



REGIONE EMILIA-ROMAGNA  
PROVINCIA DI PIACENZA  
COMUNE DI RIVERGARO



STRADA PROVINCIALE 28 DI GOSSOLENGO.  
RIORGANIZZAZIONE A ROTATORIA  
DELL'INTERSEZIONE IN CORRISPONDENZA DELLA  
S.S. 45 NEL COMUNE DI RIVERGARO

PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

PROGETTAZIONE:



Corte delle Caneve, 11 - 31053 Pieve di Soligo (TV)  
Tel. 0438 82082 email: info@its-engineering.com

Ing. ANDREA DE PIN  
Ing. MICHELE TITTON  
Ing. SIMONE SANTER  
Ing. ANDREA STROBBE  
Ing. JUAN PABLO BASTI

ELABORATO:

PROGETTO STRADALE  
RELAZIONE STRADALE

IL PROGETTISTA:  
Ing. Andrea De Pin



RESP. UNICO DEL PROCEDIMENTO:  
Geol. Davide Marenghi

CODICE PROGETTO			NOME FILE PF TAM RE 01_A_Relazione stradale		REVISIONE	SCALA
PROGETTO			CODICE ELAB			
2	0	2	4	0	4	2
-	P	F	T	R	A	0
						1
					A	
A	PRIMA EMISSIONE		JPB	ADP	MTT	07.02.2025
REV.	DESCRIZIONE		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

## Indice

1	PREMESSA .....	1
2	STATO DI FATTO .....	4
3	STATO DI PROGETTO .....	6
4	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	9
5	ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE .....	14
5.1	S.S. N. 45 SUD – ASSE SS45S .....	14
5.1.1	Tracciamento planimetrico dell'asse .....	14
5.1.2	Verifiche planimetriche .....	15
5.1.3	Diagramma delle velocità .....	18
5.1.4	Pendenze trasversali .....	19
5.1.5	Allargamenti .....	21
5.2	S.S. N. 45 NORD – ASSE SS45N .....	23
5.2.1	Tracciamento planimetrico dell'asse .....	23
5.2.2	Verifiche planimetriche .....	24
5.2.3	Diagramma delle velocità .....	24
5.2.4	Pendenze trasversali .....	24
5.2.5	Allargamenti .....	25
5.3	S.P. N. 28 – ASSE SP28 .....	26
5.3.1	Tracciamento planimetrico dell'asse .....	26
5.3.2	Verifiche planimetriche .....	27
5.3.3	Diagramma delle velocità .....	28
5.3.4	Pendenze trasversali .....	28
5.3.5	Allargamenti .....	29
6	ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL'ASSE .....	31
6.1	S.S. N. 45 SUD – ASSE SS45S .....	31
6.1.1	Tracciamento altimetrico .....	31
6.1.2	Verifiche altimetriche .....	31
6.2	S.S. N. 45 NORD – ASSE SS45N .....	33
6.2.1	Tracciamento altimetrico .....	33
6.2.2	Verifiche altimetriche .....	33
6.3	S.P. N. 28 – ASSE SP28 .....	34
6.3.1	Tracciamento altimetrico .....	34
6.3.2	Verifiche altimetriche .....	35
7	INTERSEZIONI .....	36
7.1	INTERSEZIONE A ROTATORIA – ASSE R .....	36
7.1.1	Tracciamento planimetrico .....	37
7.1.2	Pendenza trasversale .....	38

---

7.1.3	Tracciamento altimetrico .....	38
7.1.4	Diagramma delle velocità .....	39
7.1.5	Verifiche di visibilità .....	40
7.1.6	Verifica di deflessione.....	41
8	TRAFFICO VEICOLARE .....	43
8.1	S.S. N. 45.....	43
9	PAVIMENTAZIONE STRADALE .....	45
9.1	S.S. N. 45.....	45
10	DISPOSITIVI DI RITENUTA .....	49
10.1	SCELTA PROGETTUALE DEI DISPOSITIVI.....	49
10.1.1	Barriere di sicurezza .....	49
11	SEGNALETICA .....	56
11.1	SEGNALETICA VERTICALE .....	56
11.2	SEGNALETICA ORIZZONTALE .....	63



## 1 PREMESSA

Il progetto di fattibilità tecnico-economica in essere riguarda *Riorganizzazione a rotatoria dell'intersezione in corrispondenza della S.S.45 nel comune di Rivergaro*.

Con repertorio n. 4311 del 26.06.2024, la Provincia di Piacenza ha affidato alla scrivente società, il Servizio denominato *"STRADA PROVINCIALE 28 DI GOSSOLENGO.RIORGANIZZAZIONE A ROTATORIA DELL'INTERSEZIONE IN CORRISPONDENZA DELLA S.S. 45 NEL COMUNE DI RIVERGARO"*– CUP D37H20001260001.

Il progetto prevede la riqualificazione dell'attuale intersezione a priorità tra la S.S. n. 45 e la S.P. n. 28 di Gossolengo con la realizzazione di una nuova intersezione a rotatoria che consente la riduzione delle velocità con relativa diminuzione dei punti di conflitto a favore delle condizioni di sicurezza di circolazione all'intersezione. L'intersezione si ubica in vicinanza della sponda destra del Fiume Trebbia e in corrispondenza del centro abitato del Comune di Rivergaro in provincia di Piacenza.

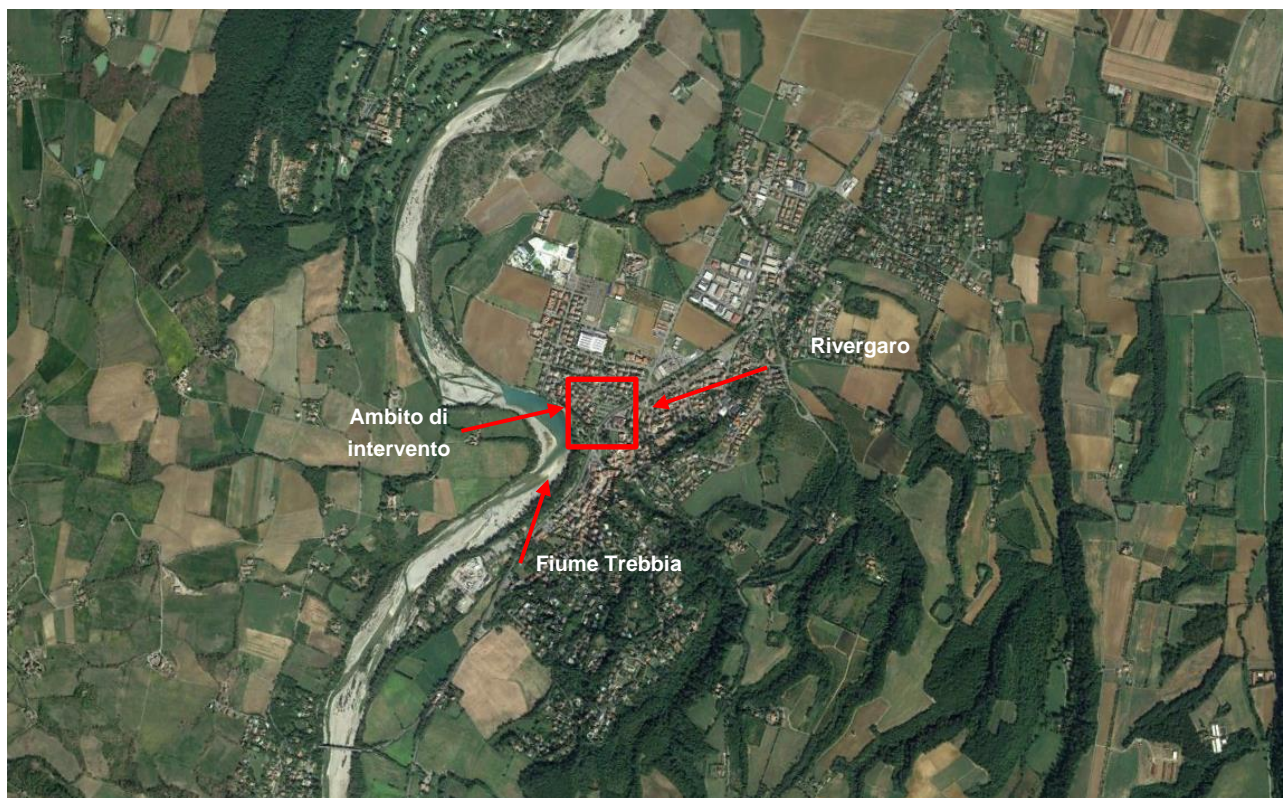
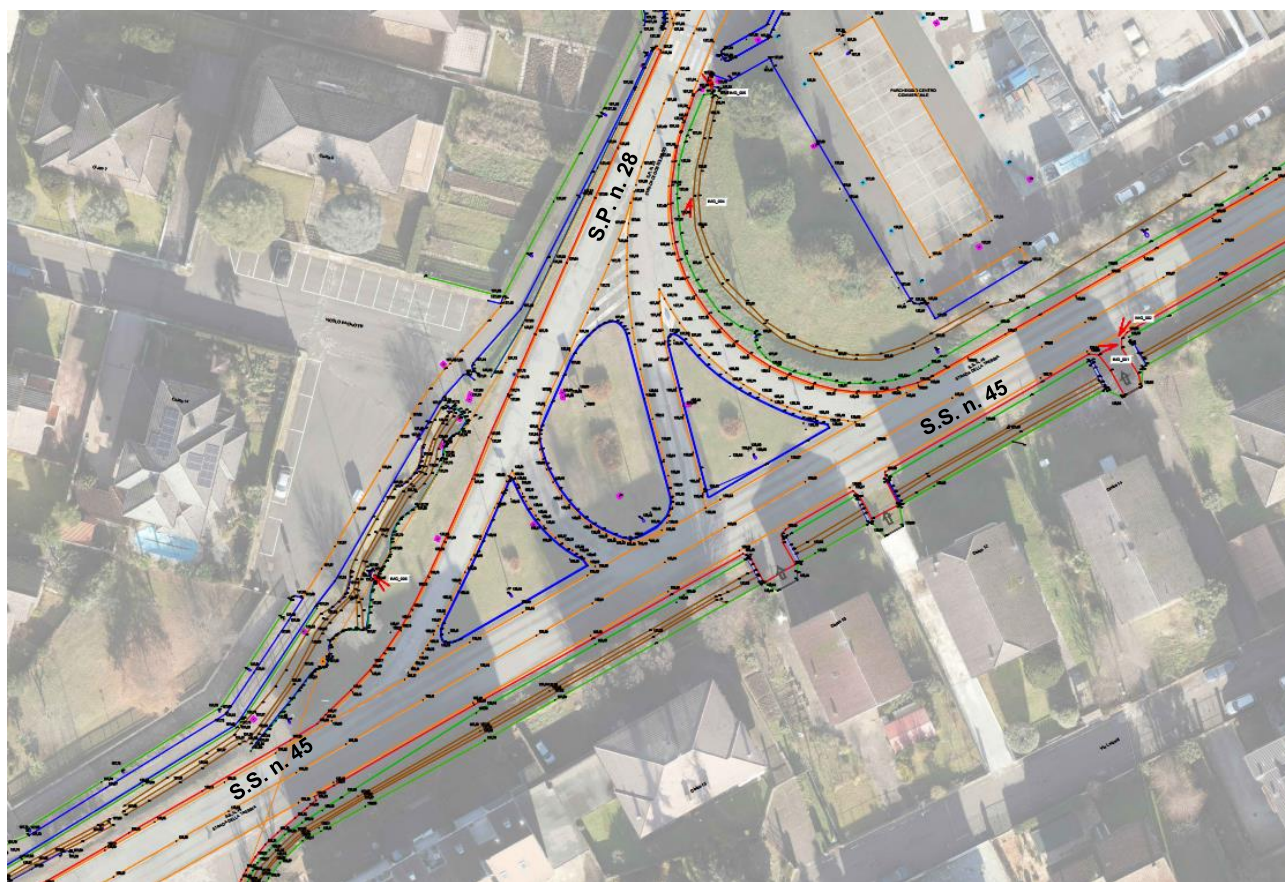


Figura 1.1: Inquadramento ambito di intervento.

Il presente progetto prevede i seguenti interventi:

1. realizzazione di una nuova intersezione a rotatoria tra la S.S. n. 45 e la S.P. n. 28;
2. Sistemazione a verde di aree pavimentate esistenti fuori del sedime stradale di progetto.





*Figura 1.2: Stato di fatto.*



*Figura 1.3: Stato di progetto.*

Il presente documento rappresenta la *Relazione stradale* del progetto.

## 2 STATO DI FATTO

L'intersezione funge da importante nodo viabilistico come sottolineato dal P.T.C.P. provinciale ed inoltre tale intersezione rientra tra gli *"interventi prioritari puntuali di miglioramento della sicurezza"* che vengono identificati nel cap. 3.5.1.1. della *Relazione* del P.T.C.P.

### ESTRATTO P.T.C.P. - COLLEGAMENTI E MOBILITA' TERRITORIALE SCALA 1:20000

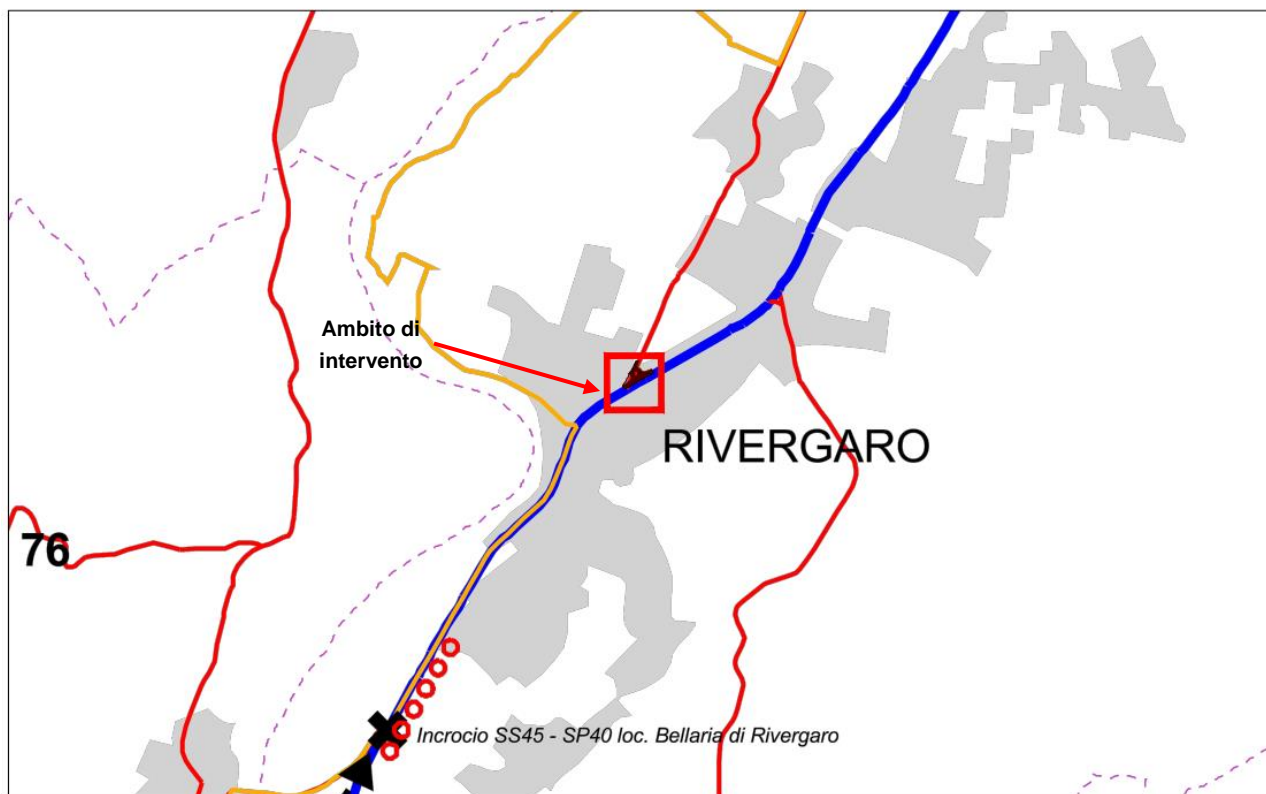


Figura 2.1: Estratto del P.T.C.P. - Collegamenti e mobilità territoriale.

La viabilità della S.S. n. 45 rientra, secondo la classificazione dei livelli funzionali del P.T.C.P., nella rete di base principale mentre la viabilità della S.P. n. 28 rientra nella rete di base locale. Le due arterie rientrano tra le strade extraurbane secondarie secondo l'art. 2 del D.Lgs. n. 285/92 e l'art. 2 del D.P.R. n. 495/92.

Dai rilievi effettuati sul campo, le arterie confluenti al nodo presentano diversa geometria di piattaforma stradale.

A seguire si descrive brevemente le caratteristiche geometriche delle arterie confluenti al nodo.

La S.S. n. 45 viene classificata, secondo il D.M. n. 6792/2001, come una piattaforma di categoria C2 e nello specifico è caratterizzata da una corsia di larghezza circa pari a 3,75 m con banchina in destra di circa 0,4 m.

La S.P. n. 28 viene classificata come una piattaforma di categoria F2 avente una corsia di larghezza pari a circa 3,00 m con banchina in destra di circa 0,25 m. La larghezza complessiva della piattaforma presenta una variazione in corrispondenza del punto di innesto con la rete di base principale.

A completamento, Via del Pereto attraversa la S.P. n. 28 e presenta una larghezza della piattaforma stradale di circa 5,90m.

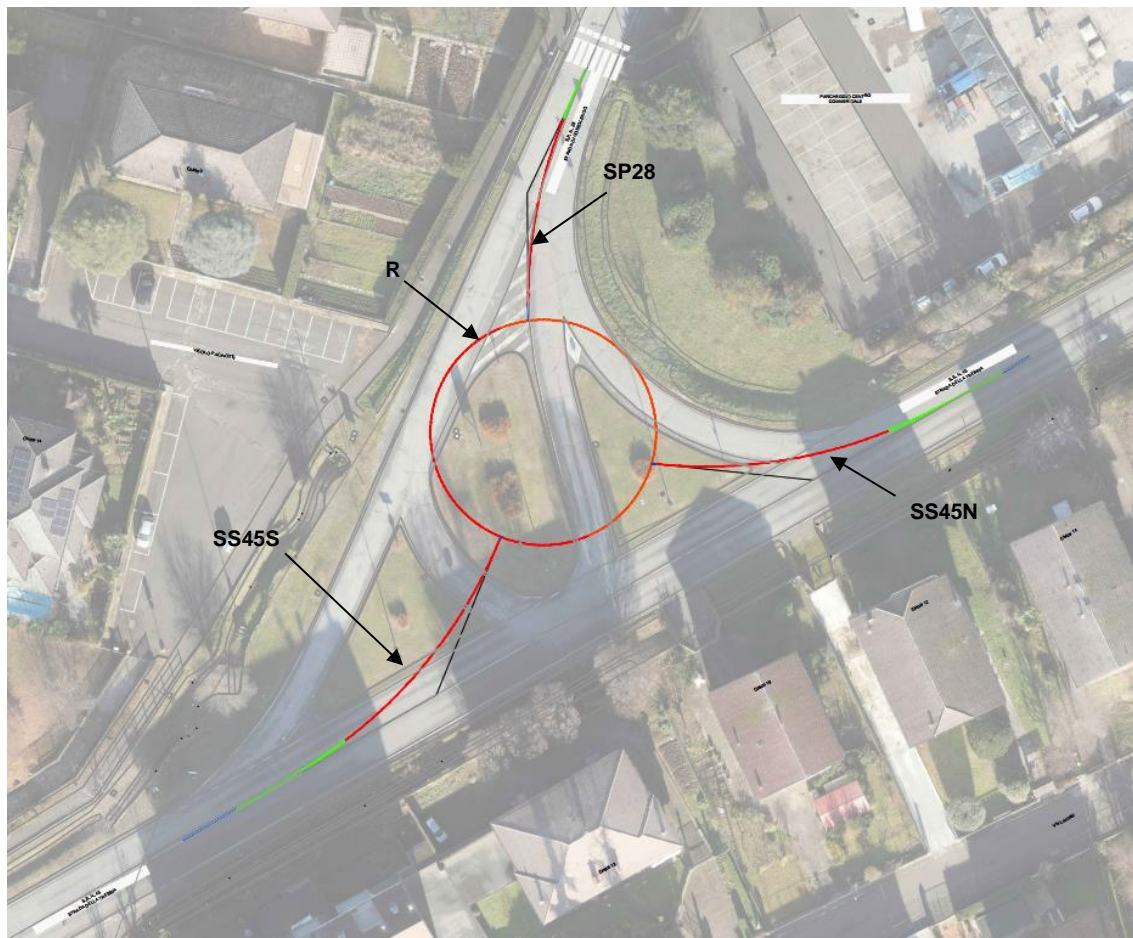




*Figura 2.2: Viabilità nell'intorno dell'area di intervento.*

### 3 STATO DI PROGETTO

Il presente progetto, descritto nel documento, prevede la realizzazione di una nuova intersezione a rotatoria tra la S.S. n. 45 e la S.P. n. 28.



*Figura 3.1: Inquadramento assi di progetto.*

Gli assi principali oggetto di nuova progettazione sono l'asse SS45S, SS45N e SP28. L'asse R corrisponde alla nuova intersezione a rotatoria.



