

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE	3
2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo.....	4
2.2 Andamento planimetrico	6
2.3 Andamento altimetrico	12
1. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI.....	20
1.1 Inquadramento Normativo	20
1.2 Criteri progettuali principali	20
1.2.1 Caratteristiche planimetriche	20
1.2.2 Caratteristiche altimetriche	24
1.2.3 Analisi di visibilità	26
1.2.4 Rappresentazione dei risultati	29
1.3 Progettazione delle intersezioni a rotatoria.....	30
3.3.1 Dimensionamento degli elementi modulari	30
3.3.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità	31
3.3.3 Determinazione delle aree di visibilità	32
2. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	34
2.1. Assi stradali	34
2.2. Intersezioni a rotatoria	48
2.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie	48
2.2.2. Analisi dell'angolo di deviazione	49
2.2.3. Analisi delle Visibilità	49

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la descrizione del progetto definitivo denominato D02 (EX 1RE) – variante alla SP41 in corrispondenza del tracciato cispadano – tratto tra SP 60 e Brescello in corrispondenza del tracciato cispadano inserito nell'intervento di realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana, infrastruttura stradale di categoria A, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova".

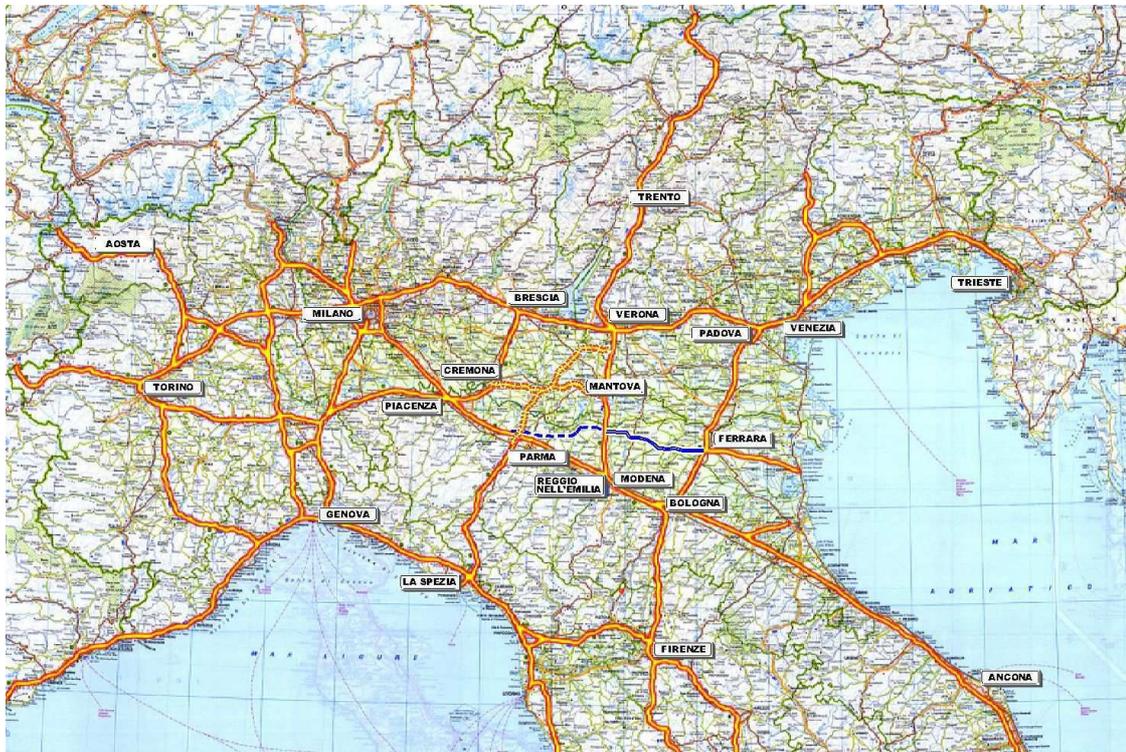


Figura 1-1 – L'Autostrada Regionale Cispadana (blu), inserita nella rete autostradale nazionale

Tali opere consistono nei seguenti interventi:

- Realizzazione di un nuovo tracciato di collegamento tra la rotonda esistente su strada Chiozzola in Coenzo e la strada cispadana in comune di Brescello .
- Realizzazione di un nuovo svincolo a rotonda in prossimità dell'incrocio tra la nuova viabilità in progetto e via Imperiale in Lentigione.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche stradali del progetto delle viabilità connesse in esame e illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza con le indicazioni contenute nella normativa cogente e di riferimento per le strade extraurbane di categoria F, relativamente al tracciato stradale e alle intersezioni.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

La strada è classificata come C1 ed è un nuovo tronco stradale di collegamento alla vecchia Cispadana in comune di Brescello e la viabilità denominata strada di Chiozzola in Coenzo la quale collega Sorbolo e Coenzo.

Il progetto si sviluppa in prossimità dei comuni di Brescello, Sorbolo e Mezzani, il territorio è caratterizzato da una limitata urbanizzazione e i vincoli più significativi sono gli attraversamenti dei fiumi Enza e Brescello. Il tracciato ha inizio in prossimità della rotatoria di via Chiozzola e si sviluppa in direzione est con una curva in destra di raggio 400.00m, passata la curva la viabilità corre parallelamente ad un fabbricato esistente dove si è predisposto un muro di contenimento per mantenere le distanze come indicato in normativa, subito dopo si attraversa l'SP 41 e il fiume Enza, attraversata questa interferenza il tracciato prosegue in aperta campagna con curve di raggio superiore a 500m raggiungendo l'intersezione tra via Imperiale e via Viazza dove è prevista la realizzazione di un nuovo svincolo a rotatoria per garantire la continuità alle strade interferenti. Oltrepassata la rotatoria ci si ricongiunge alla cispadana esistente mediante rettilineo di lunghezza di circa 1300m. Tutte le curve sono dotate di opportuni raccordi di transizione, in entrata e uscita, adeguati per categoria e velocità di progetto della strada stessa. Altimetricamente il tracciato è caratterizzato da livellette con pendenze inferiori al 3.50% e i raccordi concavi e convessi hanno un raggio di 8000m.

