di prevedere opere aggiuntive come la realizzazione di appositi cordoli su rilevato per l’installazione delle barriere di sicurezza del tipo “da bordo opera d’arte” sull’intera estesa della lunghezza minima di funzionamento. Nel caso di dispositivi “misti” l’estensione di “ala” necessaria a garantire nel complesso la Lf non dovrà essere intesa come una barriera a sé stante (che a sua volta richiederebbe una lunghezza minima di Lf) ma come parte del sistema misto che nel suo complesso deve garantire la lunghezza minima di funzionamento maggiore tra quelle dei dispositivi da installare.

Per realizzare un dispositivo “misto” la barriera bordo opera d’arte e la barriera da bordo laterale devono garantire la continuità strutturale degli elementi longitudinali. Si considerano elementi longitudinali strutturalmente “resistenti” la lama principale a tripla onda, l’eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali “resistenti” i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento ed i correnti inferiori para ruota. La continuità degli elementi longitudinali delle 2 barriere può essere garantita anche se questi sono installati ad altezze leggermente diverse.

7.3.3 Elementi di protezione complementare

Nell’ambito del progetto sono stati previsti i seguenti elementi di protezione complementare:

Attenuatori d’urto

In corrispondenza delle cuspidi delle corsie di uscita si prevede l’installazione di attenuatori d’urto frontali redirettivi di classe 80 conformi alla norma EN1317-3.

E' prevista, inoltre, l'installazione di attenuatori d'urto di classe 50 conformi alla norma EN1317-3 in corrispondenza delle cuspidi individuate dalle diramazioni delle rampe di svincolo.

Transizioni

Tra barriere di diverso tipo sono previsti elementi di transizione. Le transizioni non sono prodotti soggetti a prova o a marcatura CE, ma sono elementi di raccordo tra dispositivi diversi che devono rispondere a specifici requisiti di carattere geometrico e funzionale e sono finalizzati a garantire la continuità strutturale tra i dispositivi raccordati.

Terminali

Qualsiasi interruzione della continuità longitudinale delle barriere esposte al flusso di traffico dovrà essere dotata di un sistema terminale che prevenga, per quanto possibile, l'urto frontale dei veicoli contro la parte iniziale della barriera.

I terminali semplici di cui sopra non sono parte del sistema testato ai sensi della norma EN1317-2 e sono dispositivi diversi dagli eventuali sistemi di ancoraggio che possono essere presenti durante il crash che, non essendo testati rispetto ad eventuali urti frontali, non garantiscono alcun livello di sicurezza come elementi terminali installati su strada.

In particolare, si definisce terminale semplice il tratto di barriera al suo inizio e quello alla sua fine (che spesso sono diversi) riportate nei disegni delle omologazioni o dei rapporti di prova delle diverse soluzioni; si tratta in genere di interramenti e deviazioni della parte terminale d'inizio, combinate o meno tra loro, senza ancoraggi speciali.

I terminali di inizio e fine vanno previsti in zone della strada dove la loro presenza non generi problemi in caso d'urto (non causi cioè fuoriuscite pericolose, urti su oggetti esterni o simili) per questo motivo le barriere poste su rilevato devono iniziare e finire all'interno delle trincee ad esso adiacenti e terminare a terra e/o deviando sulla parete della trincea.

Barriere rimovibili chiusure varchi

Al fine di garantire il passaggio dei veicoli da una carreggiata ad un'altra, in presenza di situazioni di emergenza, nonché di esigenze di transito temporaneo (manutenzione), sono stati previsti varchi in corrispondenza dello spartitraffico.

L'ubicazione dei varchi (costituiti da una zona pavimentata atta a consentire lo scambio di carreggiata) è stata definita prendendo in considerazione le prescrizioni contenute nel par. 4.3.1 del D.M. 05/11/2001 e compatibilmente con la configurazione geometrica ed il distanziamento delle carreggiate, nonché con la successione delle diverse configurazioni del corpo stradale.

In corrispondenza dei varchi si prevede l'installazione di barriere rimovibili "chiusure varchi", testate ai sensi della norma EN 1317-2 e 4 (che prevede diverse prove d'urto in base alla lunghezza del dispositivo), di classe H2 che si attestano alle barriere a protezione dello spartitraffico mediante opportune transizioni.

La differenza di classe tra la barriera spartitraffico (H3) e quella del varco (H2), dovuta principalmente al carattere di amovibilità della barriera ed alla presenza delle transizioni, rientra nella massima ammissibile di due classi prescritta dal D.M. 21/06/2004.

8. SEGNALETICA

Il progetto della segnaletica orizzontale e verticale è stato sviluppato coerentemente alle prescrizioni contenute nel “Nuovo Codice della Strada D.L. n. 285 del 30/04/1992” (Artt. 38, 39, 40, 41, 42) e nel “Regolamento d’esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada D.P.R. n. 495 del 16/12/1992”.

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l’attività di guida, il progetto della segnaletica orizzontale e verticale è stato redatto in modo da rispondere ai seguenti requisiti:

- congruenza con la situazione stradale che si vuole descrivere;
- coerenza sul medesimo itinerario;
- omogeneità sul medesimo itinerario.

Si precisa che la segnaletica sarà concordata con l’Ente gestore della viabilità in oggetto, per cui essa potrà essere modificata rispetto al progetto sviluppato.

Per i dettagli riguardanti la configurazione della segnaletica orizzontale ed il tipo ed ubicazione della segnaletica verticale, si rimanda agli specifici elaborati contenuti nella sezione “SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA”.