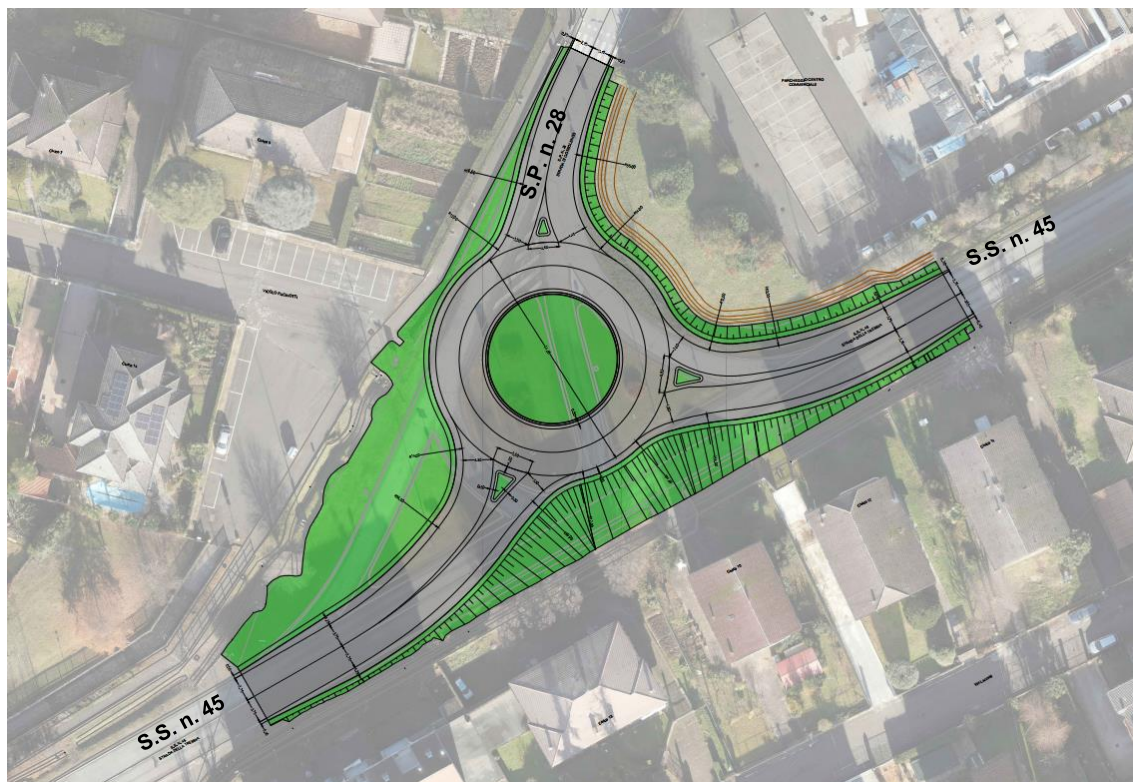


Figura 3.2: Planimetria di progetto su ortofoto.

Dalla planimetria si nota come la nuova intersezione si ubica quasi fuori del sedime della S.S. n. 45 per permettere le manovre di attraversamento in sicurezza, dissuadendo agli utenti a rallentare per eseguire la manovra di svolta a destra.



Figura 3.3: Rappresentazione 3-dimensionale dello Stato di Progetto.





## 4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Come da prassi nella progettazione stradale, le normative di riferimento sono:

- D.M. 5.11.2001 recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 19.04.2006 recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".
- D.Lgs. n. 30.04.1992 n. 285 recante "Nuove codice della strada" e D.P.R. n. 16.12.1922 n. 495 recante "Regolamento di esecuzione";

Si fa inoltre riferimento al D.M. 22.04.2004 "Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade'".

La tipologia di piattaforma utilizzata per il raccordo con l'esistente S.S. n. 45 rientra nella categoria C1:

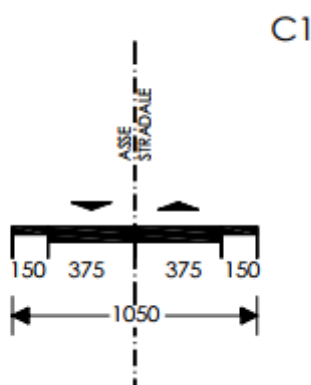


Figura 4.1: Rappresentazione sezione piattaforma tipo C2 extraurbana.

avente le seguenti caratteristiche principali:

- caratteristiche geometriche:
  - numero delle corsie per senso di marcia: 1;
  - larghezza corsie: 3,75 m;
  - larghezza banchina: 1,5 m;
  - raggio minimo curve circolari: 118 m;
  - pendenza trasversale massima della piattaforma: 7%;
  - pendenza longitudinale massima delle livellette: 7%;
- caratteristiche cinematiche:
  - velocità di progetto minima: 60 km/h;
  - velocità di progetto massima: 100 km/h;
  - limite di velocità: 90 km/h;
- caratteristiche funzionali:
  - livello di servizio: C (1 corsia);
  - portata di servizio per una corsia: 600 veic.equiv./h nell'ipotesi di flussi bilanciati nei due sensi (percentuale di visibilità per il sorpasso al 100%).

La tipologia di piattaforma utilizzata per il raccordo con l'esistente S.P. n. 28 rientra nella categoria F2:

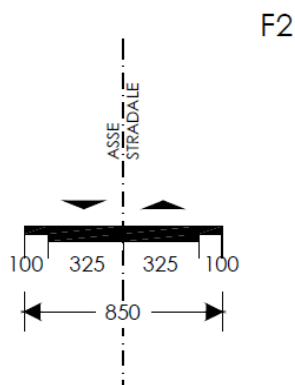


Figura 4.2: Rappresentazione sezione piattaforma tipo F2 extraurbana.

avente le seguenti caratteristiche principali:

- caratteristiche geometriche:
  - numero delle corsie per senso di marcia: 1;
  - larghezza corsie: 3,25 m;
  - larghezza banchina: 1,00 m;
  - raggio minimo curve circolari: 45 m;
  - pendenza trasversale massima della piattaforma: 7%;
  - pendenza longitudinale massima delle livellette: 10%;
- caratteristiche cinematiche:
  - velocità di progetto minima: 40 km/h;
  - velocità di progetto massima: 100 km/h;
  - limite di velocità: 90 km/h;
- caratteristiche funzionali:
  - livello di servizio: C (1 corsia);
  - portata di servizio per una corsia: 450 veic.equiv./h nell'ipotesi di flussi bilanciati nei due sensi (percentuale di visibilità per il sorpasso al 100%).

I criteri adottati che hanno portato alla definizione dei parametri di tracciamento, tengono conto dei requisiti di sicurezza e operatività, nonché la visibilità e la leggibilità dell'intersezione da parte del guidatore con sufficiente anticipo. Oltre alle caratteristiche piano altimetriche degli elementi, concorre alla leggibilità della rotatoria la segnaletica orizzontale e verticale e la condizione di illuminazione nelle condizioni notturne.

Il D.M. 19/04/2006 individua tre tipologie di rotatorie in relazione alle dimensioni del diametro esterno dell'anello giratorio e nello specifico:

- rotatorie convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m;
- rotatorie compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m;
- mini-rotatorie con diametro esterno compreso tra 14 e 25 m.

La Normativa prevede che l'isola centrale possa essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso tra 25 e 18 m oppure può essere resa totalmente transitabile per le rotatorie con diametro esterno tra 18 e 14 m.

In rapporto al diametro esterno della rotatoria, la Normativa prevede diversi valori di larghezza delle corsie di entrata, uscita e dell'anello giratorio come riportato nella tabella seguente.

Tabella 1: Elementi geometrici intersezione a rotatoria.

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria, per ingressi ad una corsia	$\geq 40$	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 – 8,00
Corsie nella corona rotatoria, per ingressi a più corsie	$\geq 40$	9,00
	$< 40$	8,50 – 9,00
Bracci di ingresso **		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita *	$< 25$	4,00
	$\geq 25$	4,50

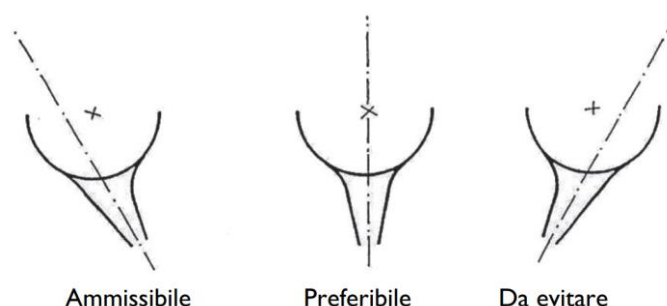
\* deve essere organizzata sempre su una sola corsia  
\*\* organizzati al massimo con due corsie

Si specifica inoltre che la corsia nella corona rotatoria deve essere organizzata sempre su una sola corsia e i rami di ingresso possono essere al massimo caratterizzati da due corsie.

I valori riportati nella sopra tabella sono da considerare come minimi in rapporto alle esigenze di inscrivibilità dei mezzi pesanti in fase di manovra.

Nello studio prenormativo, base del D.M. 19/04/2006, si forniscono ulteriori indicazioni per favorire la percezione e la leggibilità della rotatoria:

- è opportuno evitare un posizionamento dell'incrocio in curva o all'uscita da una curva; in particolare la posizione dell'isola centrale è ottimale quando tutti gli assi dei rami che confluiscono nella rotatoria passano per il centro della rotatoria stessa. Se non è possibile realizzare quanto sopra descritto è permessa una leggera eccentricità verso destra, mentre è da evitare che la direzione del ramo induca un ingresso tangenziale come riportato nella figura seguente;



- è opportuno escludere una configurazione dell'approccio alla rotatoria in "curva e contro-curva";
- è opportuno non posizionare dei filari di alberi lungo i rami di accesso alla rotatoria che possono dare l'illusione di continuità dell'itinerario;
- è da escludere un'isola centrale di forma non circolare;
- è da escludere un anello di larghezza variabile;
- è da escludersi una pendenza dell'anello verso l'interno della rotatoria;
- è da evitare la presenza di una corsia specializzata per la svolta a destra sull'anello.

Lo studio prenormativo fornisce, inoltre, indicazione circa la costruzione dei rami di ingresso e di uscita fornendo dei valori indicativi dei raggi di raccordo. Nello specifico, vengono indicati i raggi delle curve bicentriche come riportato nella seguente tabella.

Tabella 2: Valori del raggio delle curve biocentriche.

Ramo	Ambito urbano		Ambito extraurbano	
	$R_{e,2}$ (m)	10,00	$R_{e,2}$ (m)	12,00
Ingresso	$R_{e,1}$ (m)	$5 \cdot R_{e,2}$	$R_{e,1}$ (m)	$5 \cdot R_{e,2}$
	$R_{a,2}$ (m)	12,00	$R_{a,2}$ (m)	14,00
Uscita	$R_{a,1}$ (m)	$4 \cdot R_{a,2}$	$R_{a,1}$ (m)	$4 \cdot R_{a,2}$

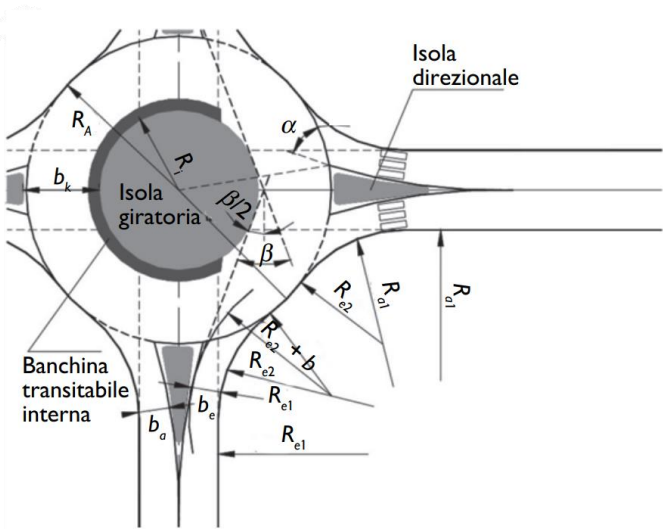


Figura 4.3: Geometria dell'intersezione a rotatoria.

Per il rispetto delle condizioni di visibilità, i conducenti che si avvicinano ad una rotatoria devono essere nella condizione di visualizzare i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi. Per consentire la visibilità risulta sufficiente che l'utente abbia una visuale completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, in una posizione di 15 m dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

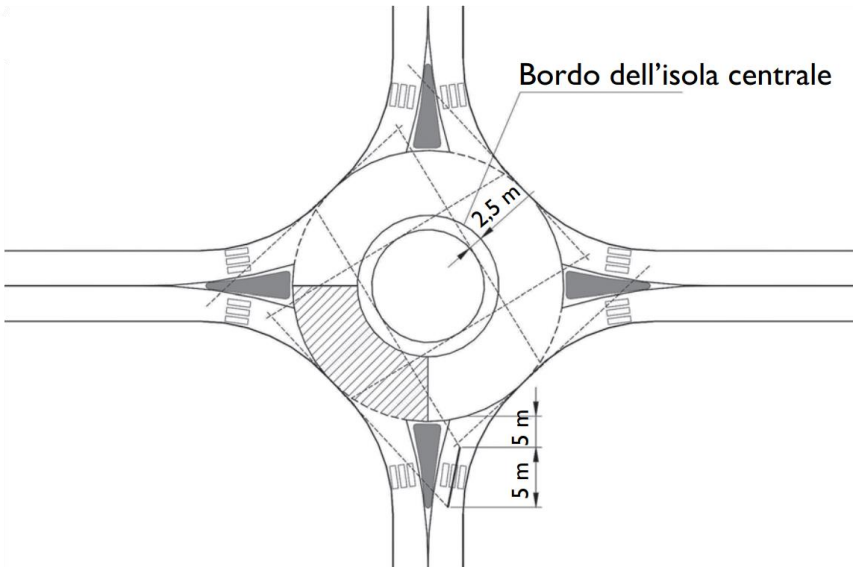


Figura 4.4: Visibilità dell'intersezione a rotatoria.

Una visione completa al disopra dell'isola centrale può indurre i conducenti a diminuire la loro attenzione verso sinistra e a non rispettare la precedenza. Per questo motivo è opportuno che la vista al di sopra dell'isola



centrale sia interdetta dalla presenza di piante o di altre attrezzature; è però comunque importante che l'isola centrale non presenti ostacoli alla vista (piante ad alto fusto) a meno di 2,00 m dal ciglio non sormontabile sagomato che delimita l'isola stessa (in assenza di quest'ultimo 2,50 m).

Al fine di governare le velocità dei veicoli che si accingono ad eseguire le manovre all'intersezione, risulta fondamentale regolare la deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti all'isola centrale. Con il fine di regolare le velocità dei veicoli è opportuno che la geometria complessiva sia compatibile con velocità non superiori a 50 km/h.

La deflessione di una traiettoria è rappresentata dal raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e di uscita. Il raggio della traiettoria non deve superare il valore di 100 m e rimanere abbondantemente al di sotto di tale soglia.

Secondo Normativa, la deflessione viene valutata mediante la valutazione dell'angolo di deflessione  $\beta$ . L'angolo di deflessione è contenuto tra la tangente al ciglio dell'isola centrale e la tangente al raggio di entrata  $R_{e,2}$  incrementato della larghezza della corsia di ingresso. Per garantire la deflessione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  di almeno  $45^\circ$ .

La nuova intersezione prevede una rotatoria di tipo compatto tra la S.S. n. 45 e con S.P n. 28. La rotatoria presenta una corsia in entrata di larghezza pari a 3,50 m e in uscita di 4,50 m ed una corsia dell'anello di larghezza pari a 7,00 m.

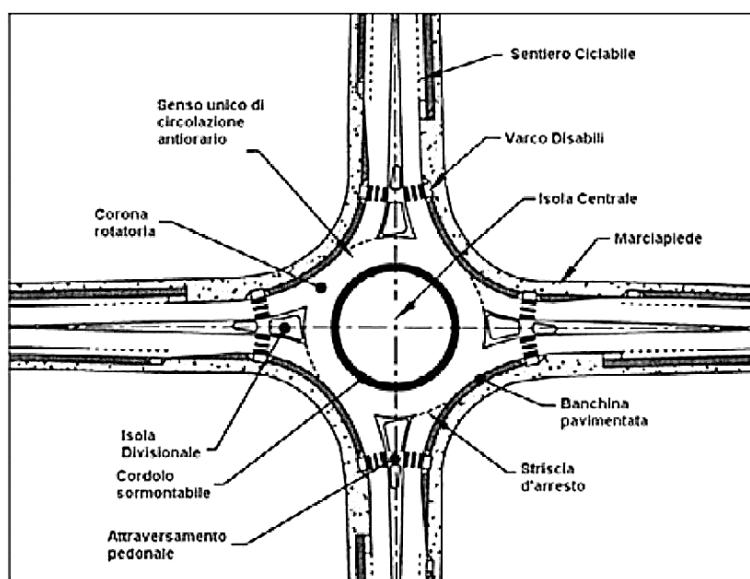


Figura 4.5: Rappresentazione intersezione a rotatoria.

5 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

5.1 S.S. N. 45 SUD – ASSE SS45S

5.1.1 TRACCIAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

L'asse di collegamento sud della S.S. n. 45 presenta una lunghezza pari a 56,20 m.  
La piattaforma stradale presenta caratteristiche conformi con quanto previsto per una strada di tipo C1 extraurbana tipizzata dal D.M. n. 6792/2001. Nello specifico, la strada risulta depotenziata con una corsia di larghezza pari a 3,75 m e banchina di 0,40 m in direzione nord e una corsia di larghezza pari a 3,75 m e banchina di 0,50 m in direzione sud.

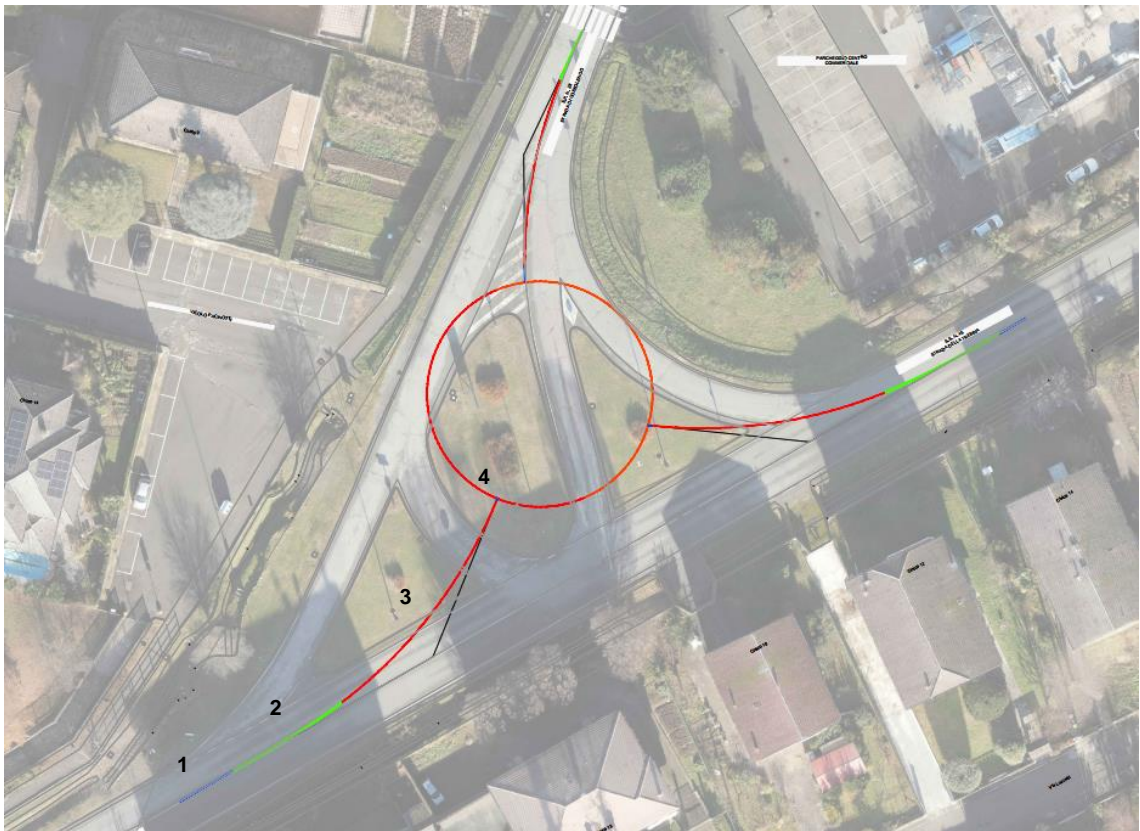


Figura 5.1: Elementi planimetrici - Asse SS45S.

Gli elementi costituenti l'asse di appoggio al lato sud della S.S. n. 45 sono riportati a seguire. Si nota come è stato omesso opportunamente l'elemento di transizione tra rettifilo e raccordo circolare nel punto di connessione con la nuova intersezione a rotatoria.

Tabella 3: Elementi planimetrici - Asse SS45S.

ELEMENTI PLANIMETRICI							Pagina: 1 / 1
N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0+000,00	7,67				
2	Clotoide	0+007,67	16,02		60°16'25,41"	52°37'34,79"	31,000
3	Raccordo	0+023,69	31,93	60,00	52°37'34,79"	22°8'8,06"	
4	Rettifilo	0+055,62	0,21				

### 5.1.2 VERIFICHE PLANIMETRICHE

Nella redazione del progetto sono state rispettate tutte le prescrizioni riportate nel già citato *D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"*.

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali, quali rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile; al fine di garantire una soluzione sicura, confortevole per gli utenti e soddisfacente dal punto di vista ottico, è necessario adottare per la planimetria e l'altimetria, soluzioni coordinate e compatibili con le velocità di progetto.

Tra due elementi a raggio costante (curve circolari e rettifili) deve essere inserita una curva a raggio variabile, lungo la quale generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza.

Per maggiore chiarezza vengono riportate le principali verifiche che sono state effettuate:

– Rettifili:

per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifili abbiano una lunghezza contenuta nel seguente limite:

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

mentre con riferimento alla lunghezza minima, un rettifilo, per poter essere percepito dall'utente in quanto tale, si considera la velocità massima desunta dal diagramma delle velocità corrispondente:

Tabella 4: Lunghezza minima rettifili.

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

– Curve circolari:

Una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva stessa:

$$S_{min} = 2.5 \cdot v_{p,max}$$

dove  $v_{p,max}$  è intesa come la velocità di progetto della curva ricavata dagli abachi corrispondenti.

I rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato di strade di tipo A, B, C, D, e F extraurbane, sono regolati dall'abaco sotto riportato:

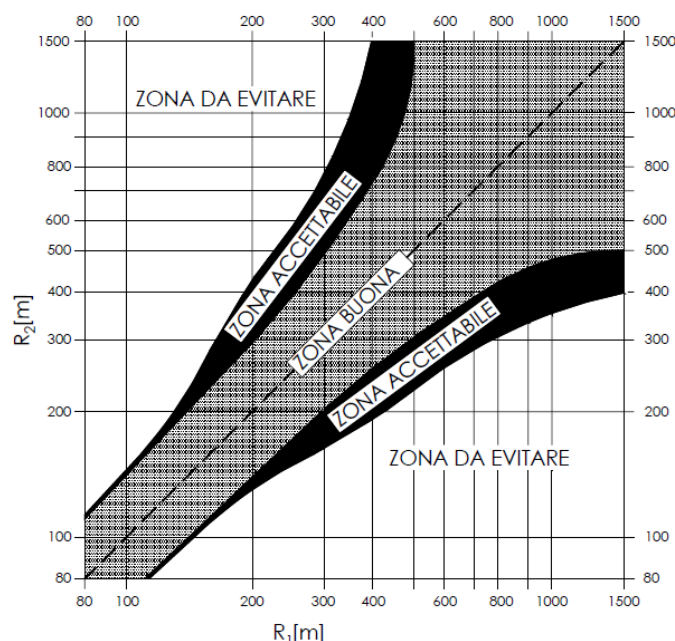


Figura 5.2: Abaco del rapporto tra curve consecutive.