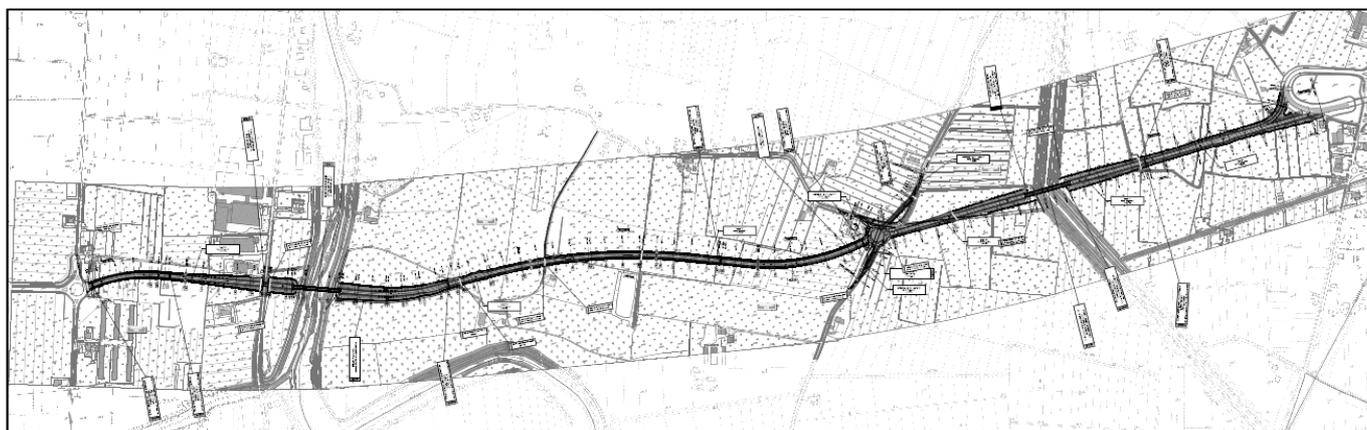


Figura 2-1 – Planimetria di Progetto – Opera 1RE

La nuova rotatoria in progetto si sviluppa nel comune di Brescello è posizionato nell'intersezione tra via Imperiale e via Viazza. La rotatoria ha un diametro esterno di 56.00m a una corsia di marcia con rami in ingresso e uscita a singola corsia. L'opera è stata inserita per dare continuità alle strade interferenti alla viabilità principale e migliorare la intuibilità dell'intersezione.

Ulteriori opere di adeguamento e sistemazione posizionate oltre i limiti di intervento sono state considerate a carico ANAS.

2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo

La sezione stradale è di tipo C1 - strada extraurbana principale prevista bidirezionale della larghezza di 10,50 m; la piattaforma stradale è organizzata con due corsie di marcia di 3,75 m oltre due banchine da 1,50 m per parte. L'arginello in terra è previsto di 1,30 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta quando richiesti dal quadro normativo vigente.

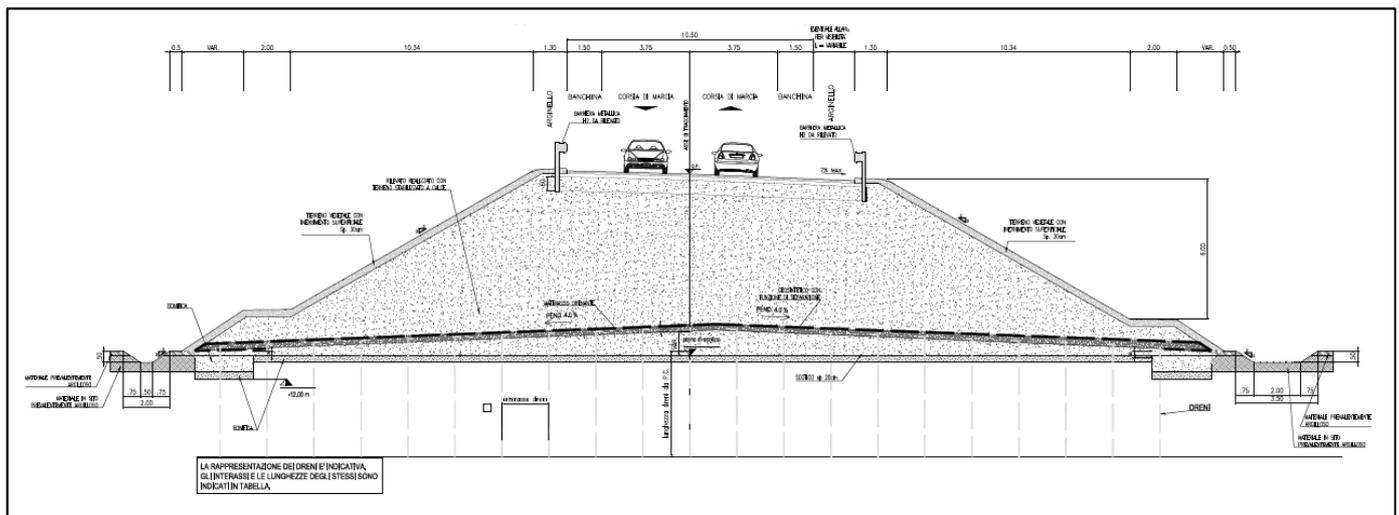


Figura 2-2 – Sezione tipo Opera 1RE

Le scarpate nei tratti in rilevato hanno pendenza 2/3 con inerbimento superficiale stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari a 2/3, come pure il fosso laterale; le scarpate saranno inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Per la formazione del rilevato è prevista la bonifica di spessore variabile 0,30 ÷ 0,60 m mediante stabilizzazione a calce e la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm con materiale anticapillare; al piede è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di laminazione.

La sovrastruttura stradale è composta da 3cm di strati usura, 7 cm di binder e 17 cm di strato di base per un totale di 27 cm; mentre per le opere d'arte il pacchetto è composto da uno strato di usura di 5cm, una base di altri 5 cm e uno strato di impermeabilizzazione di 1 cm.

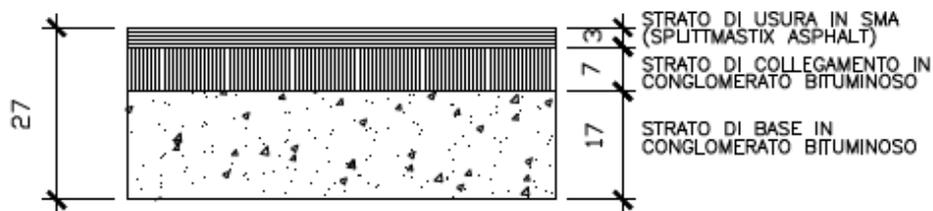


Figura 2-3- Composizione della sovrastruttura stradale

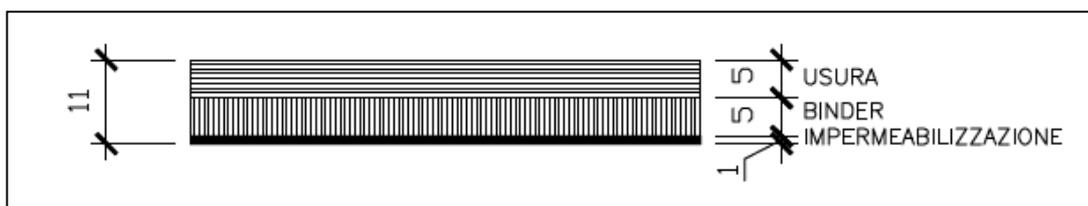


Figura 2-4- Composizione del pacchetto sulle opere d'arte maggiori

2.1.1 Svincoli e rotatorie

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una rotatoria a raso ubicata nell'intersezione esistente tra via Viazza e via Imperiale in modo da mantenere le distanze dai fabbricati adiacenti come richiesto da normativa vigente.

La rotatoria ha un diametro esterno di 56.00m con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 7.50 m costituita da una corsia giratoria di 6.00 m affiancata da banchine in destra di 1.00m e in sinistra pari a 0.50 m. La pendenza trasversale corrente è pari al 1,50% verso l'esterno.

L'isola centrale sarà delimitata da cordoli in cls a sezione trapezia. La sistemazione a verde della stessa avverrà con terreno di riporto proveniente dagli scavi ed arredata per mezzo specie arboree ed arbustive per la cui definizione si rimanda agli elaborati specifici.

Lungo il perimetro esterno sono previsti elementi marginali analoghi a quelli adottati per il tracciato principale: costituiti da un arginello inerbito di larghezza pari a 1,05 metri. Le scarpate saranno realizzate con pendenza al 2/3 e rivestite da uno strato di terreno vegetale dello spessore di 30 cm.

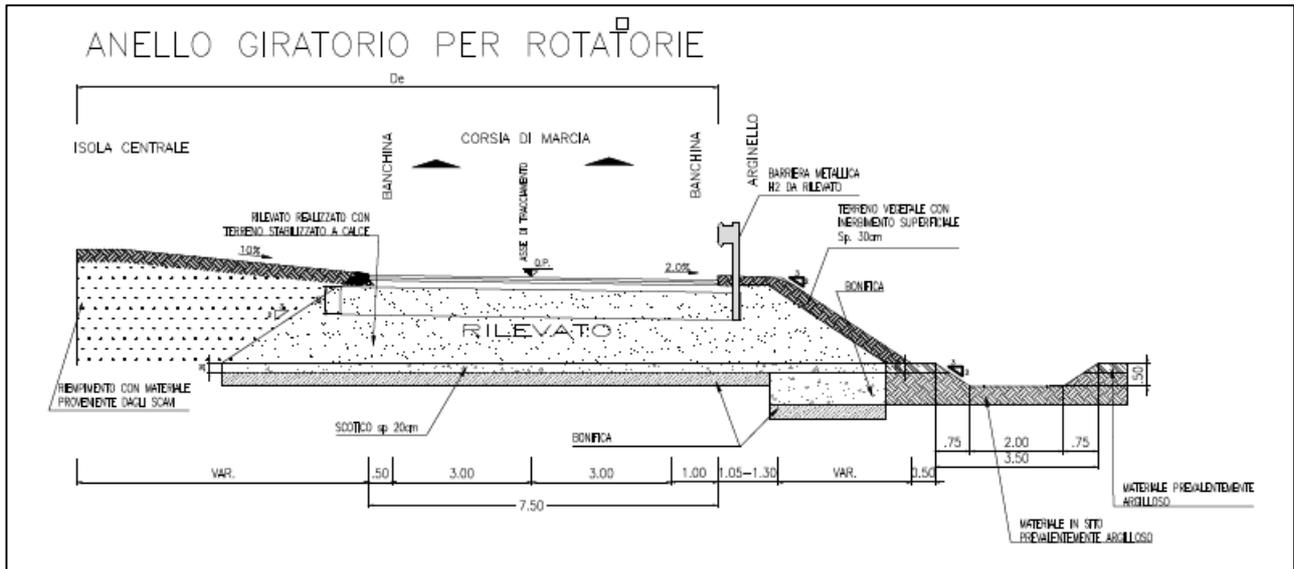


Figura 2.5 Esempio di sezione tipo in rotatoria

Per i rami di ingresso ed uscita delle rotatorie, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,00 m e 5,50 m così composta:

- Corsia in entrata L= 3,50 m;
- Corsia in uscita L= 4,50 m;
- Banchina in Sx L= 0,50 m;
- Banchina in Dx L= 1,00 m.

Gli elementi marginali rispettano quanto previsto per il rilevato e la trincea della viabilità principale.

2.2 Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali.

Asse "A"

Rettilineo n°1 - Lunghezza (m):5.180	Lung.			Parametri
Progressiva				0.000
Rettilineo fuori	5.180			

Clotoide n°1 - Parametro A:133.340 - Lunghezza (m):44.449	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				5.180
Clotoide	133.340	44.449	1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):400.000 - Lunghezza (m):145.045	Raggio	Lung.		Parametri
Progressiva				49.629
Raccordo	400.000	145.045		
Clotoide n°2 - Parametro A:133.340 - Lunghezza (m):44.449	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				194.674
Clotoide	133.340	44.449	1.000	
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):569.223	Lung.			Parametri
Progressiva				239.123
Rettifilo	569.223			
Clotoide n°3 - Parametro A:210.000 - Lunghezza (m):84.808	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				808.346
Clotoide in normativa	210.000	84.808	1.000	
Raccordo n°2 - Raggio (m):520.000 - Lunghezza (m):94.990	Raggio	Lung.		Parametri
Progressiva				893.154
Raccordo	520.000	94.990		
Clotoide n°4 - Parametro A:210.000 - Lunghezza (m):84.808	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				988.144

Clotoide	210.000	84.808	1.000	
Rettifilo n°3 - Lunghezza (m):51.189	Lung.			Parametri
Progressiva				1072.952
Rettifilo	51.189			
Clotoide n°5 - Parametro A:535.000 - Lunghezza (m):178.891	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				1124.140
Clotoide in normativa	535.000	178.891	1.000	
Raccordo n°3 - Raggio (m):1600.000 - Lunghezza (m):410.165	Raggio	Lung.		Parametri
Progressiva				1303.031
Raccordo	1600.000	410.165		
Clotoide n°6 - Parametro A:535.000 - Lunghezza (m):178.891	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				1713.197
Clotoide	535.000	178.891	1.000	
Rettifilo n°4 - Lunghezza (m):38.369	Lung.			Parametri
Progressiva				1892.087
Rettifilo	38.369			
Clotoide n°7 - Parametro A:205.000 - Lunghezza (m):68.893	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				1930.456
Clotoide in normativa	205.000	68.893	1.000	
Raccordo n°4 - Raggio (m):610.000 - Lunghezza (m):273.893	Raggio	Lung.		Parametri

Progressiva				1999.350
Raccordo in normativa	610.000	273.893		
Clotoide n°8 - Parametro A:205.000 - Lunghezza (m):68.893	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				2273.242
Clotoide in normativa	205.000	68.893	1.000	
Rettifilo n°5 - Lunghezza (m):0.531	Lung.			Parametri
Progressiva				2342.136
Rettifilo	0.531			

Asse "B"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):1333.972	Lung.	Parametri
Progressiva		0.000
Rettifilo	1333.972	

Asse "C"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):10.903	Lung.		Parametri
Progressiva			0.000
Rettifilo	10.903		
Raccordo n°1 - Raggio (m):70.000 - Lunghezza (m):41.323	Raggio	Lung.	Parametri
Progressiva			10.903

Raccordo	70.000	41.323	
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):16.987	Lung.		Parametri
Progressiva			52.226
Rettifilo	16.987		

Asse "D"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):16.942	Lung.				Parametri
Progressiva					0.000
Rettifilo	16.942				
Clotoide n°1 - Parametro A:55.000 - Lunghezza (m):21.607	A	Lung.	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					16.942
Clotoide	55.000	21.607		1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):140.000 - Lunghezza (m):41.676	Raggio	Lung.			Parametri
Progressiva					38.549
Raccordo	140.000	41.676			
Clotoide n°2 - Parametro A:55.000 - Lunghezza (m):21.607	A	Lung.	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					80.225
Clotoide	55.000	21.607		1.000	

Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):102.627	Lung.				Parametri
Progressiva					101.832
Rettifilo in normativa	102.627				

Asse "E"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):24.605	Lung.				Parametri
Progressiva					0.000
Rettifilo	24.605				
Clotoide n°1 - Parametro A:68.000 - Lunghezza (m):23.120	A	Lung.	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					24.605
Clotoide	68.000	23.120		1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):200.000 - Lunghezza (m):41.962	Raggio	Lung.			Parametri
Progressiva					47.725
Raccordo	200.000	41.962			
Clotoide n°2 - Parametro A:68.000 - Lunghezza (m):23.120	A	Lung.	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					89.687
Clotoide	68.000	23.120		1.000	

Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):8.558	Lung.				Parametri
Progressiva					112.807
Rettifilo	8.558				

2.3 Andamento altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi. I raccordi altimetrici si distinguono in convessi e concavi e sono realizzati mediante archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo (L) viene calcolato con la seguente espressione:

$$L = R_v \times \frac{\Delta i}{100} \quad [m]$$

dove Δi , espressa in percentuale, è la variazione di pendenza fra le due livellette da raccordare e R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse stradale e gli assi del percorso ciclo-pedonale.