Il rapporto tra il rettilineo di lunghezza  $L_R$ , ed il raggio più piccolo fra quello delle due curve collegate al rettilineo stesso deve essere:

- $R > L_R$  per  $L_R < 300m$ ;
- $R \geq 400m$  per  $L_R \geq 300m$ .

Invece per quanto riguarda il raggio minimo per una strada extraurbana secondaria di tipo C1, come detto in precedenza, deve essere di 118 m e per una strada locale di tipo F2 deve essere di 45 m.

Il raggio della curva è di 60 m, minore ai 118 m corrispondenti a una strada C1 secondo il D.M. 2001 perché: si trovano nel raccordo con l'intersezione e quindi il raggio di ingresso e uscita alla rotatoria è già di 60 m.

#### – Clotoidi:

La clotoide è data dalla relazione  $r \cdot s = A^2$  dove il valore di A deve rispettare:

- criterio dinamico (limitazione del contraccollo): al fine di ottenere una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo, deve essere verificata la relazione:

$$A \geq 0.021 \cdot v^2;$$

- criterio costruttivo (sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata): nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata presenta differenti assetti trasversali, che vanno raccordati 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 finito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

- nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:



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

- criterio estetico e funzionale (ottico): per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione:

$$A \geq \frac{R}{3}$$

inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

- nel caso di flesso è possibile inserire un rettilineo di lunghezza non superiore a:

$$L = \frac{A_1 + A_2}{12,5}$$

I casi più importanti nei quali la clotoide viene inserita in un tracciato sono riassunti nella figura sottostante, dove sono anche indicate le limitazioni per i valori dei parametri e sono anche indicate le situazioni da evitare:

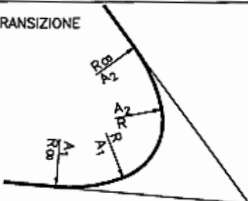
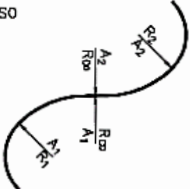

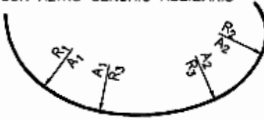



TIPOLOGIA	LIMITI	
<b>TRANSIZIONE</b> 	$A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ $\frac{R}{3} < A_1 < R$ $\frac{R}{3} < A_2 < R$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$	
<b>FLESSO</b> 	$R_2 < R_1$ $A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ <b>FLESSO ASIMMETRICO</b> $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$ <b>FLESSO SIMMETRICO</b> $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_2$	
<b>CONTINUITA'</b> 	$R_x < R_1$ $R_x$ all'interno di $R_1$ ma non concentrico $A_{min} < A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_x$	
<b>RACCORDO TRA DUE CERCHI SECANTI CON ALTRO CERCHIO AUSILIARIO</b> 	$A_1 > A_{min}$ $A_2 > A_{min}$ $\frac{R_3}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_3}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$	
<b>CASI DA EVITARE</b>		
<b>TRANSIZIONE SENZA IL CERCHIO</b> 	<b>FALSO OVALE</b> 	<b>PIU' CURVE DI RACCORDO CONSECUTIVE</b> 

Figura 5.3: Casi di utilizzo delle clotoidi.

Le verifiche, eseguite mediante il software di progettazione Roads (SierraSoft), sono riportate nell'immagine seguente, dove il segnale verde sta ad indicare il soddisfacimento dei parametri.

Tabella 5: Verifica normativa elementi planimetrici – Asse SS45S.

<b>⚠ 1 Rettifilo - N. 1</b>		<b>Lunghezza: 7,67</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Lunghezza minima		7,67	30,00	30,00
●	Lunghezza massima		7,67	660,00	30,00

<b>✓ 2 Clotoide - N. 1</b>		<b>Parametro A: 31,000 Lunghezza: 16,02</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula approssimata		31,000	18,90	30,00
●	Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli		31,000	16,30	30,00
●	Parametro A minimo da criterio ottico		31,000	20,00	
●	Parametro A massimo da criterio ottico		31,000	60,00	
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula esatta		31,000	16,34	30,00

<b>⚠ 3 Raccordo - N. 1</b>		<b>Raggio: 60,00 Lunghezza: 31,93</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Lunghezza minima per una corretta percezione		31,93	20,83	30,00
●	Raggio minimo dal rettifilo precedente		60,00	7,67	
●	Raggio minimo dal rettifilo successivo		60,00	0,21	
●	Raccordo senza transizioni				

<b>⚠ 4 Rettifilo - N. 2</b>		<b>Lunghezza: 0,21</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Lunghezza minima		0,21	30,00	30,00
●	Lunghezza massima		0,21	660,00	30,00

Dalle verifiche si evince come non viene rispettata la lunghezza minima dell'elemento numero 1 di appoggio alla viabilità esistente, la mancanza del raccordo di transizione nell'elemento numero 3 e la lunghezza minima dell'elemento numero 4. Tali mancanze possono essere giustificate per il fatto che la verifica di lunghezza minima del rettifilo decade perché l'elemento si raccorda al rettifilo esistente della S.S. n. 45 e inoltre non è necessariamente richiesta la presenza di un elemento di transizione tra il rettifilo e la curva circolare perché si è prossimi al punto di innesto alla nuova intersezione a rotatoria.

Come si evince dalle immagini sopra riportate vengono soddisfatte tutte le restanti verifiche richieste dal D.M. n. 05.11.2001 per la progettazione planimetrica di un tracciato stradale.

### 5.1.3 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

Viene di seguito riportato il diagramma delle velocità per il tracciato in esame:

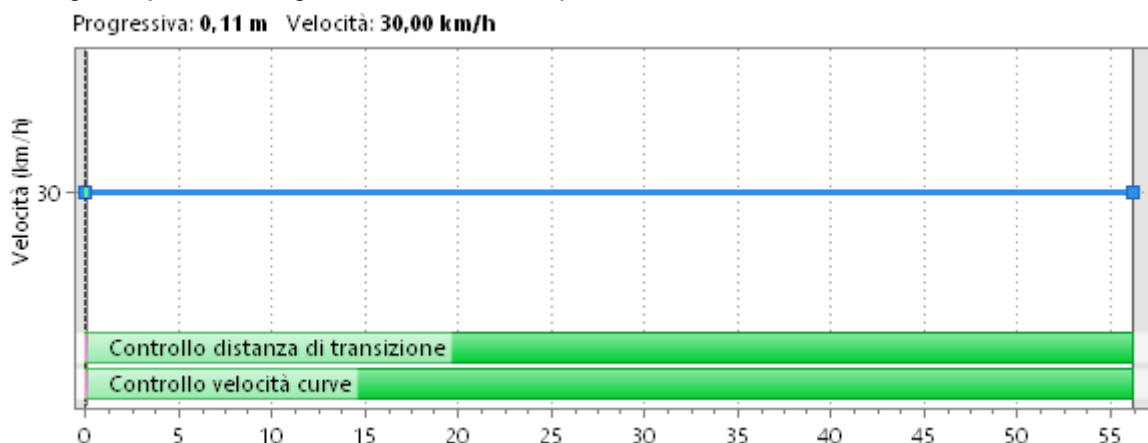


Figura 5.4: Diagramma delle velocità – Asse SS45S.

La velocità è di 30 km/h in tutto il percorso, coerentemente con la velocità di progetto dell'anello della rotatoria. Tale velocità è coerente con la segnaletica di intersezione a rotatoria posta a monte del ramo di ingresso. Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità a flusso libero in funzione della progressiva dell'asse stradale, sulla base del solo tracciato planimetrico. Sono fissate le seguenti ipotesi:

- il valore delle accelerazioni e decelerazioni è fisso e pari a  $0.8 \text{ m/s}^2$ ;
- le pendenze longitudinali non influenzano la velocità di progetto;
- velocità costante lungo le curve circolari;
- la velocità lungo gli archi tende al limite superiore dell'intervallo  $v_{p,max}$ ; in particolare per la situazione in oggetto viene posta la velocità minima di progetto nel punto iniziale ed in quello finale del tracciato.

Sotto queste ipotesi è facilmente determinabile la velocità lungo i rettili e lungo le curve circolari, mentre per la ricostruzione del diagramma lungo le clotoidi si calcola la distanza di transizione, cioè la lunghezza necessaria per passare dalla velocità di progetto  $v_{p1}$  alla velocità di progetto  $v_{p2}$  competenti a due elementi che si succedono, ipotizzando moto uniformemente accelerato:

$$D_T = \frac{\Delta v \cdot v_{media}}{12,96 \cdot a}$$

Deve essere inoltre valutata la distanza di riconoscimento, cioè la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti:

$$D_r = t \cdot v_p$$

dove  $t$  viene assunto pari a 12 s.

Analizzando le due relazioni, l'apprezzamento di una variazione di curvatura dell'asse, che consente al conducente di modificare la sua velocità, può avvenire solo all'interno della distanza di riconoscimento e quindi, per garantire la sicurezza della circolazione:

$$D_T \leq D_r$$

ed inoltre perché la variazione di curvatura sia effettivamente percepita deve essere:

$$D_T \leq D_V$$

dove con  $D_V$  si indica la distanza di visuale libera nel tratto che precede la curva circolare.

#### 5.1.4 PENDENZE TRASVERSALI

Lungo i tratti in rettili la carreggiata presenta una doppia pendenza verso l'esterno pari al 2,50%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il -2,5% ed il +3,5%.

In curva la carreggiata è inclinata verso l'interno e la pendenza trasversale è la stessa su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio; per la determinazione della pendenza in funzione del raggio della curva è necessario stabilire il legame tra la velocità di progetto della stessa  $v_p$ , la pendenza trasversale in curva  $i_c$  e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente  $f_t$ , il tutto riassunto nella seguente formula:

$$\frac{v_p^2}{R \cdot 127} = q + f_t$$

Per quanto riguarda la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente, valgono i valori tabellari da normativa:

Tabella 6: Coefficiente di aderenza impiegabile in funzione delle velocità.

Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
Aderenza trasv. max imp. $f_{tmax}$ per strade tipo A, B, C, F extra urbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
Aderenza trasv. max imp. $f_{tmax}$ per strade tipo tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16			

i quali tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva; per velocità intermedie si provvede all'interpolazione lineare.

Per raggi maggiori di  $R_{min}$ , finché il raggio è minore di  $R^*$  la pendenza trasversale dovrà essere mantenuta costante e pari al valore massimo; la pendenza trasversale del 2,5% deve essere impiegata quando il raggio di curvatura è uguale o maggiore ai valori del raggio  $R_{2,5}$  riportati di seguito:

Tabella 7: Valori del raggio  $R'$

Strada tipo	A	B	C F extraurbane	D	E F urbane
$R' [m]$	10250	7500	5250	2000	1150

Strada di servizio	A extraurbane	A urbane	B F extraurbane	D
$R' [m]$	5250	1150	5250	1150

Per valori del raggio non inferiori a quelli di  $R'$  è possibile conservare la sagoma in contropendenza al valore -2,50%.

Lungo le curve a raggio variabile inserite tra un rettilo ed una curva circolare si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale tra la situazione a doppia pendenza e quella ad unica pendenza verso l'interno della curva, facendo ruotare la carreggiata stradale attorno al proprio asse.

Tale passaggio avviene generalmente in due tempi: in una prima fase ruota soltanto la falda esterna intorno all'asse della carreggiata fino a realizzare una superficie piana, successivamente ruota l'intera carreggiata.

Per ragioni dinamiche la sovrappendenza longitudinale  $\Delta i$  delle estremità della carreggiata non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione:

$$\Delta i_{max} = 18 \cdot \frac{B_i}{v}$$

dove  $B_i$  è la distanza fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata all'inizio della curva a raggio variabile. Quando lungo una curva a raggio variabile la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore minimo dato da:

$$\Delta i_{min} = 0,1 \cdot B_i$$



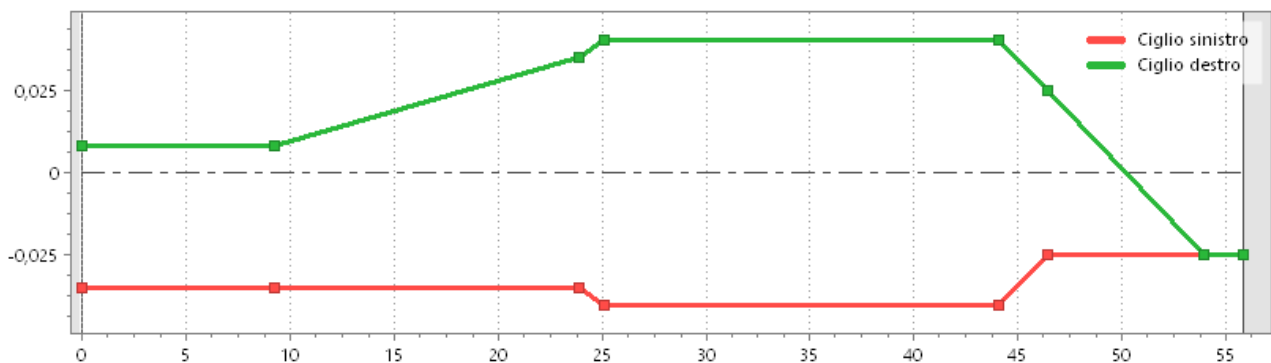


Figura 5.5: Andamento delle sopraelevazioni – Asse SS45S.

Lungo le curve a raggio variabile (clotoidi), inserite fra due elementi di tracciato a curvatura costante (racordi circolari e rettili) 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, attorno al suo asse (tipologia A della figura 13).

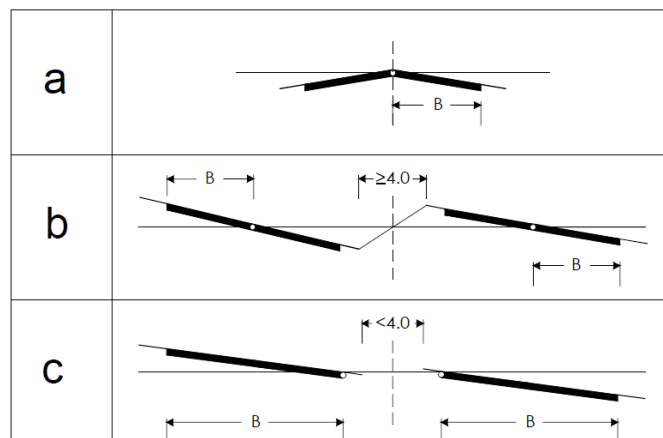


Figura 5.6: Tipologia di rotazione della piattaforma secondo il D.M. n. 6792/2001.

Per il nuovo collegamento viario dell'asse SS45S si ha una pendenza trasversale massima pari a 3,50%.

#### 5.1.5 ALLARGAMENTI

Per 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 venga allargata di una quantità  $E$ , data dalla relazione:

$$E = \frac{45}{R}$$

Per  $R > 40$  m si può assumere, nel caso di strade a unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata; se l'allargamento  $E$ , così calcolato, è inferiore a 20 cm la corsia conserva la larghezza del rettilo.

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.

L'allargamento complessivo della carreggiata  $E_t$  sarà pari alla somma degli allargamenti delle singole corsie e dovrà essere riportato tutto sul lato interno della curva; tale allargamento dovrà partire 7,5 m prima dell'inizio della curva di raccordo e terminerà 7,5 m dopo il punto finale del raccordo.

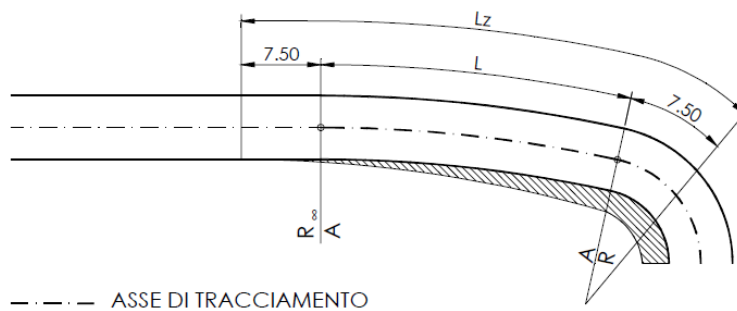


Figura 5.7: Allargamento geometrico delle corsie di marcia.

Sull'asse SS45S è presente un raggio planimetrico di valore pari a 60 m. Nell'intersezione non è vincolante la necessità di eseguire l'allargamento geometrico e si è verificato mediante software apposito la non necessità di eseguire l'allargamento:

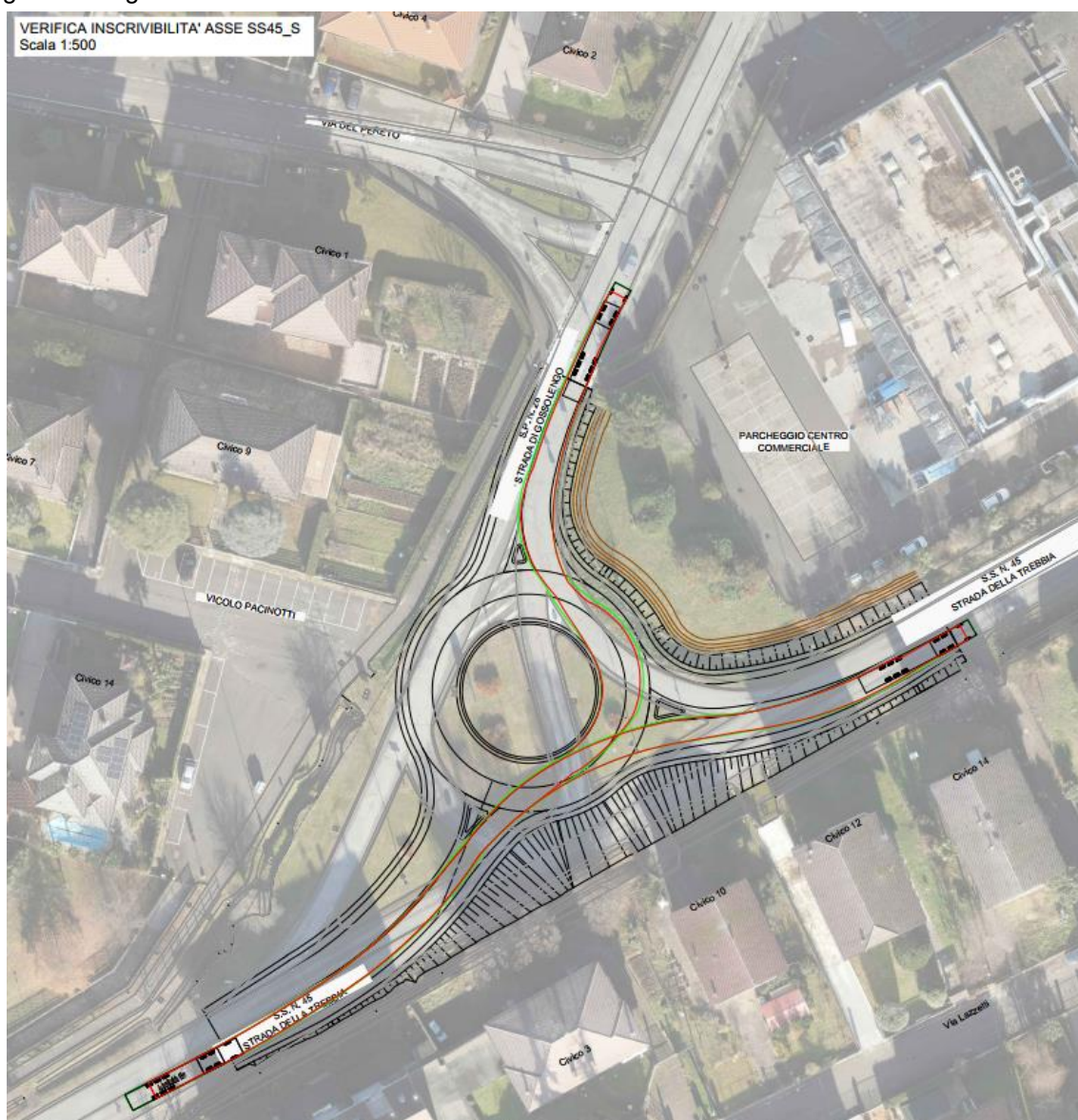


Figura 5.8 - Verifica di inscrivibilità Asse S.S.n. 45 S

5.2 S.S. N. 45 NORD – ASSE SS45N

5.2.1 TRACCIAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

L'asse di collegamento con il tratto nord della viabilità principale della S.S. n. 45 presenta uno sviluppo di 49,71 m. La piattaforma, coerentemente con quanto descritto per l'asse SS45N, è tipizzata da una piattaforma tipo di categoria C1. In particolare, la strada risulta depotenziata con una corsia di larghezza pari a 3,65 m e banchina di 0,30 m in direzione nord e una corsia di larghezza pari a 2,75 m e banchina di 0,45 m in direzione sud.

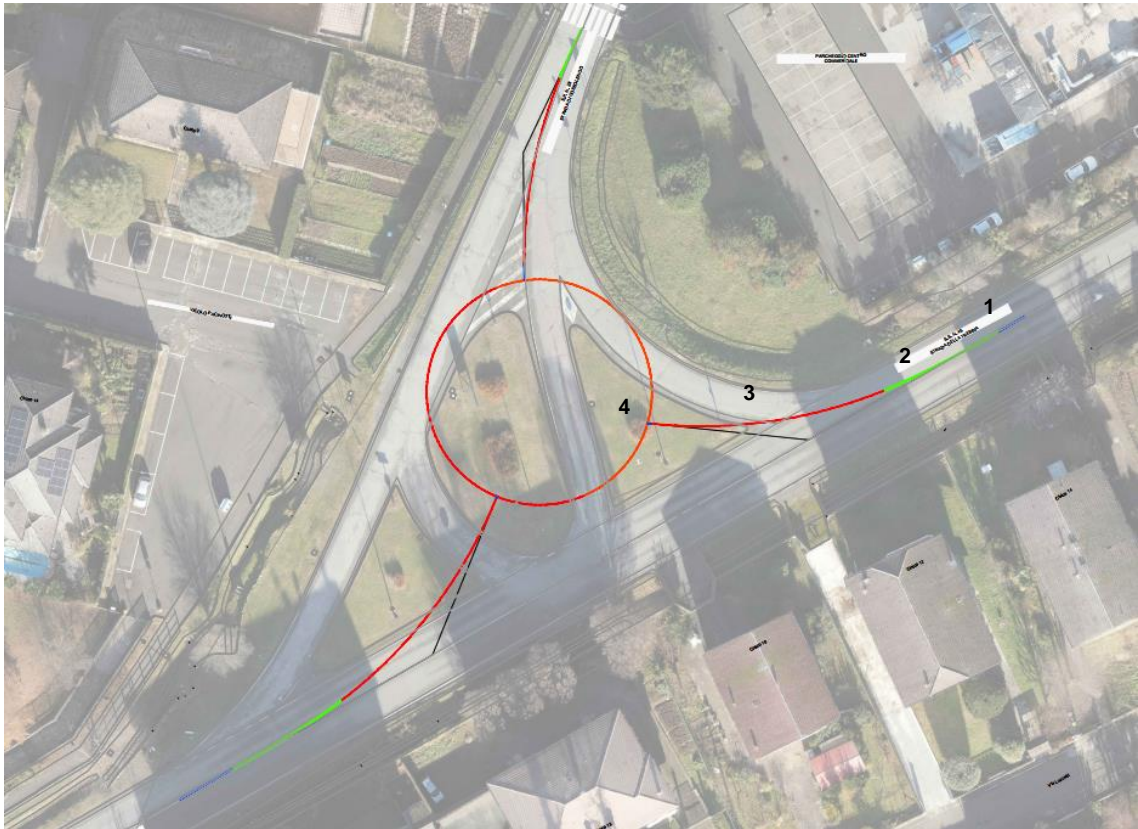


Figura 5.9: Elementi planimetrici - Asse SS45N.

Gli elementi costituenti l'asse di appoggio al lato nord della S.S. n. 45 sono riportati a seguire. Si nota come è stato omesso opportunamente l'elemento di transizione tra rettilo e raccordo circolare in corrispondenza dell'innesto con la nuova intersezione a rotatoria.

Tabella 8: Elementi planimetrici - Asse SS45N.

ELEMENTI PLANIMETRICI							Pagina: 1 / 1
N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0+000,00	3,88				
2	Clotoide	0+003,88	16,02		240°15'51,28"	247°54'41,90"	31,000
3	Raccordo	0+019,90	29,32	60,00	247°54'41,90"	275°54'24,12"	
4	Rettifilo	0+049,22	0,56				



### 5.2.2 VERIFICHE PLANIMETRICHE

Dalle verifiche si evince come non viene rispettata la lunghezza minima dell'elemento numero 1 di appoggio alla viabilità esistente, la mancanza del raccordo di transizione nell'elemento numero 3 e la lunghezza minima dell'elemento numero 4. Tali mancanze possono essere giustificate per il fatto che la verifica di lunghezza minima del rettilifo decade perché l'elemento si raccorda al rettilifo esistente della S.S. n. 45 e inoltre non è necessariamente richiesta la presenza di un elemento di transizione tra il rettilifo e la curva circolare perché si è nel punto in cui si ha il raccordo geometrico tra il ramo e l'anello girettorio.

Come si evince dalle immagini sopra riportate vengono soddisfatte tutte le restanti verifiche richieste dal D.M. n. 05.11.2001 per la progettazione planimetrica di un tracciato stradale.

Tabella 9: Verifica normativa elementi planimetrici – Asse SS45N.

<b>1 Rettilifo - N. 1</b>		<b>Lunghezza: 3,88</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Lunghezza minima		3,88	30,00	30,00
●	Lunghezza massima		3,88	660,00	30,00
<b>2 Clotoide - N. 1</b>		<b>Parametro A: 31,000 Lunghezza: 16,02</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula approssimata		31,000	18,90	30,00
●	Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli		31,000	21,40	30,00
●	Parametro A minimo da criterio ottico		31,000	20,00	
●	Parametro A massimo da criterio ottico		31,000	60,00	
●	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula esatta		31,000	15,58	30,00
<b>3 Raccordo - N. 1</b>		<b>Raggio: 60,00 Lunghezza: 29,32</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Lunghezza minima per una corretta percezione		29,32	20,83	30,00
●	Raggio minimo dal rettilifo precedente		60,00	3,88	
●	Raggio minimo dal rettilifo successivo		60,00	0,56	
●	Raccordo senza transizioni				
<b>4 Rettilifo - N. 2</b>		<b>Lunghezza: 0,56</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
●	Lunghezza minima		0,56	30,00	30,00
●	Lunghezza massima		0,56	660,00	30,00

### 5.2.3 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

La velocità di progetto nel tratto SS45N è limitata a 30 km/h in tutto il percorso dovuto al limitato raggio di curva che permette il sito. Tale velocità è coerente con quella imposta per la percorrenza dell'anello.

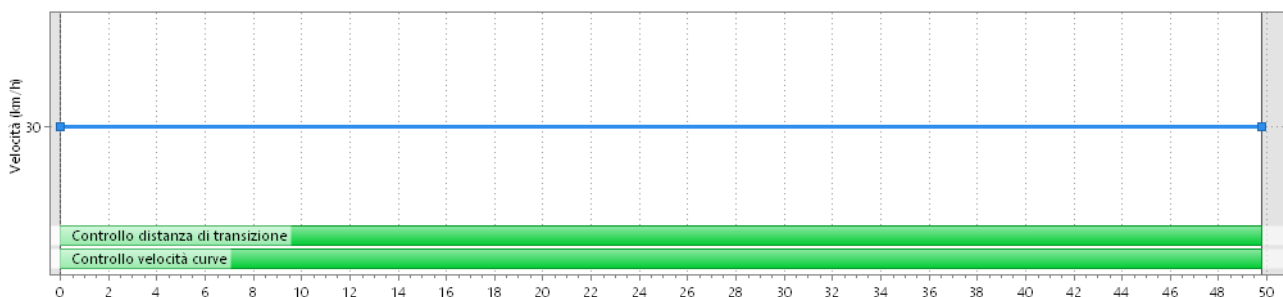


Figura 5.10: Diagramma delle velocità – Asse SS45N.

### 5.2.4 PENDENZE TRASVERSALI

Lungo i tratti in rettilifo la carreggiata presenta una doppia pendenza verso l'esterno pari al 2,50%; in curva la pendenza è inclinata verso l'interno e varia tra il 2,5% ed il 3,5%. La pendenza trasversale presenta valori che consentono il raccordo con la pavimentazione esistente non oggetto di intervento.

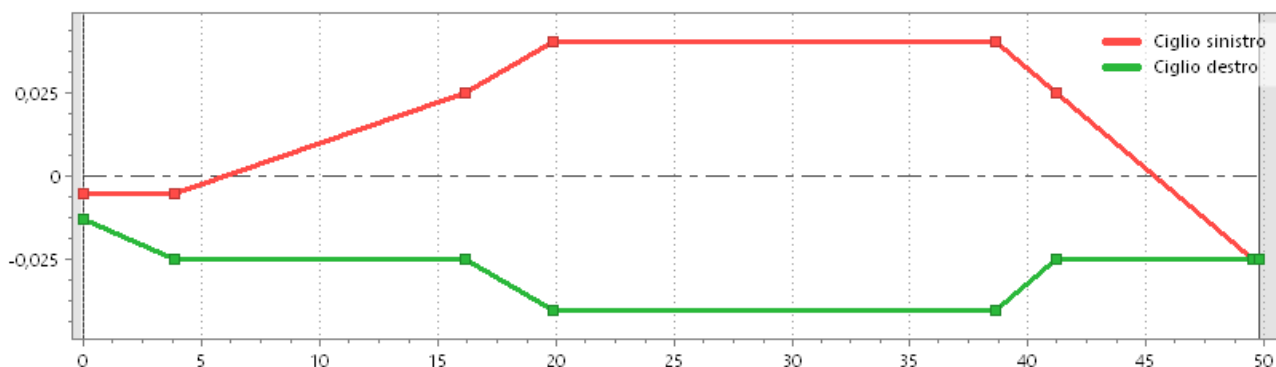


Figura 5.11: Andamento delle sopraelevazioni – Asse SS45N.

### 5.2.5 ALLARGAMENTI

Coerentemente con quanto esplicitato per l'asse SS45S, nell'intersezione non è vincolante la necessità di eseguire l'allargamento geometrico. Tuttavia, si è eseguita la verifica di inscrivibilità dei mezzi pesante ed è stato necessario inserire un allargamento di 0,50 m per garantire la sicurezza della manovra di svolta a destra della S.S. n. 45 Nord verso la S.P. n. 28. Questo allargamento è stato inserito nella banchina di destra in direzione sud, e anche nella rotatoria, tra i rami della S.S. n. 45 Nord e la S.P. n. 28, e nella S.P. n. 28 nella banchina di destra in direzione nord.



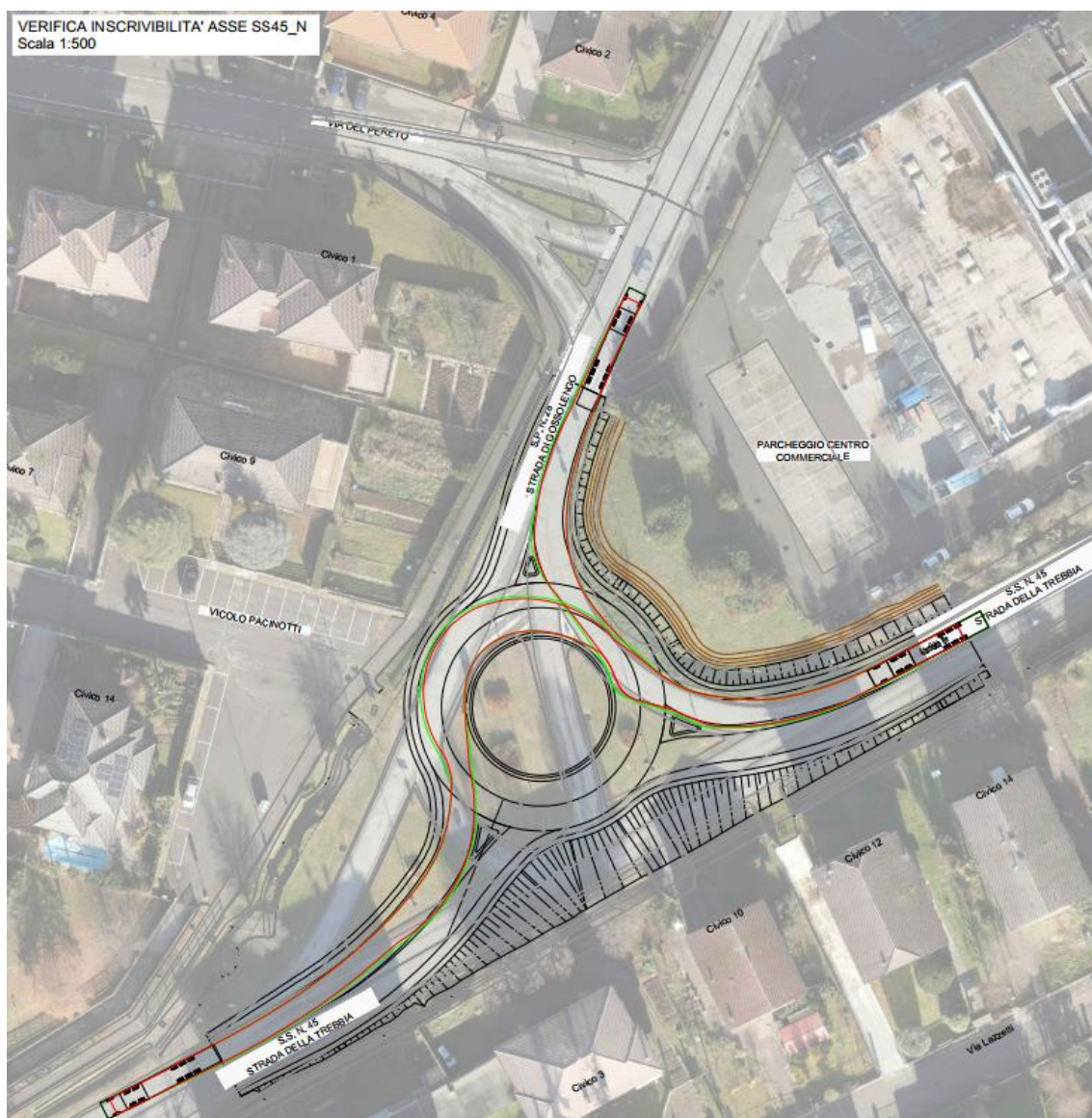


Figura 5.12 - Verifica di inscrivibilità Asse S.S.n. 45 N

## 5.3 S.P. n. 28 – ASSE SP28

### 5.3.1 TRACCIAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

Per consentire il collegamento tra la nuova intersezione a rotatoria e la S.P. n. 28, è stato realizzato un asse di variante avente uno sviluppo complessivo di 32,58 m.

L'asse di collegamento viene classificato come strada tipo F2 extraurbana avente geometria variabile in rapporto allo stato dei luoghi. Nello specifico, il ramo presenta dimensioni inferiori alla larghezza di base della corsia e della banchina: corsia di 3,10 m e banchina di 0,25 m in direzione sud e corsia di 3,00 m e banchina di 0,25 m in direzione nord.

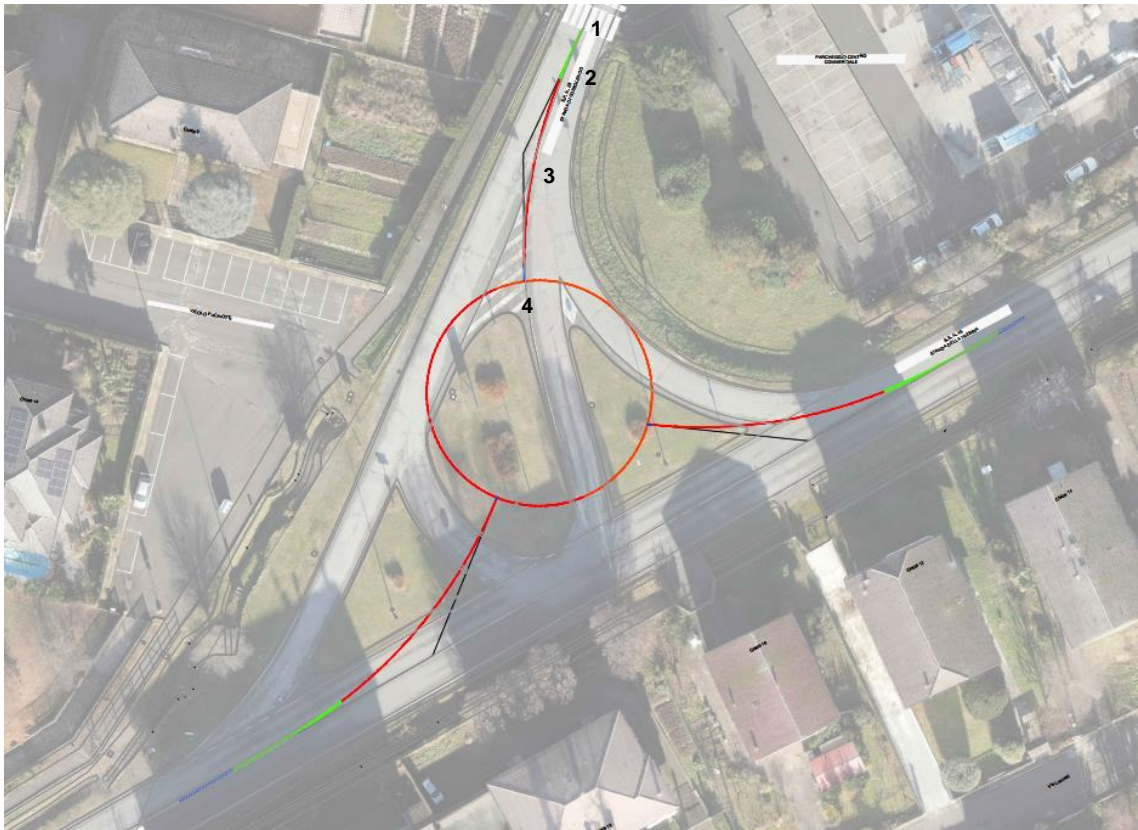


Figura 5.13: Elementi planimetrici - Asse SP28

Gli elementi planimetrici sono riportati nella tabella seguente. Si nota come viene meno l'elemento di transizione tra il raccordo circolare e il rettifilo in vicinanza dell'intersezione a rotatoria.

Tabella 10: Elementi planimetrici - Asse SP28.

ELEMENTI PLANIMETRICI							Pagina: 1 / 1
N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0+000,00	0,05				
2	Clotoide	0+000,05	7,00		205°22'41,56"	202°2'2,29"	20,500
3	Raccordo	0+007,05	23,60	60,00	202°2'2,29"	179°29'36,60"	
4	Rettifilo	0+030,65	1,99				

5.3.2 VERIFICHE PLANIMETRICHE

Gli elementi planimetrici rispettano quanto prescritto dalla Normativa e quindi non si evidenziano particolari problematiche. Tra le verifiche si omette la lunghezza minima dell'elemento numero 1 e dell'elemento numero 4 perché la loro funzione è di collegamento con la viabilità esistente e con la nuova intersezione a rotatoria, rispettivamente. Inoltre, si omette l'elemento di transizione dato che si rientra nel segmento di progettazione geometrica e di raccordo con la rotatoria.

Per le verifiche rimanenti, si evince, dalla sottostante tabella, che vengono rispettati i parametri richiesti da Normativa.

Tabella 11: Verifica normativa elementi planimetrici - Asse SP28.

⚠️ 1 Rettifilo - N. 1		Lunghezza: 0,05	Elemento	Riferimento	Velocità
🔴	Lunghezza minima		0,05	30,00	30,00
🟢	Lunghezza massima		0,05	660,00	30,00

✅ 2 Clotilde - N. 1		Parametro A: 20,500	Lunghezza: 7,00	Elemento	Riferimento	Velocità
🟢	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula approssimata			20,500	18,90	30,00
🟢	Parametro A minimo da limitazione della pendenza longitudinale dei cigli			20,500	12,38	30,00
🟢	Parametro A minimo da criterio ottico			20,500	20,00	
🟢	Parametro A massimo da criterio ottico			20,500	60,00	
🟢	Parametro A minimo da limitazione del contraccolpo Formula esatta			20,500	18,91	30,00

⚠️ 3 Raccordo - N. 1		Raggio: 60,00	Lunghezza: 23,60	Elemento	Riferimento	Velocità
🟢	Raggio minimo in funzione della velocità			60,00	25,31	30,00
🟢	Lunghezza minima per una corretta percezione			23,60	20,83	30,00
🟢	Raggio minimo dal rettilifo precedente			60,00	0,05	
🟢	Raggio minimo dal rettilifo successivo			60,00	1,99	
🔴	Raccordo senza transizioni					

⚠️ 4 Rettifilo - N. 2		Lunghezza: 1,99	Elemento	Riferimento	Velocità
🔴	Lunghezza minima		1,99	30,00	30,00
🟢	Lunghezza massima		1,99	660,00	30,00

5.3.3 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

La velocità di progetto del tratto di innesto con la S.P. n. 28 è di 30 km/h, pari a quello imposto sulla rotatoria di progetto.

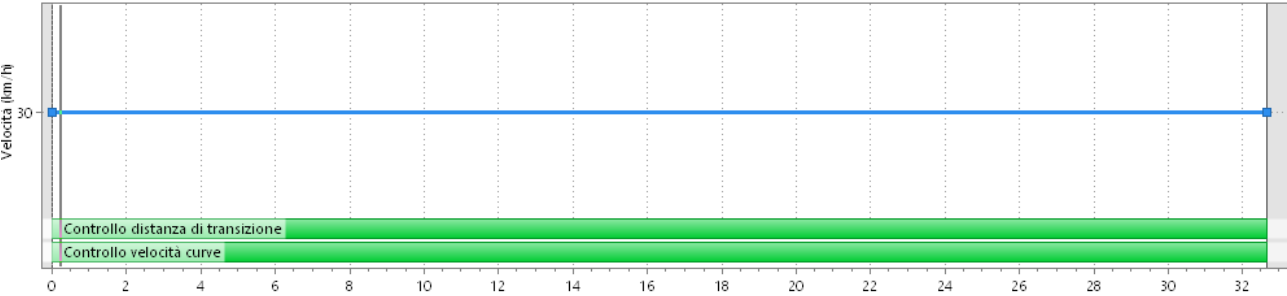


Figura 5.14: Diagramma delle velocità - Asse SP28.

5.3.4 PENDENZE TRASVERSALI

La pendenza trasversale del tratto in esame è variabile e segue l'andamento plano-altimetrico della pavimentazione esistente a cui ci si raccorda. Le pendenze trasversali vanno da 1.5 % verso l'interno della curva fino a 3,5 %, sempre verso l'interno della curva.



Figura 5.15: Andamento delle sopraelevazioni - Asse SP28.

### 5.3.5 ALLARGAMENTI

Coerentemente con quanto esplicitato per l'asse SS45S, nell'intersezione non è vincolante la necessità di eseguire l'allargamento geometrico. Tuttavia, si è eseguita la verifica di inscrivibilità dei mezzi pesante ed è stato necessario inserire un allargamento di 0,50 m per garantire la sicurezza della manovra di svolta a destra della S.S. n. 45 Nord verso la S.P. n. 28. Questo allargamento è stato inserito nella banchina di destra in direzione sud della S.S. n. 45 Nord, nella rotatoria, tra i rami della S.S. n. 45 Nord e la S.P. n. 28, e nella S.P. n. 28 nella banchina di destra in direzione nord.