Asse "A"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.102%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livelletta in normativa	0.102%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			154.552
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			

Livellotta n2 - Pendenza (h/b):3.401%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			418.284
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	3.401%		
Raccordo n2 - Raggio (m):8000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			442.999
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n3 - Pendenza (h/b):-2.751%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			934.907
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	-2.751%		
Raccordo n3 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			1014.729
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n4 - Pendenza (h/b):-0.224%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1216.790
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		

Livellotta in normativa	-0.224%		
Raccordo n°4 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			2315.789
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°5 - Pendenza (h/b):2.205%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			2340.072
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
ivellotta in normativa	2.205%		

Asse "B"

Livellotta n°1 - Pendenza (h/b):-2.770%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livellotta in normativa	-2.770%	
Raccordo n°1 - Raggio (m):250.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		0.582
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		100
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	250.000	
Livellotta n°2 - Pendenza (h/b):0.873%	Pend. Max	Parametri

Progressiva		9.688
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livellotta in normativa	0.873%	
Raccordo n2 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		84.488
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		100
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	8000.000	
Livellotta n3 - Pendenza (h/b):2.693%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		230.010
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livellotta in normativa	2.693%	
Raccordo n3 - Raggio (m):8000.000 (Convesso)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		276.598
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		100
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	8000.000	
Livellotta n4 - Pendenza (h/b):-2.956%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		728.373
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livellotta in normativa	-2.956%	
Raccordo n4 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		729.782
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		100

Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	8000.000	
Livellotta n°5 - Pendenza (h/b):0.566%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		1011.438
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livellotta in normativa	0.566%	
Raccordo n°5 - Raggio (m):9000.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		1053.298
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		100
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	9000.000	
Livellotta n°6 - Pendenza (h/b):2.681%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		1243.558
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livellotta in normativa	2.681%	
Raccordo n°6 - Raggio (m):1500.000 (Convesso)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		1296.642
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		100
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	1500.000	
Livellotta n°7 - Pendenza (h/b):1.110%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		1320.199

Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%	
Livelletta in normativa	1.110%	

Asse "C"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.659%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livelletta in normativa	0.659%	
Raccordo n°1 - Raggio (m):1500.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		13.039
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		50
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	1500.000	
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):2.114%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		34.863
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livelletta in normativa	2.114%	

Asse "D"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.278%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livelletta in normativa	0.278%	

Raccordo n°1 - Raggio (m):2000.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		159.326
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		50
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	2000.000	
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.247%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		178.720
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livelletta in normativa	1.247%	
Raccordo n°2 - Raggio (m):500.000 - Lunghezza (m):4.298 - K:5.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		198.306
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		50
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa	500.000	
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):2.107%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		202.615
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livelletta in normativa	2.107%	

--	--	--

Asse "E"

Livellotta n°1 - Pendenza (h/b):0.887%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livellotta in normativa	0.887%	
Raccordo n°1 - Raggio (m):3000.000 (Concavo)	Raggio Min	Parametri
Progressiva		77.984
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)		50
Raggio minimo non necessario		
Raccordo in normativa		
Livellotta n°2 - Pendenza (h/b):1.827%	Pend. Max	Parametri
Progressiva		106.172
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%	
Livellotta in normativa	1.827%	

1. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

1.1 Inquadramento Normativo

Prima di entrare nel dettaglio delle verifiche condotte nell'ambito della progettazione degli assi e bene fare una premessa di inquadramento normativo dell'intervento.

Si veda in proposito l'elaborato PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01_A - Elenco delle Normative di riferimento.

Le situazioni di non conformità sono state circoscritte ai casi in cui le condizioni al contorno (vincoli territoriali, condizioni legate alla sicurezza della circolazione, il rispetto di accordi presi con le Amministrazioni interessate dall'intervento) non hanno consentito la piena rispondenza alle citate normative.

Queste situazioni verranno evidenziate nel dettaglio nel corso delle analisi sulle geometrie dei tracciati stradali studiati ed opportunamente commentate e giustificate.

1.2 Criteri progettuali principali

1.2.1 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

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

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO C

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

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

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

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

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 2;

(d) *Lunghezza massima dei rettili:*

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

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

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella 1; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

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

Tabella 1 – Lunghezza minima dei rettifili in relazione alla velocità

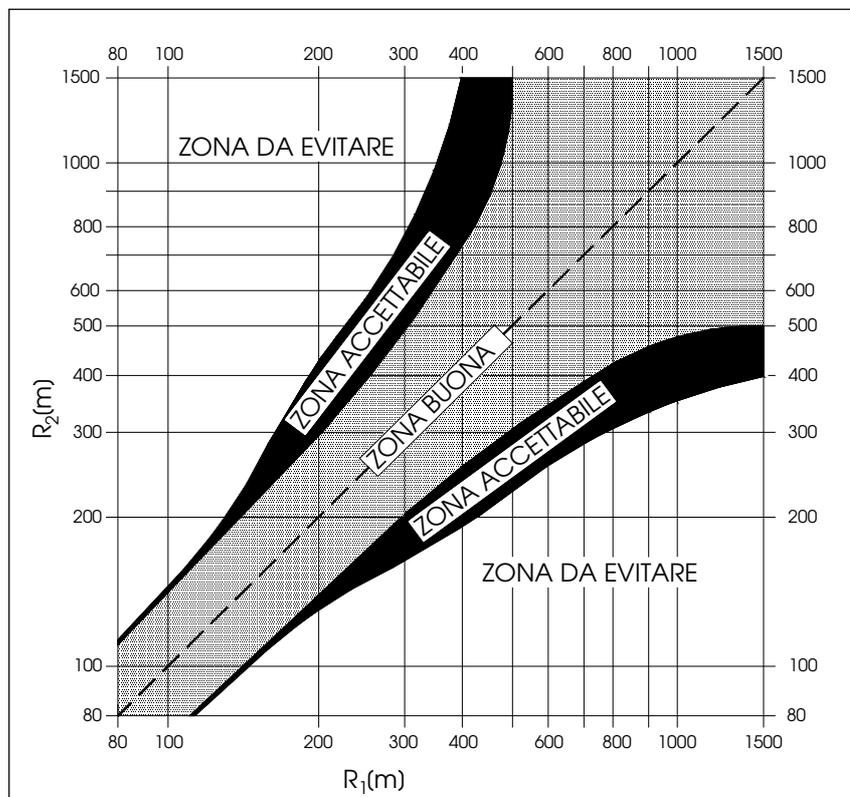


Figura 2 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade tipo C) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f2).

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 05/11/2001 e di seguito riportato.

- La velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettifili, le clotoidi e gli archi con raggio non inferiore a $R_{2,5}$;
- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a 0,8 m/s². Tale valore è stato mantenuto invariato anche per i tratti in approccio alle intersezioni con schema a rotatoria.
- In corrispondenza delle rotatorie si è assunta una velocità di percorrenza pari a 30 km/h;
- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.*

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

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

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

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

criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

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

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

dove:

- c = contraccolpo;

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

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

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

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

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

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

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

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

dove:

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

- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

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

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

dove R1 è il raggio minore ed R2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

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

1.2.2 Caratteristiche altimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo C (strade extraurbane locali), è pari al 7%.