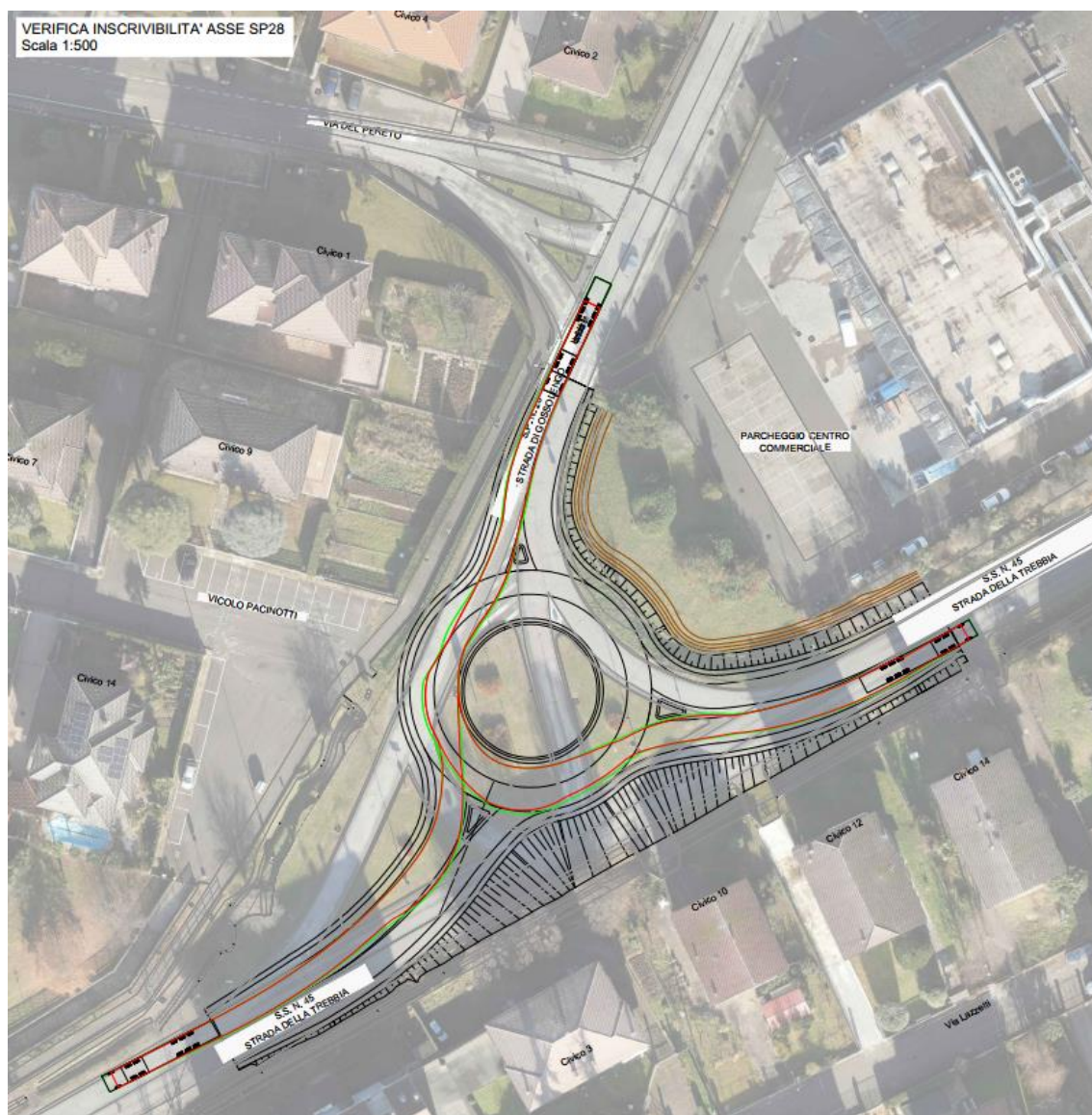


Figura 5.16 - Verifica di inscrivibilità Asse S.P. n.28

## 6 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL'ASSE

### 6.1 S.S. N. 45 SUD – ASSE SS45S

#### 6.1.1 TRACCIAMENTO ALTIMETRICO

Il profilo longitudinale è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi convessi e concavi.

L'andamento altimetrico dell'asse si sviluppa tra la quota 138,37 m s.l.m.m. alla progressiva 0+000,00 km e la quota 138,52 m s.l.m.m alla progressiva 0+056,20 km. La quota minima del profilo è pari a 138,37 m s.l.m.m. Il dislivello tra i due punti di inizio e fine del tracciato è di 0,15 m.



Figura 6.1: Elementi altimetrici - Asse SS45S.

Dalla sopra sfigura si nota la configurazione dell'asse principale caratterizzato da un dosso (raccordi convessi) che consente il raccordo con la livelletta della strada S.S. n. 45 e una sacca (raccordi concavi) che permette di raccordarsi con la pendenza del 2% verso fuori della rotatoria.

A seguire si riportano le caratteristiche degli elementi costituenti l'andamento altimetrico dell'asse.

Tabella 12: Elementi altimetrici - Asse SS45S.

<b>1 Livelletta - N. 1</b>				<b>2 Parabola altimetrica - N. 1</b>			
P1:	0+000,00	Pv1:		P1:	0+024,92	Pv:	0+033,48
Q1:	138,37	Qv1:		Q1:	138,44	Qv:	138,47
P2:	0+024,92	Pv2:	0+033,48	P2:	0+042,03		
Q2:	138,44	Qv2:	138,47	Q2:	138,41	Raggio:	1710,89
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	0,07	Progressiva:	0+024,92	Pendenza iniziale:	0,00
Sviluppo:	24,92	Pendenza:	0,00	Sviluppo:	17,11	Pendenza finale:	-0,01
<b>3 Livelletta - N. 2</b>				<b>4 Parabola altimetrica - N. 2</b>			
P1:	0+042,03	Pv1:	0+033,48	P1:	0+046,21	Pv:	0+049,45
Q1:	138,41	Qv1:	138,47	Q1:	138,38	Qv:	138,35
P2:	0+046,21	Pv2:	0+049,45	P2:	0+052,69		
Q2:	138,38	Qv2:	138,35	Q2:	138,42	Raggio:	239,16
Progressiva:	0+042,03	Differenza di quota:	-0,03	Progressiva:	0+046,21	Pendenza iniziale:	-0,01
Sviluppo:	4,18	Pendenza:	-0,01	Sviluppo:	6,48	Pendenza finale:	0,02
<b>5 Livelletta - N. 3</b>							
P1:	0+052,69	Pv1:	0+049,45				
Q1:	138,42	Qv1:	138,35				
P2:	0+055,82	Pv2:					
Q2:	138,48	Qv2:					
Progressiva:	0+052,69	Differenza di quota:	0,06				
Sviluppo:	3,13	Pendenza:	0,02				

La pendenza massima è del 2,00%.

#### 6.1.2 VERIFICHE ALTIMETRICHE

La pendenza massima adottabile per la strada di categoria C1 risulta essere pari al 7%, mentre l'arco di parabola quadratica ad asse verticale che costituisce il raccordo viene calcolato mediante la seguente espressione:

$$L = R_v \cdot \frac{\Delta i}{100}$$

dove  $R_v$  è il raggio del cerchio osculatore nel vertice della parabola.

Per maggiore completezza vengono riportate le principali verifiche eseguite lungo il profilo longitudinale della nuova variante:

- Nessuna parte del veicolo (eccetto le ruote) deve avere contatti con la superficie stradale:
  - nei dossi:  $R_v \geq 20m$ ;
  - nelle sacche:  $R_v \geq 40m$ .

- Per il comfort dell'utenza l'accelerazione verticale non deve superare il valore limite:

$$a_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq 0,6 \text{ m/s}^2$$

- Devono essere garantite le visuali libere.
- Raccordi verticali convessi (dossi):
  - se la distanza di visibilità da realizzare  $D$  è inferiore allo sviluppo  $L$  del raccordo:

$$R_v = \frac{D^2}{3,7266}$$

- se  $D > L$ :

$$R_v = \frac{200}{\Delta i} \cdot \left( D - \frac{186,3325}{\Delta i} \right)$$

- Raccordi verticali concavi (sacche):

- se  $D < L$ :

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (0,5 + D \cdot \sin 1)}$$

- se  $D > L$ :

$$R_v = \frac{200}{\Delta i} \cdot \left[ D - \frac{100}{\Delta i} \cdot (0,5 + D \cdot \sin 1) \right]$$

Tabella 13: Verifica normativa elementi altimetrici - Asse SS45S.

<b>✓ 1 Livelletta - N. 1</b>		<b>Pendenza: 0,00 v/h</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,00 v/h	0,07 v/h	
<b>✓ 2 Parabola altimetrica - N. 1</b>		<b>Raggio: 1710,89 m Lunghezza: 17,11 m</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie			1710,89 m	20,00 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale			1710,89 m	115,74 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)			1710,89 m	0,00 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità (con Distanza di Sorpasso)			1710,89 m	0,00 m	30,00 km/h
<b>✓ 3 Livelletta - N. 2</b>		<b>Pendenza: -0,01 v/h</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,01 v/h	0,07 v/h	
<b>✓ 4 Parabola altimetrica - N. 2</b>		<b>Raggio: 239,16 m Lunghezza: 6,48 m</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie			239,16 m	40,00 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale			239,16 m	115,74 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)			239,16 m	0,00 m	30,00 km/h
<b>✓ 5 Livelletta - N. 3</b>		<b>Pendenza: 0,02 v/h</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,02 v/h	0,07 v/h	

Dalla sopra tabella si evince come vengano rispettati i valori richiesti da Normativa.

## 6.2 S.S. n. 45 NORD – ASSE SS45N

### 6.2.1 TRACCIAMENTO ALTIMETRICO

L'asse di collegamento alla nuova rotatoria si innesta ad un quota di 138,77 m s.l.m.m. alla progressiva 0+000,00 km e ad una quota di 138,55 m s.l.m.m. alla progressiva 0+049,78 km. Il dislivello tra i punti estremi del tracciato è di 0,22 m e il punto di minima quota è di 138,47.

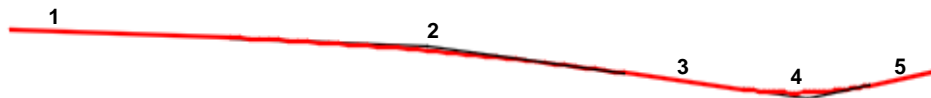


Figura 6.2: Elementi altimetrici - Asse SS45N.

Dalla sopra sfigura si nota la configurazione dell'asse principale caratterizzato da un dosso (raccordi convessi) che consente il raccordo con la livelletta della strada S.S. n. 45 e una sacca (raccordi concavi) che permette di raccordarsi con la pendenza del 2% verso fuori della rotatoria.

Tabella 14: Elementi altimetrici - Asse SS45N.

<b>1 Livellotta - N. 1</b>				<b>2 Parabola altimetrica - N. 1</b>			
P1:	0+000,00	Pv1:		P1:	0+011,74	Pv:	0+022,31
Q1:	138,77	Qv1:		Q1:	138,73	Qv:	138,69
P2:	0+011,74	Pv2:	0+022,31	P2:	0+032,89		
Q2:	138,73	Qv2:	138,69	Q2:	138,54	Raggio:	2174,65
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	-0,05	Progressiva:	0+011,74	Pendenza iniziale:	0,00
Sviluppo:	11,74	Pendenza:	0,00	Sviluppo:	21,15	Pendenza finale:	-0,01
<b>3 Livellotta - N. 2</b>				<b>4 Parabola altimetrica - N. 2</b>			
P1:	0+032,89	Pv1:	0+022,31	P1:	0+039,28	Pv:	0+042,65
Q1:	138,54	Qv1:	138,69	Q1:	138,45	Qv:	138,41
P2:	0+039,28	Pv2:	0+042,65	P2:	0+046,02		
Q2:	138,45	Qv2:	138,41	Q2:	138,47	Raggio:	200,00
Progressiva:	0+032,89	Differenza di quota:	-0,09	Progressiva:	0+039,28	Pendenza iniziale:	-0,01
Sviluppo:	6,40	Pendenza:	-0,01	Sviluppo:	6,73	Pendenza finale:	0,02
<b>5 Livellotta - N. 3</b>							
P1:	0+046,02	Pv1:	0+042,65				
Q1:	138,47	Qv1:	138,41				
P2:	0+049,78	Pv2:					
Q2:	138,55	Qv2:					
Progressiva:	0+046,02	Differenza di quota:	0,08				
Sviluppo:	3,77	Pendenza:	0,02				

### 6.2.2 VERIFICHE ALTIMETRICHE

Dato il valore modesto della velocità di progetto del tratto stradale in esame, si ha il pieno soddisfacimento dei parametri richiesti da Normativa (si veda la seguente tabella).



Tabella 15: Verifica normativa elementi altimetrici - Asse SS45N.

✓ 1 Livelletta - N. 1		Pendenza: 0,00 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,00 v/h	0,07 v/h	

✓ 2 Parabola altimetrica - N. 1		Raggio: 2174,65 m Lunghezza: 21,15 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie			2174,65 m	20,00 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale			2174,65 m	115,74 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)			2174,65 m	0,00 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di Sorpasso)			2174,65 m	0,00 m	30,00 km/h

✓ 3 Livelletta - N. 2		Pendenza: -0,01 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,01 v/h	0,07 v/h	

✓ 4 Parabola altimetrica - N. 2		Raggio: 200,00 m Lunghezza: 6,73 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie			200,00 m	40,00 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale			200,00 m	115,74 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)			200,00 m	0,00 m	30,00 km/h

✓ 5 Livelletta - N. 3		Pendenza: 0,02 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,02 v/h	0,07 v/h	

6.3 S.P. N. 28 – ASSE SP28

6.3.1 TRACCIAMENTO ALTIMETRICO

Il raccordo che garantisce il proseguimento con la S.P. n. 28 presenta un dislivello di quota da 137,41 m s.l.m.m. alla progressiva 0+000,00 km a 137,78 m s.l.m.m. alla progressiva 0+032,65 km. Il dislivello per garantire l'innesto con l'anello giratorio è pari a 0,37 m.

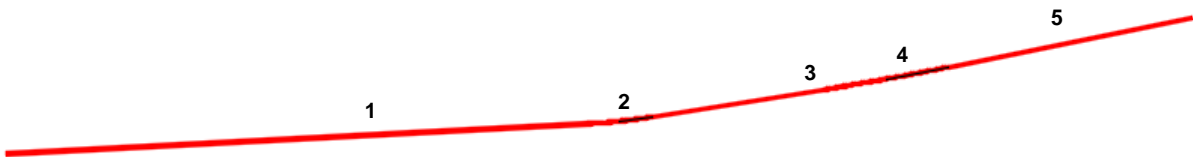


Figura 6.3: Elementi altimetrici – Asse SP28.

La pendenza massima del tracciato è del 2,00% ed è inferiore alla pendenza massima ammissibile per una strada di categoria F2. Dalla sopra sfigura si nota la configurazione dell'asse principale caratterizzato da due sacche (raccordi concavi), una consente il raccordo con la livelletta della strada S.S. n. 45 e l'altra permette di raccordarsi con la pendenza del 2% verso fuori della rotatoria.

Tabella 16: Elementi altimetrici - Asse SP28.

<b>1 Livelletta - N. 1</b>			
P1:	0+000,00	Pv1:	
Q1:	137,41	Qv1:	
P2:	0+015,99	Pv2:	0+016,88
Q2:	137,49	Qv2:	137,49
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	0,08
Sviluppo:	15,99	Pendenza:	0,01

<b>2 Parabola altimetrica - N. 1</b>			
P1:	0+015,99	Pv:	0+016,88
Q1:	137,49	Qv:	137,49
P2:	0+017,78		
Q2:	137,51	Raggio:	165,69
Progressiva:	0+015,99	Pendenza iniziale:	0,01
Sviluppo:	1,79	Pendenza finale:	0,02

<b>3 Livelletta - N. 2</b>			
P1:	0+017,78	Pv1:	0+016,88
Q1:	137,51	Qv1:	137,49
P2:	0+022,50	Pv2:	0+024,22
Q2:	137,58	Qv2:	137,61
Progressiva:	0+017,78	Differenza di quota:	0,08
Sviluppo:	4,72	Pendenza:	0,02

<b>4 Parabola altimetrica - N. 2</b>			
P1:	0+022,50	Pv:	0+024,22
Q1:	137,58	Qv:	137,61
P2:	0+025,93		
Q2:	137,64	Raggio:	850,00
Progressiva:	0+022,50	Pendenza iniziale:	0,02
Sviluppo:	3,43	Pendenza finale:	0,02

<b>5 Livelletta - N. 3</b>			
P1:	0+025,93	Pv1:	0+024,22
Q1:	137,64	Qv1:	137,61
P2:	0+032,65	Pv2:	
Q2:	137,78	Qv2:	
Progressiva:	0+025,93	Differenza di quota:	0,13
Sviluppo:	6,71	Pendenza:	0,02

### 6.3.2 VERIFICHE ALTIMETRICHE

Date le modeste velocità, le verifiche altimetriche richieste dal D.M. n. 6792/2001 vengono rispettate come mostrato dalla seguente tabella.

Tabella 17: Verifica normativa elementi altimetrici - Asse SP28.

<b>✓ 1 Livelletta - N. 1</b>		<b>Pendenza: 0,01 v/h</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,01 v/h	0,10 v/h	

<b>✓ 2 Parabola altimetrica - N. 1</b>		<b>Raggio: 165,69 m Lunghezza: 1,79 m</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie			165,69 m	40,00 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale			165,69 m	115,74 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)			165,69 m	0,00 m	30,00 km/h

<b>✓ 3 Livelletta - N. 2</b>		<b>Pendenza: 0,02 v/h</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,02 v/h	0,10 v/h	

<b>✓ 4 Parabola altimetrica - N. 2</b>		<b>Raggio: 850,00 m Lunghezza: 3,43 m</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie			850,00 m	40,00 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale			850,00 m	115,74 m	30,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)			850,00 m	0,00 m	30,00 km/h

<b>✓ 5 Livelletta - N. 3</b>		<b>Pendenza: 0,02 v/h</b>	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima			0,02 v/h	0,10 v/h	

## 7 INTERSEZIONI

L'intervento in esame, come già più volte esplicitato, prevede la realizzazione di una nuova intersezione a rotatoria tra la S.S. n. 45 e la S.P. n. 28. La rotatoria di progetto rientra tra quelle classificate come rotatorie compatte secondo il D.M. 19.04.2006.



Figura 7.1: Planimetria di progetto con segnaletica orizzontale su ortofoto.

### 7.1 INTERSEZIONE A ROTATORIA – ASSE R

L'intersezione a rotatoria prevede una configurazione a tre rami aventi una corsia di ingresso di larghezza pari a 3,50 m e una corsia di uscita di larghezza a 4,50 m ciascuno.

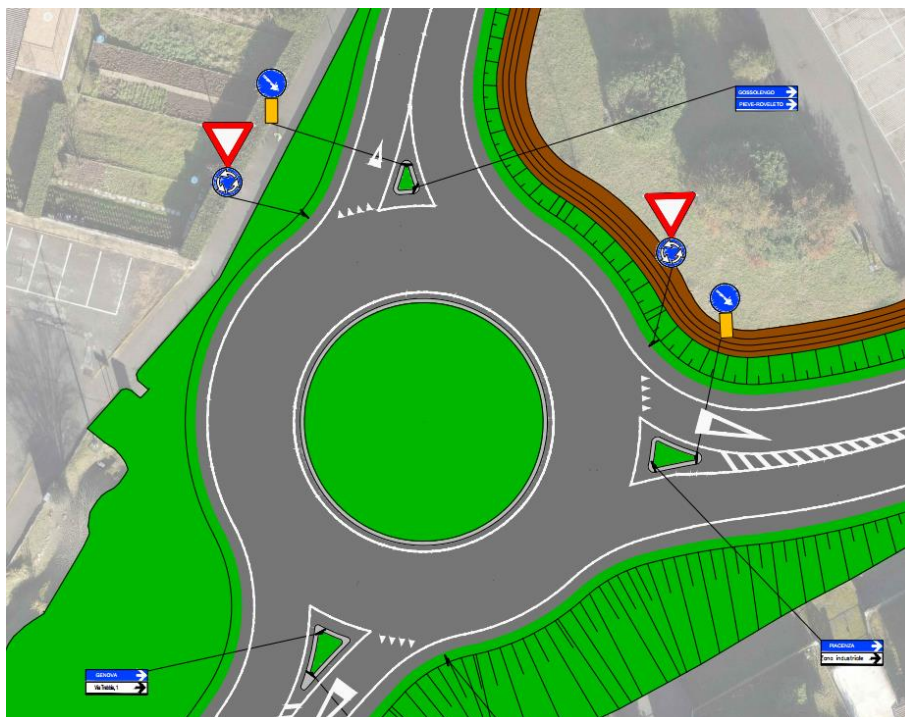


Figura 7.2: Planimetria con segnaletica dell'intersezione a rotatoria - Asse R.

#### 7.1.1 TRACCIAMENTO PLANIMETRICO

La nuova intersezione a rotatoria presenta un diametro esterno pari a 35,00 m con una corsia all'anello di larghezza pari a 7,00 m, una banchina in destra di 1,00 m, salvo tra i rami di ingresso della S.S. n. 45 N e di uscita della S.P. n. 28, che è di 1,50 m; e una banchina in sinistra di 0,50 m. La larghezza della banchina interna viene rispettata anche nelle isole divisionali interposte tra le corsie in ingresso ed in uscita alla rotatoria. La banchina in destra di larghezza pari ad 1,00 consente l'inscrivibilità anche dei mezzi più vincolanti eccezione fatta per il tratto tra il ramo di ingresso della S.S. 45 N e di uscita della S.P. 28, menzionato nei paragrafi precedenti, dove si prevede una banchina di 1,50 m.

Il raggio che materializza l'asse della rotatoria, nonché la mezzeria della corsia dell'anello, è pari a 14,00 m. Le corsie di ingresso in rotatoria presentano una larghezza pari a 3,50 m e le corsie in uscita presentano una larghezza pari a 4,50 m. Le corsie di ingresso sono tipizzate da un raccordo bi-centrico di raggio 12,00 – 60,00 mentre le corsie di uscita sono tipizzate da un raccordo bi-centrico di raggio 14,00 – 56,00 m.