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non

penalizzarne eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

(j) *Raccordi verticali convessi*

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

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

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

- se invece $D > L$

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

dove:

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

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

(k) *Raccordi verticali concavi*

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

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

se invece $D > L$

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

dove:

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

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

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

1.2.3 Analisi di visibilità

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

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, con le seguenti distanze:

- **Distanza di visibilità per l'arresto**, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.
- **Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso**, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra completa di sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

La **verifica di visibilità per l'arresto** consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto (determinate lungo l'intero sviluppo del tracciato sia in corsia di sorpasso che in corsia di marcia lenta adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di 0.10 m e collocando trasversalmente i punti di vista e di mira al centro della corsia) con le distanze di visuale libera per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale)

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal D.M. 5/11/2001 (e precisati nello stesso testo della norma stessa, vedi anche Tabella 2), riferito a condizioni di strada bagnata.

VELOCITA' (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
f_l	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Tabella 2 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 10 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

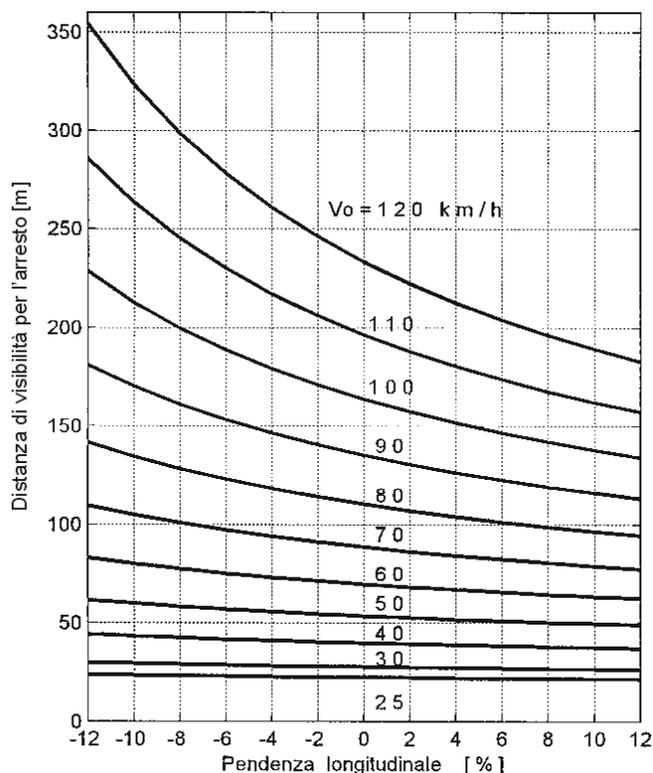
dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
- D_2 = spazio di frenatura
- V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
- τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s²]
- Ra = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

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

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

Il D.M. 5/11/2001 definisce un abaco di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.



La **verifica di visibilità per il sorpasso** è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera per il sorpasso con le corrispondenti distanze visibilità lungo tutto il tracciato.

Le distanze di visuale libera per il sorpasso sono state determinate considerando l'ostacolo mobile collocato nella corsia opposta, con altezza pari a 1,10.

Per il calcolo delle distanze di visibilità è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.3. del DM 05/11/2001:

$$D_s = 20 \times v = 5,5 V \quad [m]$$

dove:

- v = velocità del veicolo in [m/s], op. V in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità ed attribuita uguale sia per il veicolo in fase di sorpasso che per il veicolo proveniente in senso opposto.

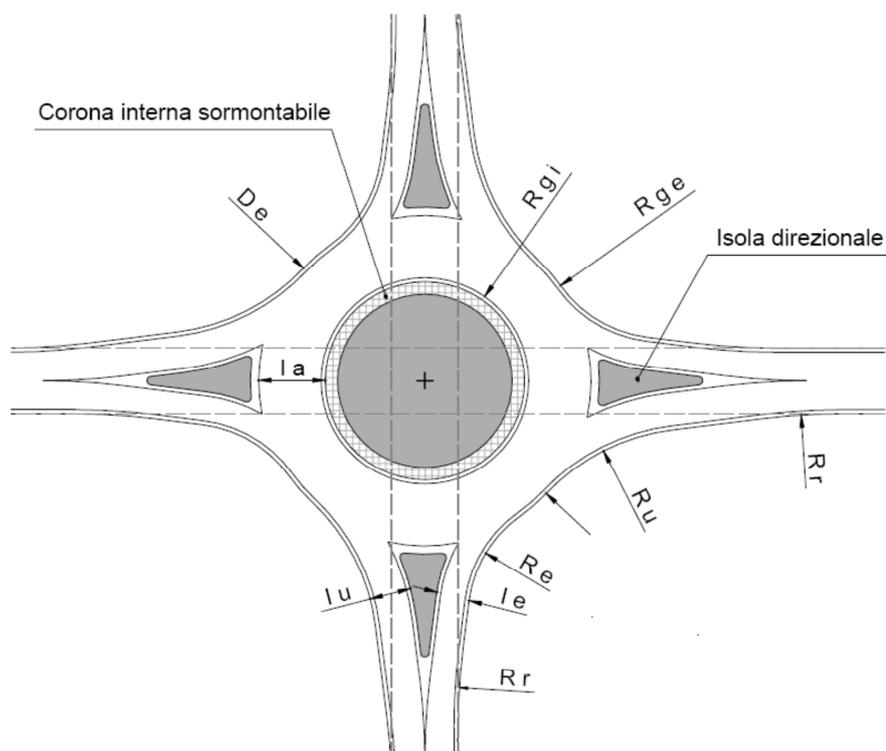
1.2.4 Rappresentazione dei risultati

I risultati delle analisi sono riportati in forma tabulare nel capitolo che segue ed in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto definitivo, nei quali sono riassunti, in funzione dello sviluppo longitudinale della strada, le seguenti informazioni:

- progressive;
- distanze ettometriche;
- andamento planimetrico;
- andamento altimetrico (profilo longitudinale);
- diagramma delle distanze di visuale libera e di visibilità per l'arresto e per il sorpasso per entrambi i sensi di marcia;
- diagramma delle velocità di progetto costruito secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001;
- rappresentazione grafica delle situazioni a norma (tratti in verde), fuori norma (tratti in rosso).

1.3 Progettazione delle intersezioni a rotatoria

3.3.1 Dimensionamento degli elementi modulari



Elementi di progetto delle rotatorie

In tabella si riportano le larghezze degli elementi modulari, come definite dalla normativa regionale:

	Notazione	Intervallo di validità	Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi Rotatorie
Diametro esterno della rotatoria	De	$De \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	>50 m
Raggio giratorio esterno	Rge	De/2	7÷9	9÷13	13÷25	>25 m
Raggio giratorio interno	Rgi	$Rgi - la$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	la	$7 \text{ m} \leq la \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello	Lis	$0 \leq lis \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente	1,5÷2	1,5÷2	0

<i>interno sormontabile</i>			<i>sormontabile</i>			
Raggio d'entrata	Re	$10\text{ m} \leq Re \leq De/2$	10	10÷13	10÷25	$10 \div De/2$
Larghezza corsia entrante	Le^*	$4\text{ m} \leq le \leq 4,5\text{ m}$ (1 corsia)	$le \leq 4,5$	$le \leq 4,5$	$4 \leq le \leq 4,5$	$4 \leq le \leq 4,5$
		$7\text{ m} \leq le \leq 9\text{ m}$ (2 corsie)	(1 c.)	(1 c.)	$7 \leq le \leq 9$	$7 \leq le \leq 9$
Raggio d'uscita	Ru	$15\text{ m} \leq Ru \leq 30\text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15-30 m
Larghezza corsia uscita	lu	$4,5\text{ m} \leq lu \leq 6\text{ m}$ (1 corsia)	$lu \leq 6$ (1 c.)	$lu \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq lu \leq 6$	$4,5 \leq lu \leq 6$
		$7,5\text{ m} \leq lu \leq 9\text{ m}$ (2 corsie)			$7,5 \leq lu \leq 9$	$7,5 \leq lu \leq 9$
Raggio di raccordo	Rr	$2 \times De$	28÷36	36÷52	52÷100	>100 m

(*) Al fine di migliorare le performances in termini di capacità, di smaltimento dei flussi di traffico e di sicurezza complessiva del nodo, si ritiene ragionevole intendere il valore della larghezza della corsia di ingresso indicata dalla norme regionali come valore minimo. Nel progetto verranno quindi adottate dimensioni leggermente superiori.

La norma non fornisce chiare indicazioni relativamente alle dimensioni delle banchine da prevedere nella corona rotatoria. Per quanto riguarda la banchina esterna è stata assunta una larghezza pari a 1.00. Per la banchina interna dovranno essere utilizzate dimensioni minime di 0.50 m, incrementabili se necessario ai fini della funzionalità della rotatoria in relazione agli ingombri dei veicoli pesanti, previa verifica del rispetto degli angoli di deflessione.

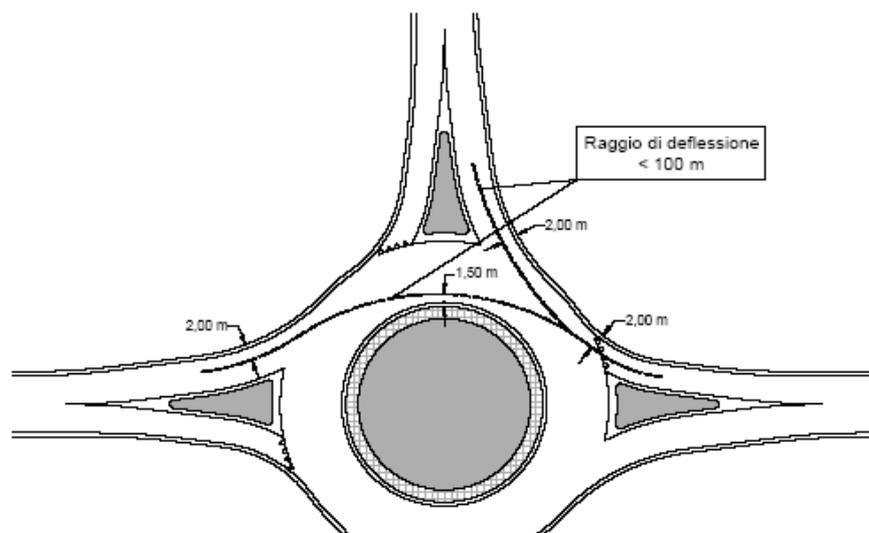
Onde garantire la migliore efficacia dello scolo delle acque meteoriche, la normativa regionale prescrive la pendenza della carreggiata anulare nelle rotatorie aventi diametro esterno $De \leq 50\text{ m}$ rivolta verso l'esterno (pendenza 1,5- 2%). Mentre per rotatorie con diametro $De > 50\text{ m}$ una pendenza verso l'interno (1,5-3%).

3.3.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale.

Lo scopo primario delle rotatorie è un assoluto controllo delle velocità all'interno dell'incrocio ed è essenziale che la geometria complessiva impedisca valori cinematici superiori ai limiti usualmente assunti a base di progetto.

La normativa definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell'isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d'entrata e d'uscita, siano esse adiacenti o opposte (si veda la figura sotto riportata). Occorre verificare l'ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita. Tale raggio deve essere inferiore a 100 metri: in tal modo la velocità in rotatoria non potrà mai essere superiore ai 50 Km/h.



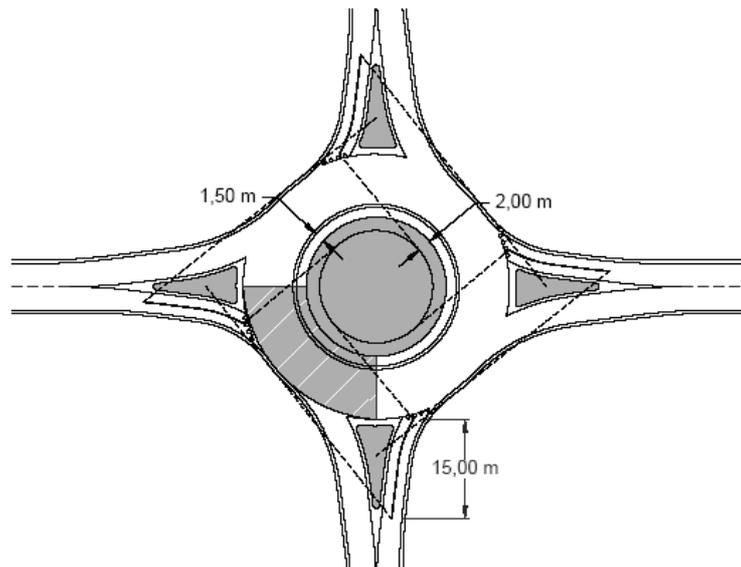
Costruzione della verifica di deflessione da garantire nelle rotatorie

3.3.3 Determinazione delle aree di visibilità

Gli utenti che si avvicinano ad una rotatoria devono percepire i veicoli con precedenza all'interno della corona in tempo per modificare la propria velocità per cedere il passaggio o eventualmente fermarsi. In particolare, onde garantire un'adeguata visibilità, si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15 m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1 m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

La modalità di costruzione delle aree di visibilità è rappresentata nella figura seguente.



Costruzione dell'area di visibilità da garantire nelle rotonde

2. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1. Assi stradali

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

Per gli altri assi non è stata condotta la verifica trattandosi per lo più dell'adeguamento a raso di brevi tratti di strade esistenti che si configurano come rami d'innesto alle rotatorie che sottendono tratti di raccordo per l'inserimento dell'isola divisionale.

4.1.1. Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali condotte per i soli assi principali .