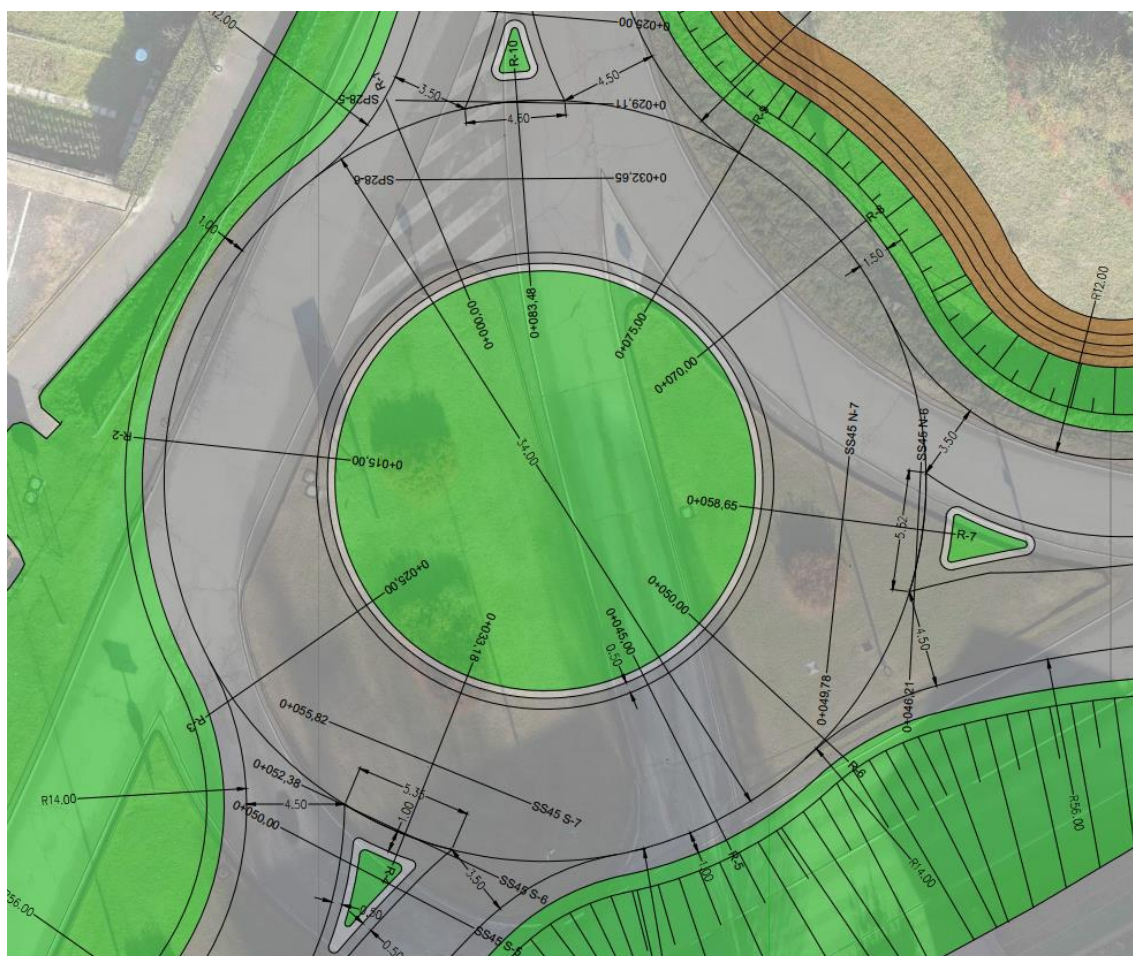


Figura 7.3: Geometria dell'intersezione a rotatoria - Asse R.

### 7.1.2 PENDENZA TRASVERSALE

La nuova intersezione a rotatoria presenta una pendenza dell'anello, coerentemente con quanto riportato nello studio pre-normativo al D.M. n. 19.04.2006, verso l'esterno e pari al 2%. Tale accorgimento consente di smaltire le acque di piattaforma e migliora i raccordi delle falde in corrispondenza dei rami che si innestano sull'anello. La pendenza verso l'esterno favorisce i veicoli che percorrono il ramo di uscita migliorando le condizioni di circolazione del nodo.

L'isola centrale della rotatoria presenta una pendenza minima 5,00% che evita l'accumulo di acqua al suo interno.

### 7.1.3 TRACCIAMENTO ALTIMETRICO

L'asse della rotatoria è costituito da un dosso e quota massima tra i rami della S.S. 45 Sud e Nord, e un minimo e due sacche tra i rami della S.S. n. 45 Sud e la S.P. n. 28. Il punto di massimo è a quota 138,83 m.s.l.m. alla progressiva 0+045,00, mentre la quota minima è 137,78 e va dalla progressiva 0+000,00 alla 0+005,39 e dalla 0+083,05 alla 0+087,96.

L'asse della rotatoria presenta una certa simmetria rispetto ai due rami della S.S. n. 45 convergenti al nodo.

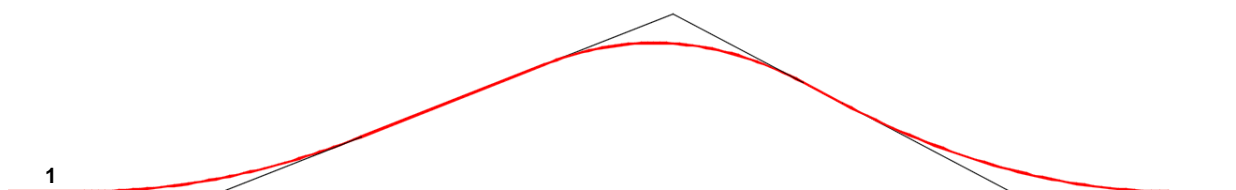


Figura 7.4: Elementi altimetrici - Asse R.

A seguire le caratteristiche degli elementi altimetrici costituenti l'asse.

Tabella 18: Elementi altimetrici - Asse R.

<b>1 Livelletta - N. 1</b>			
P1:	0+000,00	Pv1:	
Q1:	137,78	Qv1:	
P2:	0+005,39	Pv2:	0+015,22
Q2:	137,78	Qv2:	137,78
Progressiva:	0+000,00	Differenza di quota:	0,00
Sviluppo:	5,39	Pendenza:	0,00

<b>2 Parabola altimetrica - N. 1</b>			
P1:	0+005,39	Pv:	0+015,22
Q1:	137,78	Qv:	137,78
P2:	0+025,05		
Q2:	138,17	Raggio:	500,00
Progressiva:	0+005,39	Pendenza iniziale:	0,00
Sviluppo:	19,67	Pendenza finale:	0,04

|  | | | |

<b>3 Livelletta - N. 2</b>			
P1:	0+025,05	Pv1:	0+015,22
Q1:	138,17	Qv1:	137,78
P2:	0+038,05	Pv2:	0+047,26
Q2:	138,68	Qv2:	139,04
Progressiva:	0+025,05	Differenza di quota:	0,51
Sviluppo:	13,00	Pendenza:	0,04

<b>4 Parabola altimetrica - N. 2</b>			
P1:	0+038,05	Pv:	0+047,26
Q1:	138,68	Qv:	139,04
P2:	0+056,47		
Q2:	138,55	Raggio:	200,00
Progressiva:	0+038,05	Pendenza iniziale:	0,04
Sviluppo:	18,43	Pendenza finale:	-0,05

|  | | | |

<b>5 Livelletta - N. 3</b>			
P1:	0+056,47	Pv1:	0+047,26
Q1:	138,55	Qv1:	139,04
P2:	0+059,31	Pv2:	0+071,18
Q2:	138,40	Qv2:	137,78
Progressiva:	0+056,47	Differenza di quota:	-0,15
Sviluppo:	2,85	Pendenza:	-0,05

<b>6 Parabola altimetrica - N. 3</b>			
P1:	0+059,31	Pv:	0+071,18
Q1:	138,40	Qv:	137,78
P2:	0+083,05		
Q2:	137,78	Raggio:	450,00
Progressiva:	0+059,31	Pendenza iniziale:	-0,05
Sviluppo:	23,75	Pendenza finale:	0,00

|  | | | |

<b>7 Livelletta - N. 4</b>			
P1:	0+083,05	Pv1:	0+071,18
Q1:	137,78	Qv1:	137,78
P2:	0+087,96	Pv2:	
Q2:	137,78	Qv2:	
Progressiva:	0+083,05	Differenza di quota:	0,00
Sviluppo:	4,91	Pendenza:	0,00

#### 7.1.4 DIAGRAMMA DELLE VELOCITA'

La velocità di progetto assunta per l'asse R è pari a 35 km/h. Dalle equazioni della cinematica, la velocità limite allo sbandamento è data dalla seguente formulazione:

$$V = \sqrt{127 \cdot R \cdot (q + f_t)}$$

Assumendo che la manovra più vincolante sia quella di svolta a destra dalla S.S. n. 45 S verso la S.S. n. 45N, si assume un raggio di deflessione di circa 43,8 m.

Di conseguenza, la velocità limite allo sbandamento risulta:

$$V = \sqrt{127 \cdot 43,8 \cdot (-0,02 + 0,22)} = 33,35 \text{ km/h}$$

Si assume, quindi, una velocità di progetto dell'anello pari a 35 km/h.

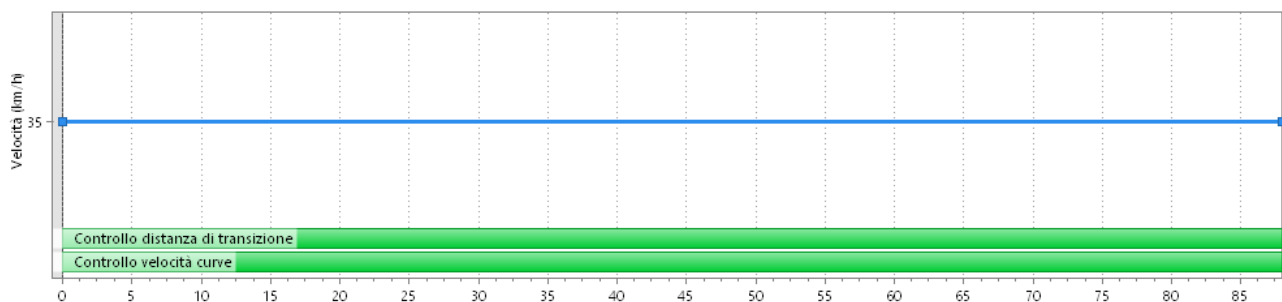


Figura 7.5: Diagramma delle velocità - Asse R.

#### 7.1.5 VERIFICHE DI VISIBILITA'

La verifica di visibilità nelle intersezioni a rotatoria consiste, secondo il D.M. 19/04/2006, nel verificare che sia visibile il quarto di rotatoria da una posizione arretrata di 15 m rispetto alla linea che delimita il bordo esterno dell'anello.

Dalla sottostante rappresentazione si evince che per ogni approccio è garantita la visuale del quarto di rotatoria nel caso in cui venga rispettata l'area libera da ostacoli indicata con il tratteggio pieno.

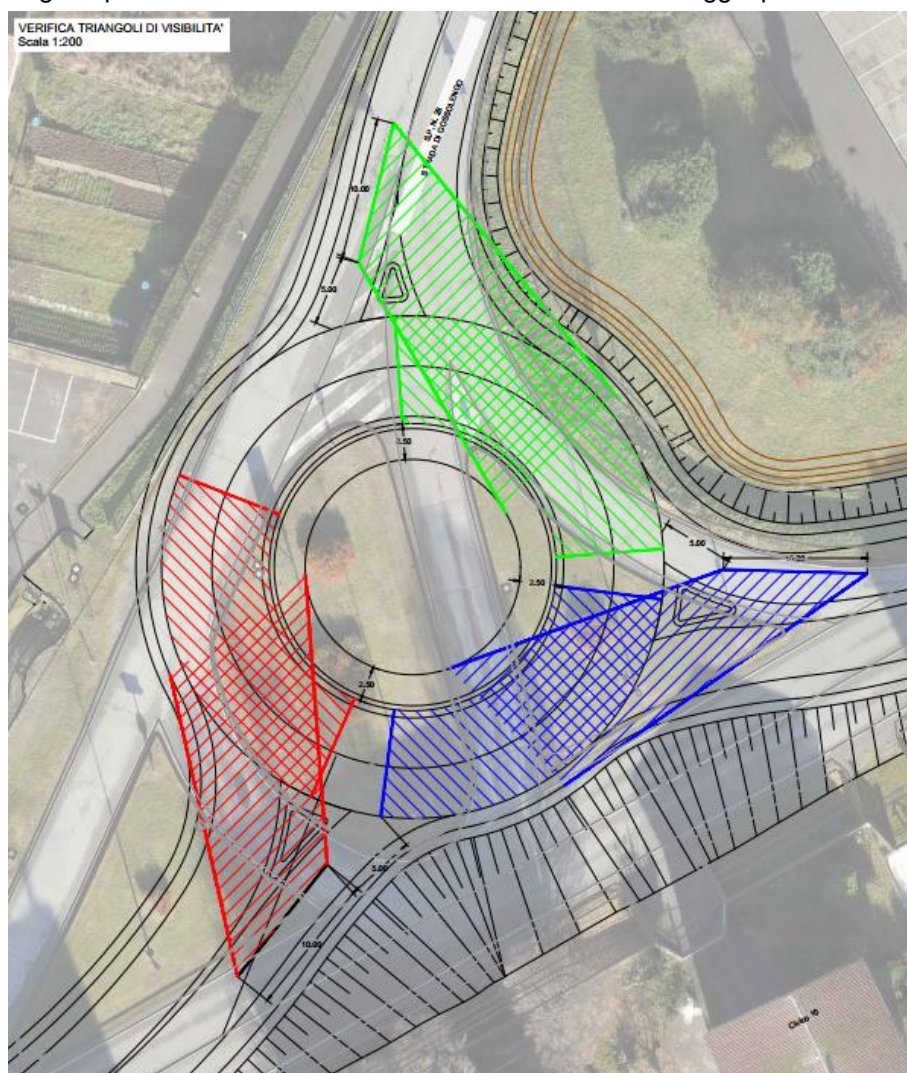


Figura 7.6: Verifica della visibilità a sinistra – Asse R.

Si raccomanda il rispetto degli spazi liberi da ostacoli nelle aree indicate dai tratteggi della sopra figura.



#### 7.1.6 VERIFICA DI DEFLESSIONE

Con riferimento alla verifiche di deflessione della traiettoria di attraversamento, la Normativa raccomanda un valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  di almeno  $45^\circ$ .

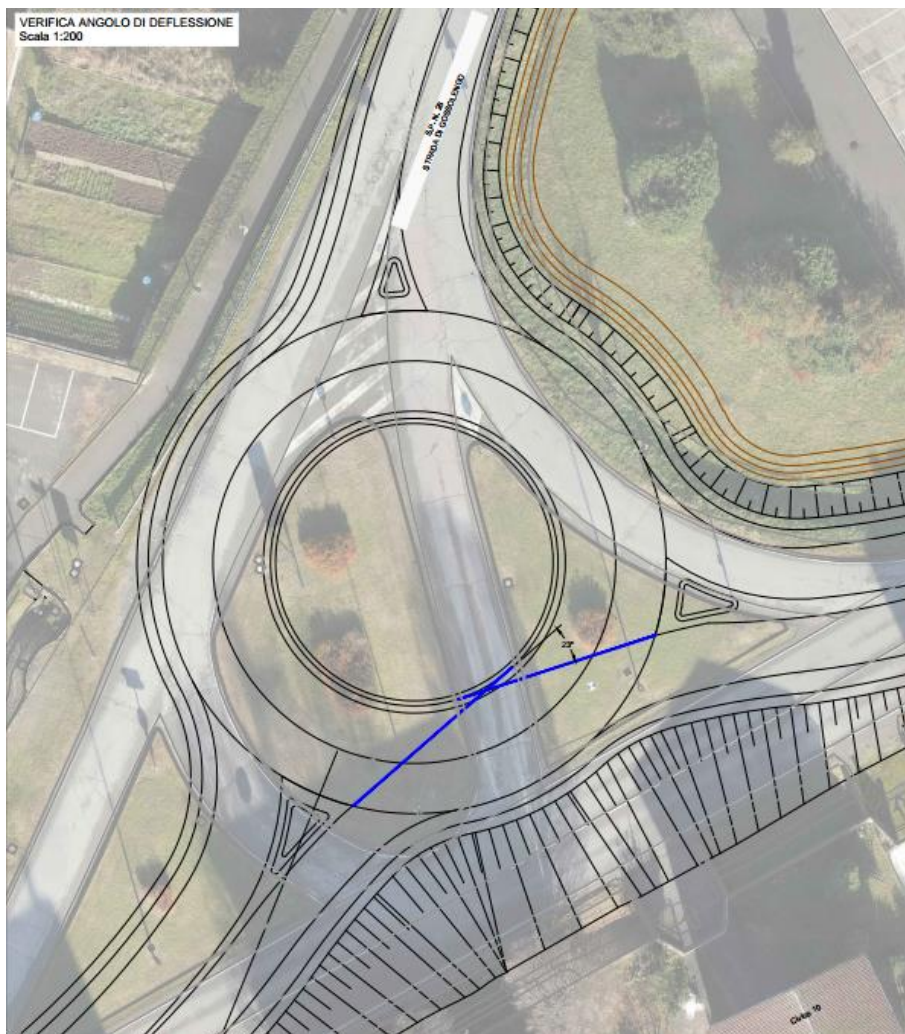
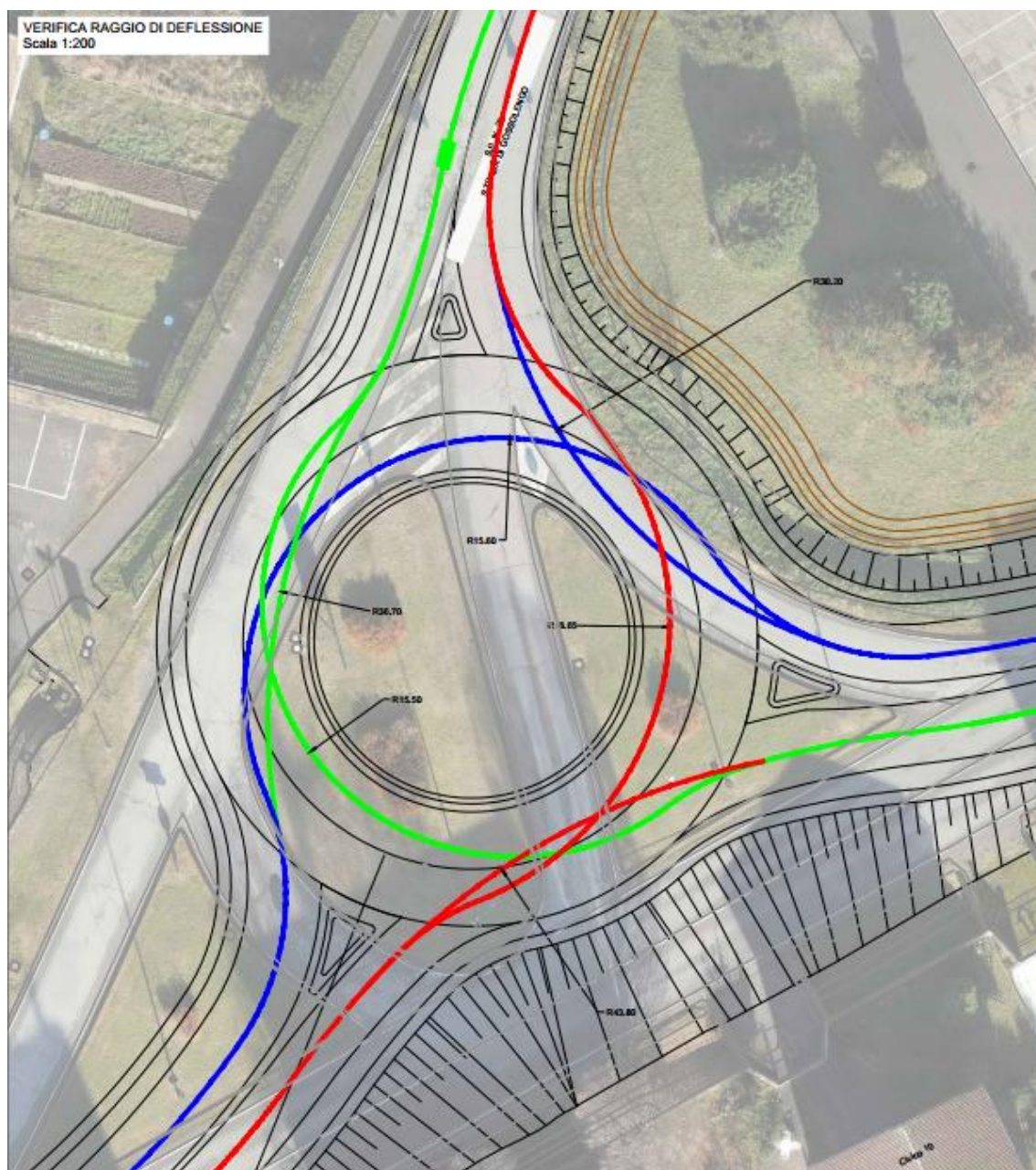


Figura 7.7: Verifica angolo di deflessione – Asse R.

Il valore dell'angolo di deflessione risulta inferiore e pari a  $23^\circ$  per la direttrice sud-nord. Tale prescrizione dell'angolo di deflessione si cala nel caso esatto in cui i rami convergano al centro della rotatoria creando un angolo maggiore a  $70^\circ$  ed inoltre nel caso in cui i rami affluenti abbiano le medesime caratteristiche geometriche di piattaforma. In questo caso, l'angolo tra gli assi dei rami è di  $74^\circ$ . Per dimostrare la corretta deflessione delle rotatorie si ricorre a quanto descritto nello Studio Prenormativo al D.M. 19/04/2006, in cui i raggi di deflessione devono possedere un valore inferiore a 100 m.





*Figura 7.8: Verifica raggio di deflessione – Asse R.*

Dalle sopra figure si nota come il valore del raggio di deflessione massimo è pari a 43,8 m e corrisponde alla manovra di attraversamento dal ramo SS45S al ramo SS45N. Dai valori dei raggi di deflessione si evince come sia mantenuta una velocità moderata all'interno dell'anello circolatorio ed è compatibile con la velocità di progetto di 35 km/h.

## 8 TRAFFICO VEICOLARE

In rapporto ai volumi di traffico circolanti all'interno e all'intorno dell'area di intervento, si riportano le informazioni relative ai dati raccolti dalle spire ad induzione posizionate lungo la S.S. n. 45 a sud dell'intersezione con la S.P. n. 28. I dati raccolti dalle spire ad induzione vengono forniti dalla regione Emilia-Romagna sottoforma di valori giornalieri e da questi è stata eseguita un'elaborazione ai fini di caratterizzare l'area oggetto di intervento da un punto di vista funzionale.

### 8.1 S.S. n. 45

Poco più a nord, dell'intersezione oggetto di progettazione, è presente un sistema di monitoraggio identificato come posizione n. 307.

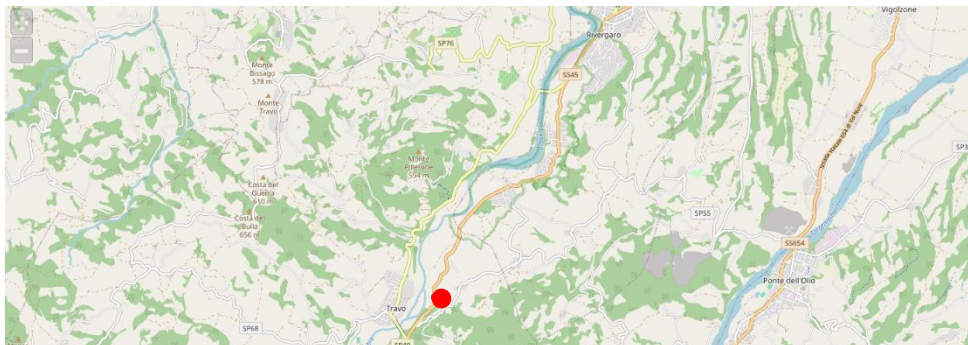


Figura 8.1: Individuazione del punto di monitoraggio n. 307.

Nel punto di osservazione è stato rilevato un TGM pari a 5068 veic/gg.

Tabella 19: Andamento annuale TGM postazione n. 307 (2008 – 2024).

Anno	TGM totale	TGM V. leggeri	% V. Leggeri	TGM V. pesanti	% V. Pesanti
2008	4471	4294	96,0	177	4,0
2009	5279	5051	95,7	228	4,3
2010	5231	5016	95,9	215	4,1
2011	5279	5072	96,1	206	3,9
2012	5173	4995	96,6	178	3,4
2013	5041	4872	96,7	169	3,4
2014	5000	4832	96,6	169	3,4
2015	5180	5006	96,6	174	3,4
2016	5271	5095	96,7	175	3,3
2017	5501	5332	96,9	168	3,1
2018	5408	5242	96,9	166	3,1
2019	5500	5330	96,9	170	3,1
2020	4745	4592	96,8	153	3,2
2021	5556	5375	96,7	182	3,3
2022	5766	5591	97,0	174	3,0
2023	5760	5602	97,3	158	2,8
2024	5068	4945	97,6	123	2,4

La percentuale di veicoli pesanti è circa pari al 2,4% ed è in decremento negli ultimi anni. Inoltre, dall'ultimo flussogramma, si nota una differenza della domanda di mobilità tra i giorni feriali e nel giorno festivo; il flusso veicolare durante i giorni festivi presenta valori circa 20% superiori a quelli rilevati nei giorni feriali.

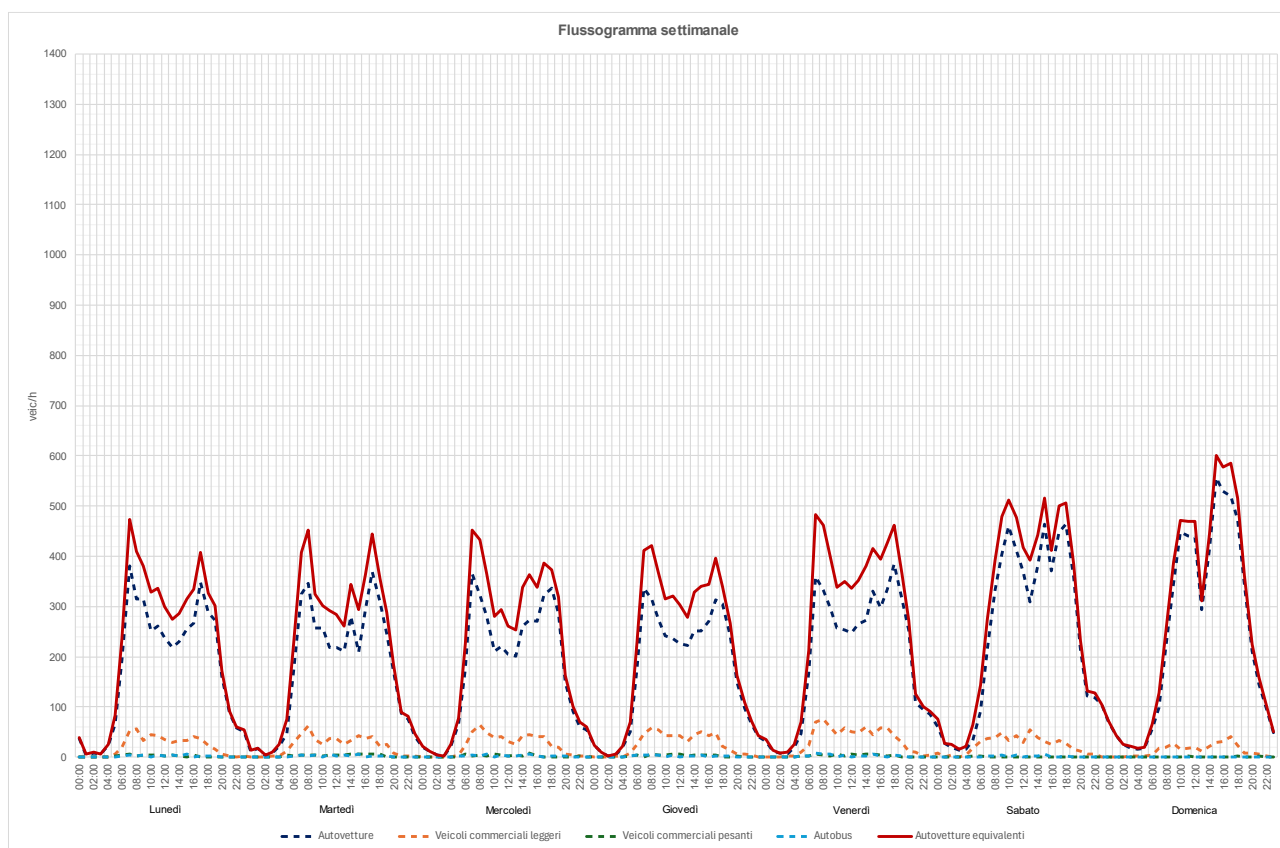


Figura 8.2: Flussogramma settimanale di aprile 2024 del punto di monitoraggio n. 307.

Per ulteriori dettagli sull'andamento del traffico sia della SS45 che della SP28, si rimanda allo specifico elaborato 2024\_042\_PF TRA RE 02\_A contenente *Relazione analisi del traffico*.

## 9 PAVIMENTAZIONE STRADALE

Per la realizzazione della nuova rotatoria posta a connessione della S.S. n. 645 e la S.P. n. 28, viene prevista una sovrastruttura composta da usura, binder, base e fondazione. I dati per il dimensionamento della sovrastruttura derivano dai dati raccolti dai punti di monitoraggio dalla regione Emilia-Romagna descritti nel capitolo precedente.

Per la scelta del pacchetto da utilizzare è stato effettuato un dimensionamento *ad hoc* attraverso la metodologia di verifica AASHTO utilizzata anche nel *Catalogo delle Pavimentazioni Stradali*, utilizzando cautelativamente i valori previsti lungo la strada statale.

Il metodo si basa sul concetto di attitudine al mantenimento nel tempo dell'adeguatezza del servizio (serviceability) attraverso l'elaborazione dell'indice PSI (Present Serviceability Index) sulla base di misure oggettive delle caratteristiche della pavimentazione come regolarità, presenza di fessure e riparazioni, ormaie.

### 9.1 S.S. N. 45

I dati di input presi in considerazione per il dimensionamento sono:

- Categoria stradale: C;
- TGM [veic/giorno]: 5800 (corrispondente al massimo flusso rilevato negli ultimi cinque anni)
- Veicoli commerciali [%]: 3,30 (corrispondente al massimo degli ultimi 5 anni);
- Giorni di traffico commerciale: 260;
- Vita utile della pavimentazione: 20 anni;
- Tasso di incremento annuo del traffico [%]: 5;
- CBR sottofondo: 9 pari ad un terreno composto da argilla limosa.

Il metodo AASHTO si sviluppa in 7 fasi:

- 1) Viene determinato il carico di traffico in termini di ESAL (Equivalent Single Axle Load) cioè in assi standard equivalenti da 80 kN. Per procedere al calcolo vengono utilizzati lo spettro di traffico suggerito dal *Catalogo nazionale delle pavimentazioni*, nel caso specifico quello per una strada di categoria C, ed i coefficienti di equivalenza di carico per asse.

Tabella 20: Spettro di traffico per una strada di categoria C.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C	0	0	58,8	29,4	0	5,9	0	2,8	0	0	0	0	0,2	0	0	2,9
C	Distribuzione dei carichi per asse in KN															
	10	15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	130			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	0	0	0	0	58,8	0	0	58,8	0	0	0	0	0			
4	0	0	0	0	0	29,4	0	0	0	0	29,4	0	0			
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	0	0	0	0	0	0	5,9	0	0	11,8	0	0	0			
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	8,4	0	0	0			
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0,6			
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16	0	0	0	0	0	2,9	0	2,9	0	0	0	0	0			
Totale	0	0	0	0	58,8	32,5	8,7	61,7	0	20,2	29,4	0,2	0,6			



Tabella 21: Coefficienti di equivalenza di carico per asse.

Carichi asse [KN]	$C_{eq}$ $(L/L_{ESAL})^4$
10	0,00024
20	0,00391
30	0,01978
40	0,06250
50	0,15259
60	0,31641
70	0,58618
80	1,00000
90	1,60181
100	2,44141
110	3,57446
120	5,06250
130	6,97290

Da quanto esposto è possibile calcolare il carico di traffico per asse  $ESAL_{passes}$ :

Tabella 22: Calcolo dei carichi per asse.

Carichi asse [KN]	10	15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	130	Totale
$C_{eq}=(L/L_{ESAL})^4$	0,0002	0,00208	0,0039	0,0198	0,063	0,15259	0,31641	1	1,6018	2,44141	3,57446	5,063	6,9729	
$ESAL_{passes}$	0	0	0	0	3,675	4,95918	2,75277	61,7	0	49,31648	105,08912	1,013	4,1837	232,688788

Successivamente si calcola il TGM commerciale, prima in termini di veicoli/giorno, poi lo si trasforma, mediante proporzione, in termini di ESAL/giorno:

$$TGM_{commerciale} = TGM \cdot \%veicoli\ commerciali = 184,00 \cdot \frac{veic}{giorno} = 445,3663\ ESAL/giorno$$

Ottenuto questo valore si può calcolare il traffico di progetto:

$$ESAL_d = \left( \frac{gg}{anno} \right)_{commerciale} \cdot TGM_{commerciale} \cdot v_c \cdot F \cdot C_e \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 1.914.440,1855$$

Essendo  $C_e$  la percentuale di veicoli commerciali per senso di marcia (0,5),  $r$  il tasso di incremento annuo del traffico e  $n$  la vita utile della pavimentazione.

2) Si calcola il modulo resiliente del sottofondo:

$$M_r = 1500 \cdot CBR = 13500\ psi$$

3) Viene scelto il grado di affidabilità del calcolo  $Z_R$ , che è il frattile della distribuzione normale standard, ed  $S_0$ , cioè la deviazione standard dello scarto fra durata effettiva e durata prevista della pavimentazione; i due termini caratterizzano la *Reliability* del metodo di calcolo con ipotesi di distribuzione normale delle variabili.

Con riferimento a  $Z_R$  viene utilizzata un'affidabilità del 95%, mentre, per quanto riguarda la deviazione standard, questa viene presa pari a 0,5.

Tabella 23: Grado di affidabilità.

Affidabilità (%)	$Z_R$
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,237
99,9	-3,090
99,99	-3,750

- 4) Si stabilisce il PSI (Present Serviceability Index) iniziale e finale sulla base di misure oggettive delle caratteristiche della pavimentazione (regolarità, presenza di fessure e riparazioni, profondità ormaie); dato che viene verificato un pacchetto di nuova realizzazione vengono presi rispettivamente i valori di 4,2 e 2,5.

Il margine di funzionalità disponibile è:

$$\Delta PSI = PSI_i - PSI_f = 1,7$$

- 5) Si ipotizza una tipologia di pavimentazione e si calcola lo Structural Number (SN) che rappresenta un indice che esprime la capacità strutturale della pavimentazione.

L'indice si determina in funzione dello spessore degli strati e della tipologia di materiale per ciascuno di essi:

$$SN = \sum_{i=1}^n m_i \cdot a_i \cdot h_i$$

dove  $n$  è il numero degli strati della pavimentazione,  $m_i$  è un coefficiente di drenaggio dello strato  $i$ -esimo,  $a_i$  è un coefficiente di struttura dello strato  $i$ -esimo ed  $h_i$  è lo spessore dello strato  $i$ -esimo. Ai fini del dimensionamento viene previsto l'utilizzo del seguente pacchetto di pavimentazione stradale:

- 4 cm di conglomerato bituminoso per lo strato di usura;
- 6 cm di conglomerato bituminoso per lo strato di binder;
- 15 cm di conglomerato bituminoso per lo strato di base;
- 20 cm di misto stabilizzato per lo strato di fondazione.

Tabella 24: Valori di  $a$  in funzione del materiale.

Materiale	Coefficiente $a$
Misto granulare	0,11
Misto granulare con frantumato	0,13 – 0,14
Misto bitumato	0,20 – 0,22
Conglomerato bituminoso per base	0,25 – 0,30
Misto cementato	0,25 – 0,30
Conglomerato bituminoso per collegamento	0,36 – 0,40
Conglomerato bituminoso per usura	0,40 – 0,44

Considerando un valore pari a 1 per  $m_i$  degli strati legati il valore di SN risulta:

$$SN = 9,49 \text{ cm} = 3,7391 \text{ in}$$

- 6) Viene calcolata la perdita di serviceability dovuta al traffico, cioè il numero di ESAL che la pavimentazione di progetto è in grado di sopportare, attraverso la seguente formulazione:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(M_R) - 8,07$$

dalla quale si ottiene un valore di:

$$ESAL_p = 3.491.778,9792$$

7) Analizzando i risultati:

$$ESAL_p = 3.491.778,98 > 1.914.440,19 = ESAL_d$$

la capacità portante della pavimentazione risulta essere ampiamente superiore del danno inflitto dal traffico nel corso della sua vita utile, perciò l'utilizzo di tale pacchetto, oltre a garantire durata e sicurezza, permette di resistere ad eventuali aumenti di traffico nel corso degli anni.

## 10 DISPOSITIVI DI RITENUTA

### 10.1 SCELTA PROGETTUALE DEI DISPOSITIVI

Al fine di garantire la sicurezza passiva degli utenti della strada, si prevede l'ubicazione di dispositivi di ritenuta stradali che rispettano le seguenti normative:

- europea: *UNI EN 1317 "Barriere di sicurezza stradali"* e successive modifiche ed integrazioni;
- normativa italiana:
  - *Circolare 11.07.1987 n. 2337* recante *"Provvedimenti per la sicurezza stradale. Barriere stradali. Specifica per l'impiego delle barriere in acciaio"*;
  - *D.M. 18.02.1992 n. 223* recante *"Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"*;
  - *D.M. 03.06.1998* recante *"Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione"*;
  - *D.M. 11.06.1999* recante *"Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"*;
  - *D.M. 21.06.2004 n. 2367* recante *"Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"*;
  - *Direttiva Ministeriale 25.08.2004 n. 3065* recante *"Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"*;
  - *Circolare 21.07.2010 n. 62032* recante *"Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"*;
  - *D.M. 28.06.2011* recante *"Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale"*.

#### 10.1.1 BARRIERE DI SICUREZZA

Le barriere di sicurezza possono essere installate:

- sul bordo laterale (esterno o interno);
- nello spartitraffico (ove presente);
- sulle opere d'arte (ponti, viadotti, etc.);
- a protezione di punti singolari, ove esistono elementi esterni potenzialmente pericolosi per il veicolo in svio o per i suoi occupanti.

Le barriere installate sul bordo laterale hanno la finalità di mitigare la pericolosità determinata dalla combinazione tra la pendenza della scarpata e il dislivello tra il piano stradale e il terreno naturale.

Le barriere installate nello spartitraffico sono impiegate dove è richiesta la separazione fisica dei flussi veicolari.

Le barriere installate su opere d'arte devono abbattere i pericoli derivanti dal superamento delle barriere da parte di veicoli in corrispondenza di forti dislivelli tra il piano viabile e il piano dell'elemento scavalcato.

Le barriere nei punti singolari costituiscono dispositivi di sicurezza opportunamente studiati e testati per la protezione di punti critici interni al margine stradale quali ostacoli frontali o laterali, cuspidi, pile di ponti, pali di illuminazione o esterni alla strada, ma potenzialmente pericolosi quali alberature, pali, edifici o manufatti rigidi in generale.



Le barriere stradali vengono suddivise in 13 livelli di contenimento accorpati in quattro gruppi:

- contenimento con angolo basso (livelli T1, T2 e T3);
- contenimento normale (livelli N1 e N2);
- contenimento più elevato (livelli H1, L1, H2, L2, H3 e L3);
- contenimento molto elevato (livelli H4a/b e L4a8b).

In funzione della quantità di traffico precedentemente analizzata ed espressa in termini di TGM, con un valore di 16000 veicoli/giorno, ed una percentuale di veicoli pesanti del 5,00%, è possibile determinare la tipologia di traffico da utilizzare nella progettazione dei dispositivi di ritenuta.

Tabella 25: Individuazione del tipo di traffico.

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 T
I	$\leq 1000$	Qualsiasi
I	$> 1000$	$\leq 5$
II	$> 1000$	$5 < N \leq 15$
III	$> 1000$	$> 15$

In questo caso, la tipologia di traffico è di tipo II e di conseguenza è richiesta l'installazione di barriere bordo laterale di classe H1. Per garantire una condizione di sicurezza superiore è prevista l'installazione di una barriera bordo laterale H2.

Tabella 26: Scelta della classe minima di contenimento.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte <sup>(1)</sup>
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 <sup>(2)</sup>	H2-H3 <sup>(2)</sup>	H3-H4 <sup>(2)</sup>
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
<sup>(1)</sup> Per ponti e viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale				
<sup>(2)</sup> La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.				

Le barriere di sicurezza sono soggette ad azioni esterne nel momento in cui un veicolo in svio le urta con una certa velocità e un certo angolo di impatto. Durante l'evento si verificano azioni che provocano trasferimenti di

energie sotto varie forme che coinvolgono il veicolo, la barriera e il suo supporto. L'entità di tali azioni dipende dalle condizioni in gioco e l'entità dell'evento può essere misurata mediante il rilievo delle deformazioni plastiche degli elementi coinvolti e lo spazio percorso dal veicolo dopo il primo impatto. Le differenze che contraddistinguono i veicoli leggeri da quelli pesanti e le conseguenze che questi hanno sull'evento incidentale, implicano che il progetto di una barriera di sicurezza costituisca un compito non facile dovendo, nello stesso tempo, rispondere alle esigenze di invalicabilità nel caso in cui a impattare sia un veicolo pesante oppure alle esigenze di deformabilità nel caso in cui sia un veicolo leggero.

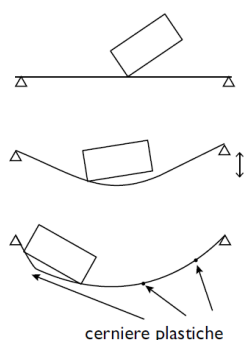


Figura 3: Schema di funzionamento delle barriere stradali installate su montanti.

Occorre dunque, che la barriera sia in grado di contenere i veicoli pesanti in maniera che non si abbia ribaltamento, scavalcamento o superamento per rottura e inoltre sia in grado di minimizzare la severità dell'urto dei veicoli leggeri.

Tra i parametri relativi agli spostamenti trasversali degli elementi della barriera e del veicolo si ricorda:

- la deflessione dinamica  $D_m$ : massimo spostamento dinamico trasversale del fronte del sistema di contenimento;
- la larghezza operativa  $W_m$ : distanza tra la posizione iniziale del fronte del sistema di contenimento e la massima posizione dinamica laterale di qualsiasi componente principale del sistema;

Tabella 27: Classe di larghezza operativa normalizzata.

Classi con larghezza operativa normalizzata	Livelli di larghezza operativa normalizzata
$W_1$	$W_m \leq 0,6 \text{ m}$
$W_2$	$W_m \leq 0,8 \text{ m}$
$W_3$	$W_m \leq 1,0 \text{ m}$
$W_4$	$W_m \leq 1,3 \text{ m}$
$W_5$	$W_m \leq 1,7 \text{ m}$
$W_6$	$W_m \leq 2,1 \text{ m}$
$W_7$	$W_m \leq 2,5 \text{ m}$
$W_8$	$W_m \leq 3,5 \text{ m}$

- l'intrusione del veicolo  $VI_m$ : distanza tra la posizione del fronte lato strada della barriera di sicurezza e la massima posizione dinamica laterale di qualsiasi componente principale del veicolo.

Tabella 28: Classe d'intrusione normalizzata.

Classi di intrusione veicolo normalizzati	Livelli di intrusione veicolo normalizzati
$I_1$	$VI_m \leq 0,6 \text{ m}$
$I_2$	$VI_m \leq 0,8 \text{ m}$
$I_3$	$VI_m \leq 1,0 \text{ m}$
$I_4$	$VI_m \leq 1,3 \text{ m}$
$I_5$	$VI_m \leq 1,7 \text{ m}$
$I_6$	$VI_m \leq 2,1 \text{ m}$
$I_7$	$VI_m \leq 2,5 \text{ m}$
$I_8$	$VI_m \leq 3,5 \text{ m}$
$I_9$	$VI_m > 3,5 \text{ m}$

I valori di questi parametri consentono di determinare le condizioni progettuali per l'installazione, nonché definire le distanze da mantenere dagli ostacoli per permettere al sistema di fornire prestazioni soddisfacenti.

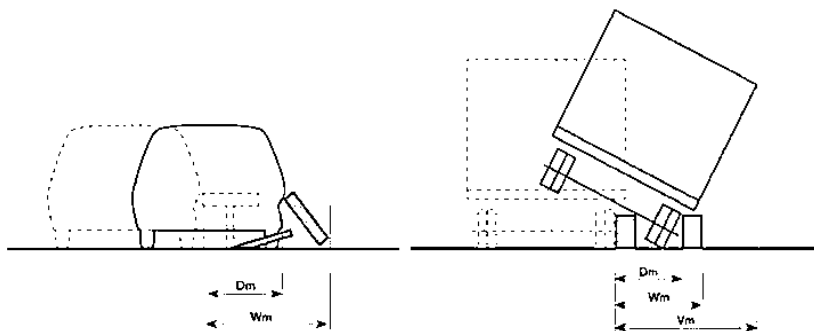


Figura 4: Schematizzazione della deflessione dinamica, della larghezza operativa e dell'intrusione del veicolo.

Le barriere tipo H2, secondo UNI EN 1317-2:2010, devono essere sottoposte a prova d'urto numero TB51 e TB11. La prova TB11 prevede il lancio di un'automobile di massa totale pari a 900 kg con una velocità di 100 km/h e con un angolo d'urto di 20 gradi. La prova TB51 prevede il lancio di un autobus di massa totale pari a 13'000 kg con una velocità di 70 km/h con un angolo d'urto di 20 gradi.

Per le automobili devono essere determinati gli indici di valutazione della severità dell'urto per l'occupante del veicolo: ASI (Acceleration Severity Index – livello di accelerazione subito dagli occupanti del veicolo, considerati seduti, con cinture di sicurezza) e THIV (Theoretical Head Impact Velocity – velocità teorica con cui la testa impatta su un'ipotetica superficie interna del veicolo alla fine del tempo di volo). In rapporto al valore dei parametri ASI e THIV si determina il livello di severità dell'urto.