Asse "A"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):5.180	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						0.000
Lunghezza minima (m)	30.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	30.000	2200.000				
Rettifilo fuori normativa	5.180					
Clotoide n°1 - Parametro A:133.340 - Lunghezza (m):44.449	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						5.180
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						40
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	33.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	66.667					
Criterio ottico	133.333					

Critério ottico		400.000				
Clotoide rettilifo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza					1.000	
Valori minimi/massimi da normativa	133.333	400.000				
Clotoide in normativa	133.340		44.449		1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):400.000 - Lunghezza (m):145.045	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						49.629
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						40
Raggio minimo in funzione della velocità	118.110					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilifo successivo	400.000					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			27.778			
Valori minimi/massimi da normativa	400.000		27.778			
Raccordo in normativa	400.000		145.045			
Clotoide n°2 - Parametro A:133.340 - Lunghezza (m):44.449	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						194.674
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						40
Fattore di forma					1.000	
Critério dinamico: limitazione del contraccolpo	33.600					
Critério cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	66.667					
Critério ottico	133.333					
Critério ottico		400.000				
Clotoide rettilifo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in					1.000	

tolleranza						
Valori minimi/massimi da normativa	133.333	400.000				
Clotoide in normativa	133.340		44.449		1.000	
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):569.223	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						239.123
Lunghezza minima (m)	50.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	50.000	2200.000				
Rettifilo in normativa	569.223					
Clotoide n°3 - Parametro A:210.000 - Lunghezza (m):84.808	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						808.346
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	75.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	95.048					
Criterio ottico	173.333					
Criterio ottico		520.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	173.333	520.000				
Clotoide in normativa	210.000		84.808		1.000	

Raccordo n°2 - Raggio (m):520.000 - Lunghezza (m):94.990	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						893.154
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Raggio minimo in funzione della velocità	118.110					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilineo successivo	51.189					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			41.667			
Valori minimi/massimi da normativa	118.110		41.667			
Raccordo in normativa	520.000		94.990			
Clotoide n°4 - Parametro A:210.000 - Lunghezza (m):84.808	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						988.144
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	75.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	95.048					
Criterio ottico	173.333					
Criterio ottico		520.000				
Clotoide rettilineo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	173.333	520.000				
Clotoide in normativa	210.000		84.808		1.000	
Rettilineo n°3 - Lunghezza (m):51.189	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						1072.952

Lunghezza minima (m)	50.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	50.000	2200.000				
Rettifilo in normativa	51.189					
Clotoide n°5 - Parametro A:535.000 - Lunghezza (m):178.891	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1124.140
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	75.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	163.299					
Criterio ottico	533.333					
Criterio ottico		1600.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	533.333	1600.000				
Clotoide in normativa	535.000		178.891		1.000	
Raccordo n°3 - Raggio (m):1600.000 - Lunghezza (m):410.165	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						1303.031
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Raggio minimo in funzione della velocità	118.110					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			41.667			

Valori minimi/massimi da normativa	118.110		41.667			
Raccordo in normativa	1600.000		410.165			
Clotoide n°6 - Parametro A:535.000 - Lunghezza (m):178.891	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1713.197
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	75.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	163.299					
Criterio ottico	533.333					
Criterio ottico		1600.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	533.333	1600.000				
Clotoide in normativa	535.000		178.891		1.000	
Rettifilo n°4 - Lunghezza (m):38.369	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						1892.087
Lunghezza massima (m)		59.200				
Valori minimi/massimi da normativa	0.000	59.200				
Rettifilo in normativa	38.369					
Clotoide n°7 - Parametro A:205.000 - Lunghezza (m):68.893	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						1930.456
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60

Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	75.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	100.830					
Criterio ottico	203.333					
Criterio ottico		610.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	203.333	610.000				
Clotoide in normativa	205.000		68.893		1.000	
Raccordo n°4 - Raggio (m):610.000 - Lunghezza (m):273.893	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						1999.350
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Raggio minimo in funzione della velocità	118.110					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo	38.369					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			41.667			
Valori minimi/massimi da normativa	118.110		41.667			
Raccordo in normativa	610.000		273.893			
Clotoide n°8 - Parametro A:205.000 - Lunghezza (m):68.893	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						2273.242
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						64
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	85.005					

Critero cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	105.801					
Critero ottico	203.333					
Critero ottico		610.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
Valori minimi/massimi da normativa	203.333	610.000				
Clotoide in normativa	205.000		68.893		1.000	
Rettilo n°5 - Lunghezza (m):0.531	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						2342.136
Lunghezza minima (m)	55.537					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	55.537	2200.000				
Rettilo fuori normativa	0.531					

Asse "B"

Rettilo n°1 - Lunghezza (m):1333.972	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						0.000
Lunghezza minima (m)	150.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	150.000	2200.000				
Rettilo in normativa	1333.972					

4.1.2. Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette degli assi in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive per strade di categoria C – strade extraurbane locali di non eccedere il 7%.

Asse "A"

Livellotta n°1 - Pendenza (h/b):0.102%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	0.102%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			154.552
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°2 - Pendenza (h/b):3.401%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			418.284
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	3.401%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):8000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			442.999
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			

Livellotta n°3 - Pendenza (h/b):-2.751%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			934.907
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	-2.751%		
Raccordo n°3 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			1014.729
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°4 - Pendenza (h/b):-0.224%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1216.790
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	-0.224%		
Raccordo n°4 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			2315.789
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°5 - Pendenza (h/b):2.205%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			2340.072
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		

Livellotta in normativa	2.205%		
-------------------------	--------	--	--

Asse "B"

Livellotta n°1 - Pendenza (h/b):-2.770%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	-2.770%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):250.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			0.582
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°2 - Pendenza (h/b):0.873%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			9.688
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	0.873%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			84.488
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°3 - Pendenza (h/b):2.693%	Pend. Max		Parametri

Progressiva			230.010
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	2.693%		
Raccordo n°3 - Raggio (m):8000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			276.598
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°4 - Pendenza (h/b):-2.956%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			728.373
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	-2.956%		
Raccordo n°4 - Raggio (m):8000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			729.782
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livellotta n°5 - Pendenza (h/b):0.566%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1011.438
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livellotta in normativa	0.566%		

Raccordo n5 - Raggio (m):9000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			1053.298
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n6 - Pendenza (h/b):2.681%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1243.558
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livelletta in normativa	2.681%		
Raccordo n6 - Raggio (m):1500.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			1296.642
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n7 - Pendenza (h/b):1.110%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			1320.199
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livelletta in normativa	1.110%		

4.1.3. Verifiche di visibilità

La definizione dell'asse stradale ha seguito un percorso iterativo di successivi affinamenti finalizzati all'ottimizzazione del progetto in relazione:

- Alla congruenza geometrica degli elementi componenti il tracciato, sia per quanto riguarda la loro successione, sia per gli aspetti cinematici che regolano le effettive velocità di percorrenza dell'asse;
 - Alla verifica delle visuali libere, attraverso la definizione degli opportuni allargamenti in curva.
- In pratica, si è proceduto prima ad uno studio per l'ottimizzazione della composizione degli elementi del tracciato in modo tale che fossero coordinati e compatibili con le velocità di progetto, successivamente si è proceduto all'analisi delle visuali libere confrontando le distanze minime da garantire lungo il tracciato in base al diagramma di velocità e all'andamento altimetrico, confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate. La verifica da esisto positivo se la distanza minima calcolata è minore di quella disponibile. Di conseguenza sono state identificate le criticità di ostacolo e quindi definiti gli opportuni allargamenti della piattaforma stradale.

Questo processo è stato sviluppato per ogni curva del tracciato, su entrambe le direttrici di marcia.

La verifica delle visuali libere è stata sviluppata mediante l'utilizzo di un applicativo del programma di calcolo utilizzato nella progettazione stradale, partendo da un modello 3D della strada, comprensivo degli ostacoli fissi limitanti la visibilità 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. Di seguito, in base al diagramma di velocità ed all'andamento altimetrico, il programma calcola le relative distanze minime da garantire lungo il tracciato, che saranno confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate secondo il procedimento grafico esposto prima.

In termini di visibilità planimetrica la distanza di visuale libera risulta sempre compatibile con la distanza necessaria per l'arresto,

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche di ottemperanza al DM. 5/11/2001, sviluppati separatamente per le due corsie di marcia, vengono riportate le analisi di visuale libera, distanza per il sorpasso e per il cambio di corsia svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva (vedi elaborati n. XXXX_PD_1_D02_DCS02_0_SD_DV_01_A).

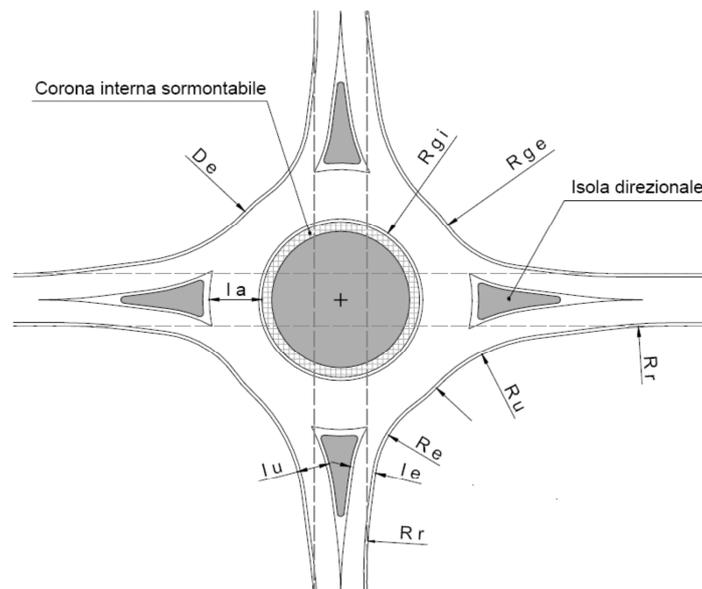
2.2. Intersezioni a rotatoria

2.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "F" in prossimità dell'intersezione con Via Imperiale.

La rotatoria presenta una larghezza dell'anello giratorio pari a 7.50 m composto da due banchine da 1.00 m per quella esterna e 0.50m per quella interna e una corsia di circolazione pari a 6.00 m.

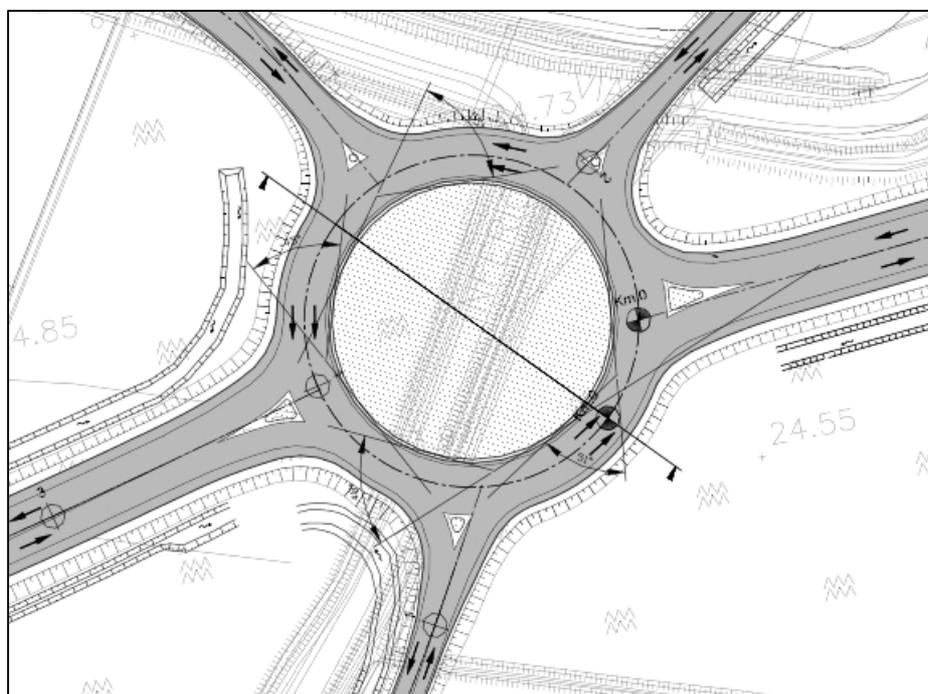


Elementi di progetto delle rotatorie

2.2.2. Analisi dell'angolo di deviazione

Il criterio principale per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione. Per la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione, bisogna aggiungere al raggio di entrata un incremento pari a 3.50m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione di almeno 45°.



Angoli di deviazione

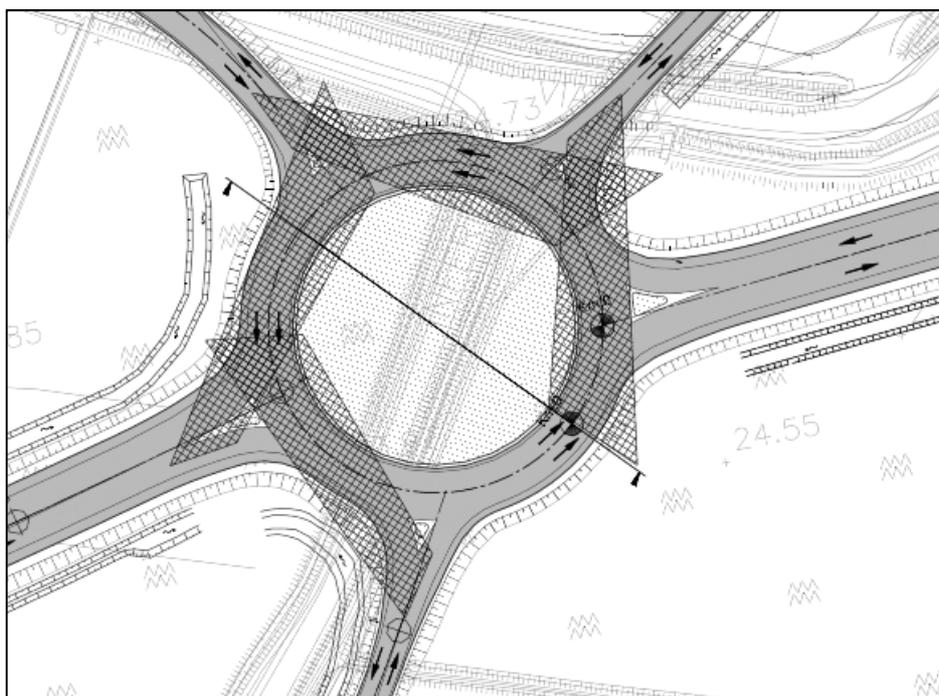
2.2.3. Analisi delle Visibilità

L'analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali. In particolare si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;

- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Nella corona giratoria è stato previsto comunque di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo una fascia di larghezza pari a 2.0m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile. Il risultato è rappresentato nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1.0m.



Triangoli di visibilità

Dalle verifiche sopra effettuate si evince che nelle aree evidenziate non sono presenti ostacoli che impediscono la visibilità dei veicoli in ingresso in rotatoria.

Relativamente a dette aree, il progetto non prevede l'installazione di alcun dispositivo o la realizzazione di alcun manufatto che non consenta all'utente in approccio alla rotatoria di non avere una corretta percezione del quarto di anello alla sua sinistra.

Pertanto si ritengono verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.