Tabella 29: Livelli di severità dell'urto.

Livello di severità dell'urto	Indici	
A	$ASI \leq 1,0$	* $THIV \leq 33 \text{ km/h}$
B	$1,0 < ASI \leq 1,4$	
C	$1,4 < ASI \leq 1,9$	

\*Per quanto concerne il parametro *THIV* le norme prescrivono un valore massimo pari a 33 km/h per le barriere di sicurezza (UNI EN 1317-2) e 44 km/h per attenuatori e terminali (UNI EN 1317-3 e 4).

I sopracitati Decreti-legge prevedono la verifica dello spazio sub-orizzontale del margine esterno per le barriere Bordo Laterale (distanza tra il fronte della barriera esposto al traffico ed il vertice della scarpata) ovvero lo spazio necessario per garantire la stabilità del veicolo in svio deve essere almeno pari alla deflessione dinamica massima della barriera ridotta di 70 cm per le prove con veicoli pesanti.

Per effettuare tale verifica è necessario possedere la deflessione dinamica del sistema  $D_m$  ottenuta a seguito delle prove di crash test e differente per ciascuna barriera a seconda della casa produttrice; ai fini della scelta della barriera viene fatto riferimento alla larghezza operativa  $W_m$  (parametro assimilabile in fase preliminare), dunque si prevede l'utilizzo di una classe W4 o inferiore per la quale si ottiene:

$$L_{ciglio} = 1.3 - 0.7 = 0.6 \text{ m} < 0,75 \text{ m}$$

ampiamente soddisfatto dalle scelte progettuali in quanto viene prevista la realizzazione di un ciglio avente larghezza di 0,75 m.

Nonostante ciò, è necessario a seguito della scelta della barriera da parte dell'impresa costruttrice in accordo con la committenza, la verifica effettiva con i valori della deflessione dinamica ottenuti dalla certificazione della barriera stessa.

#### ▪ *Transizioni*

Le transizioni corrispondono ai punti in cui vi è il collegamento tra barriere di classe e tipologia differente. L'elemento di transizione deve essere in grado di consentire il trasferimento delle azioni tra i dispositivi connessi in modo da fornire una variazione graduale di rigidità nel passaggio dalla prima alla seconda tipologia di barriera. In rapporto al concetto per il quale le prestazioni dell'elemento devono essere intermedie tra quelle dei dispositivi connessi, la classe di contenimento di una transizione non deve essere più bassa della classe di contenimento inferiore né più elevata della classe di contenimento superiore delle barriere collegate.

#### ▪ *Terminali*

I terminali corrispondono alla sezione di estremità di una barriera longitudinale e queste sono sottoposte a prove d'urto onde evitare: la penetrazione di quest'ultima all'interno dell'abitacolo del veicolo, la generazione di deformazioni dell'involucro in cui si trovano gli occupanti del mezzo e la produzione di instabilità del veicolo.

I terminali possono essere di tipo semplice se le parti sono configurazioni di estremità che non sono state sottoposte a una validazione specifica ma che possono essere installate su strada poiché facenti parte del progetto originario della barriera longitudinale e applicate alla stessa durante le prove d'urto. Esempi di terminali semplici sono: "a manina", "a tubolare" o a lama inclinata e interrata.

I terminali possono anche essere di tipo speciale se le parti sono configurazioni di estremità che sono state opportunamente progettate e testate, mediante prove d'urto, per essere installate con continuità al termine della barriera longitudinale. Questi ultimi terminali aumentano le condizioni di sicurezza passiva dato che diminuiscono il rischio di lesioni per gli occupanti dei veicoli in caso di impatto.



I terminali speciali vengono testati secondo delle prove d'urto descritte nella UNI CEN/TS 1317-7:2023. Questi dispositivi si differenziano tra loro in rapporto alla velocità d'urto, alla massa del veicolo e alla metodologia di prova (angolo di impatto, offset dall'asse, distanza dal bordo, etc.). La nomenclatura della classe del terminale suggerisce la velocità con cui il terminale stesso viene testato.

Tabella 30: Classe degli attenuatori d'urto speciali secondo la UNI CEN/TS 1317-7:2023.

Categoria terminale	Categoria direzione
T50	UTA <sup>(1)</sup>
T80/3 <sup>(4)</sup>	UTA <sup>(1)</sup>
T80/2 <sup>(5)</sup>	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
T80/1	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
T80	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
T100/1 <sup>(6)</sup>	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
T100	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
T110/1 <sup>(7)</sup>	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
T110	UTA <sup>(1)</sup> , UTD <sup>(2)</sup> e BDT <sup>(3)</sup>
<sup>(1)</sup> terminale unidirezionale in testa <sup>(2)</sup> terminale unidirezionale in coda <sup>(3)</sup> terminale bi-direzionale <sup>(4)</sup> corrispondente al terminale di classe P1, secondo la ENV 1317-4:2001 <sup>(5)</sup> corrispondente al terminale di classe P2, secondo la ENV 1317-4:2001 <sup>(6)</sup> corrispondente al terminale di classe P3, secondo la ENV 1317-4:2001 <sup>(7)</sup> corrispondente al terminale di classe P4, secondo la ENV 1317-4:2001	

Il D.M. n. 2367/2004 determina la classe del terminale da installare in rapporto alla velocità imposta nel sito da proteggere.

Tabella 31: Indicazioni sulla scelta dei terminali.

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

▪ **Attenuatori d'urto**

Gli attenuatori d'urto sono dei dispositivi installati nei punti in cui si può verificarsi gravi lesioni agli occupanti del veicolo in svio. Tali dispositivi, diversamente dai terminali, sono dei sistemi di ritenuta indipendenti dalle barriere di sicurezza anche se vengono spesso installati assieme. L'attenuatore d'urto deve essere nella

condizione di attenuare la decelerazione del veicolo impattante in modo da diminuire l'impatto tra veicolo e dispositivo. Gli attenuatori d'urto si diversificano, come avviene per le barriere di sicurezza, in rapporto alla tipologia e alla classe di severità.

Gli attenuatori vengono definiti cinetici nel caso in cui gli elementi che lo costituiscono si possono comprimere longitudinalmente in modo da assorbire l'energia cinetica del veicolo mentre vengono definiti inerziali nel caso in cui si applica il principio della conservazione della quantità di moto per cui l'energia del veicolo viene trasferita al materiale di elevata massa presente nel dispositivo (acqua o sabbia).

Gli attenuatori possono essere redirettivi se nel caso di urto laterale sono in grado di reindirizzare il veicolo verso la sua traiettoria originaria agendo sugli organi di sospensione e di sterzo mentre possono essere non redirettivi se non sono in grado di controllare l'angolo di deviazione del veicolo.

Tabella 32: Classe degli attenuatori d'urto secondo la UNI EN 1317-3:2010.

Categoria d'urto	attenuatore
110	
100	
80	
50	

Il D.M. n. 2367/2004 determina la classe dell'attenuatore d'urto da installare in rapporto alla velocità imposta nel sito da proteggere.

Tabella 33: Indicazioni sulla scelta degli attenuatori d'urto.

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

## 10.2 INSERIMENTO DEI DISPOSITIVI NEL CONTESTO

Viene previsto l'inserimento delle barriere tipo H1 W3 BL per una lunghezza totale di 80 m. Le nuove barriere vengono installate tra il ramo di ingresso sulla S.P. n. 28 e di uscita della S.S. n. 45 Sud e tra la S.S. n. 45 Sud e la S.S. n. 45 Nord. Nei punti in cui di inizio e fine della barriera bordo laterale si posizionano terminali semplici interrati di avvio / fine a eccezione di quello sulla S.P. n. 28, dove si mette un terminale semplice a manina per la vicinanza all'attraversamento pedonale esistente.

Per l'ancoraggio delle barriere Bordo Laterale la lunghezza di infissione dei montanti deve essere tale da mantenere la rigidità prevista dal sistema a seguito delle prove di crash test ed il valore viene indicato dalla casa costruttrice scelta.

Siccome non è presente nessuna delle condizioni sopra elencati nel resto del progetto, non si ritiene necessaria l'installazione di nessun'altra barriera di sicurezza. In particolare, la scarpata tra la S.S. n. 45 Nord e la S.P. n. 28 è di 1:2, e la altezza massima è di 1,20 m, dentro i limiti previsti dalla normativa.

## 11 SEGNALETICA

Ai fini della sicurezza degli utenti viene prevista l'utilizzazione di una serie di segnali stradali, sia verticali che orizzontali, i quali fanno riferimento al seguente quadro normativo:

- D.Lgs. 30.04.1992 n. 285 recante “*Nuovo Codice della Strada*” (C.d.S.) e successive integrazioni;
- D.P.R. 16.12.1992 n. 495 recante “*Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo C.d.S.*” e successive integrazioni;
- Direttiva Ministero dei Lavori Pubblici del 24.10.2000 (sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del C.d.S. in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione).
- Direttiva Ministero dei Trasporti del 27.04.2006 (sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione).

In particolare, viene fatto riferimento al Titolo II “*Della costruzione e tutela delle strade*”, Capo II “*Organizzazione della circolazione e segnaletica stradale*” del D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 “*Nuovo Codice della Strada*”:

- Art. 37 “*Apposizione e manutenzione della segnaletica stradale*”;
- Art. 38 “*Segnaletica stradale*”;
- Art. 39 “*Segnali verticali*”;
- Art. 40 “*Segnali orizzontali*”;
- Art. 41 “*Segnali luminosi*”;
- Art. 42 “*Segnali complementari*”;
- Art. 43 “*Segnalazione degli agenti del traffico*”;
- Art. 44 “*Passaggi a livello*”;
- Art. 45 “*Uniformità segnaletica, mezzi di regolazione e controllo ed omologazioni*”.

Tutti i segnali previsti dal D.L. 30.04.1992 n. 285 sono soggetti ad omologazione del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, previo accertamento del grado di protezione e delle caratteristiche geometriche, fotometriche, cromatiche e di idoneità indicati nel D.P.R. 16.12.1992 n. 495 ed in specifiche Norme.

### 11.1 SEGNALETICA VERTICALE

La segnaletica verticale si esplica attraverso una serie di pannelli:

- segnali di pericolo: presenza di pericolo specifico e obbligo di comportamento adeguato;
- segnali di prescrizione: obblighi, divieti e limitazioni;
- segnali di indicazione: informazioni utili e/o necessarie per la guida.

La visibilità e la leggibilità della segnaletica verticale si realizza per effetto di un processo definito “meccanica della percezione” che si articola cronologicamente in:

- Individuazione: isolamento del segnale dallo sfondo:
  - analisi del rapporto superficie cartello/categoria strada;
  - la visione migliora quando il segnale si trova al centro del campo visivo (un segnale laterale implica un processo di focalizzazione più complesso e conseguente calo del livello di attenzione momentanea);

- il posizionamento deve avvenire valutando la possibilità di occupazione della sede stradale da parte del veicolo pesante (dimensioni/posizione);
- la posizione migliore è giudicata quella che vede il segnale a circa 1,5 m sulla destra della carreggiata ed a circa 2,4 m al di sopra di essa: in tal modo la lettura può avvenire senza alzare o voltare la testa rispetto all'asse ottimale di guida.
- Identificazione: riconoscimento della forma e dei colori del pannello legata direttamente al contrasto in radianza cioè il rapporto flusso luminoso emesso/rinviato per unità di superficie:
  - ore diurne: visuale d'insieme dell'ambiente – appropriate combinazioni cromatiche e opportuno dimensionamento;
  - ore notturne: illuminazione con l'impianto fari e retroriflessione;
  - il concetto del contrasto garantisce le situazioni migliori: in generale sfondi bianchi sono indicati per installazioni a lato carreggiata e sfondi verdi/blu per installazioni su portali.
- Lettura: discriminazione del messaggio che si desidera trasmettere:
  - i segnali devono contenere soltanto informazioni essenziali;
  - il contrasto tra sfondo e scritte deve essere 8:1 o 10:1;
  - altezza media dei caratteri in funzione della distanza di lettura:
    - di giorno: 2,5 cm/15 m;
    - di notte: 2,5 cm/12,8 m;
  - le migliori combinazioni risultano essere:
    - nero su giallo;
    - nero su bianco;
    - bianco su nero.
- Reazione: manovra effettuata in esito all'analisi mentale del messaggio:
  - tempo di lettura istantaneo stradale: si ipotizza di 1 s;
  - tempo di inizio lettura:
    - segnaletica di posizione: 5 s;
    - pre-segnaletica: 3 s.

L'efficacia della segnaletica verticale è tanto migliore quanto più lungo è l'intervallo di tempo concesso al conducente per reagire agli stimoli; quanto detto viene espresso dal processo di riconoscimento, il quale si distingue in due distanze:

- campo di leggibilità  $d_l$ : porzione di spazio che consente la lettura di quanto è scritto sul segnale verticale:

$$d_l = d_{l,max} - d_{l,min}$$

- $d_{l,max}$ : distanza a cui è possibile distinguere il messaggio;
- $d_{l,min}$ : distanza che permette di completare la lettura;
- distanza di avvistamento  $d_{avv}$ : spazio privo di ostacoli che deve essere garantito per la corretta visibilità del segnale relativa ad una determinata velocità di percorrenza:

$$d_{avv} = d_p + d_l + d_{at}$$

- $d_p$ : distanza di percezione;



- $d_l$ : campo di leggibilità;
- $d_{at}$ : distanza di attuazione del comportamento (avvistamento con comportamento sul posto) che risulta nulla nel caso di avvistamento in anticipo.

Nelle strade con più corsie sulla stessa carreggiata, la distanza di avvistamento viene valutata in corrispondenza dell'asse della corsia più penalizzata.

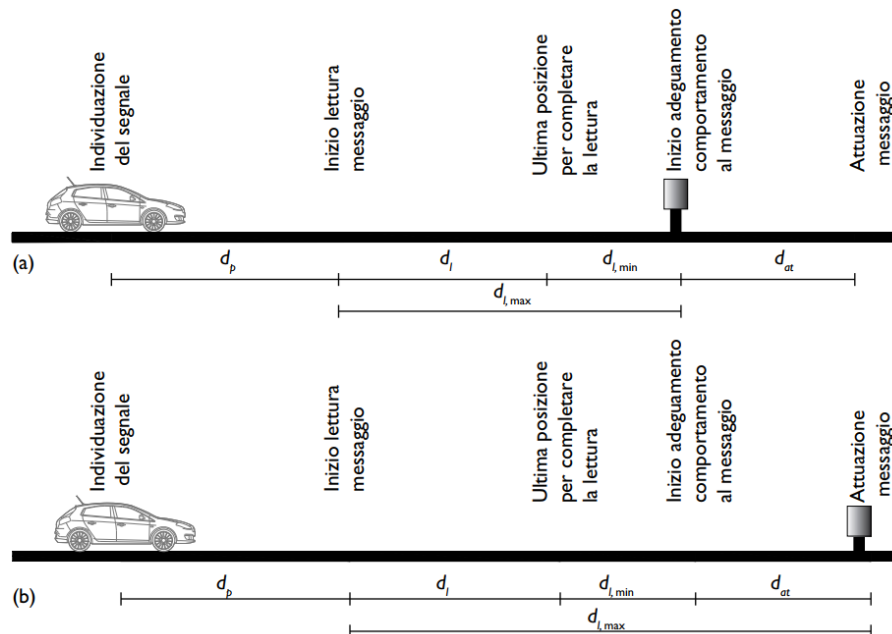


Figura 29: Processo di riconoscimento della segnaletica verticale

Secondo gli Artt. 79 e 81 del D.P.R. 16.12.1992 n. 495, per posizionamento plano-altimetrico dei segnali verticali, si deve verificare in ogni punto la sussistenza delle distanze di avvistamento e di ubicazione.

Categoria di strada	Minima distanza di avvistamento [m]	
	Segnali di pericolo	Segnali di prescrizione
Autostrade e strade extraurbane principali	150	250
Strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento (aventi velocità superiore a 50 km/h)	100	150
Altre strade	50	80

Figura 30: Distanze di avvistamento dei segnali verticali

Nel caso in cui non fosse possibile soddisfare i requisiti minimi sopra riportati è possibile utilizzare distanze inferiori purché il segnale sia adeguatamente preceduto da un altro identico, munito di idoneo pannello integrativo recante la distanza tra il segnale e il pericolo o la percezione. Anche per i segnali di indicazione la distanza di avvistamento minima a cui essi devono essere collocati è funzione della tipologia di informazione fornita e dalla velocità locale predominante. A seguire si riporta una tabella in cui sono riportate, a titolo di esempio, le prescrizioni suggerite dal CdS per i segnali di preavviso.

Velocità predominante [km/h]	Minima distanza di avvistamento [m]
130	250
110	200
90	170
70	140
50	100

Figura 11.1: Distanza di avvistamento minima per i segnali di indicazione del tipo "preavviso".

Sulla base di quanto sopra descritto:

- ogni segnale deve essere collocato in modo da ricadere in prossimità della zona centrale del campo visivo del conducente; in tal modo se ne favorisce la messa a fuoco e la lettura;
- ogni segnale deve poter essere compreso in tempo, anche se l'utente viaggia a una velocità pari a quella massima consentita in quel tratto di strada;
- i segnali non devono rappresentare ostacolo alla visibilità per i conducenti;
- la visibilità dei segnali non deve essere ostruita o ridotta da ostacoli naturali e non.

Si aggiunge che i segnali devono essere correttamente percepiti in ogni condizione di illuminazione ed esposizione ambientale. Inoltre, devono essere percepiti nel medesimo modo sia dal traffico diurno sia da quello notturno. La leggibilità diurna è garantita da apposite combinazioni cromatiche e un opportuno dimensionamento di scritte e simboli riportati sulla segnaletica mentre la leggibilità notturna viene garantita mediante l'utilizzo di dispositivi di illuminazione o di materiali rifrangenti. Le pellicole rifrangenti sembrano rappresentare la migliore soluzione per mitigare i fenomeni di abbagliamento connesso all'utilizzo di dispositivi di illuminazione.

Le pellicole rifrangenti possono essere:

- a microsfere incorporate (o di Classe 1), mediante l'utilizzo di un sistema bicomponente nel quale uno strato di microsfere di vetro è inglobato all'interno di una pellicola di plastica trasparente. Il rendimento fotometrico è incrementato da un sottile strato continuo di materiale retroriflettente posto a una distanza corrispondente al fuoco delle microsfere. Il protettivo trasparente determina un'alta durabilità del segnale.
- a microsfere incapsulate (o di Classe 2), mediante l'utilizzo di un singolo strato di microsfere di vetro ammassate in un supporto in resina. In questa tipologia il materiale riflettente riveste direttamente la superficie inferiore delle sfere. Dato che il protettivo trasparente non incorpora le microsfere ma è ancorato direttamente al supporto sottostante, esse presentano la superficie esposta a contatto diretto con l'aria: in tal modo si garantisce un maggior ingresso di luce.
- a microprismi, mediante l'utilizzo di prismi triedri trirettangoli opportunamente orientati e posti all'interno di uno strato di resina trasparente portante saldato su un apposito supporto. Tale progettazione consente di ottenere maggiori proprietà fotometriche rispetto alle precedenti tecnologie.

Per determinare le caratteristiche di retroriflessione ci si basa sul coefficiente di retroriflessione  $R_A$  che è direttamente correlato alle caratteristiche dei materiali utilizzati per realizzare le pellicole, alle condizioni globali di illuminazione e all'angolo di osservazione  $\alpha$ .

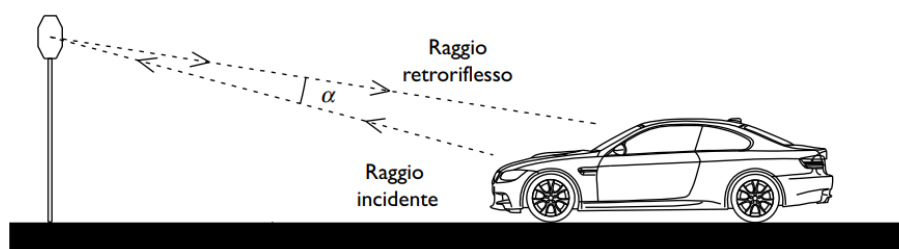


Figura 11.2: Angolo di osservazione  $\alpha$ .

La scelta del tipo di pellicola è connessa all'importanza del segnale e alle condizioni del sito. Il Regolamento del CdS impone l'utilizzo della pellicola di Classe 2 per i segnali di prescrizione quali dare precedenza, fermarsi e dare precedenza, dare precedenza a destra e divieto di sorpasso; nei casi restanti la scelta della pellicola è a discrezione dell'ente proprietario e/o progettista.

La forma, le dimensioni e i colori sono definiti negli artt. 78 e 80 del Regolamento del CdS e dipendono dalle categorie di strada e dalla tipologia di segnale. Con riferimento alla tipologia di strada si identifica, oltre al colore, la dimensione del segnale identificata come: grande, normale o piccola.

Categoria di strada	Colore	Tipologia	Forma prevalente	Colore
A	Verde	Pericolo Prescrizione (precedenze)	Triangolare	Bianco, blu, rosso, nero
B, C, F <sub>extraurbane</sub>	Blu	Prescrizione (obblighi) Prescrizione (divieti)	Circolare	Bianco, blu, rosso, nero
D, E, F <sub>urbane</sub>	Bianco	Indicazione	Quadrangolare, a freccia	Dipende dalla categoria di strada

Ubicazione	Dimensione
Strade extraurbane a 2 o più corsie per senso di marcia (lato destro) Strade urbane a 3 o più corsie per senso di marcia Installazione al di sopra della carreggiata	Grande
Altre tipologie di strada	Normale
Particolari condizioni di spazio disponibile	Piccola

Figura 11.3: Definizione della forma, del colore e delle dimensioni in rapporto alla tipologia di strada e del segnale.

Sulla base di quanto riportato nell'art. 81 del Regolamento del CdS, i segnali verticali vengono solitamente installati sul lato destro della strada ma, per motivi di sicurezza, possono essere riproposti in altre zone strategiche dell'infrastruttura (soprattutto nel caso di strade a carreggiata separata o a carreggiata unica con più corsie per senso di marcia).

A seguire si riassumono le indicazioni generali da adottare per l'installazione della segnaletica verticale:

- la distanza tra segnale e bordo esterno della banchina (o ciglio del marciapiede) è compresa tra 30 e 100 cm;
- la distanza minima tra elementi di sostegno verticale e bordo esterno della banchina (o ciglio del marciapiede) è pari a 50 cm;
- le distanze tra segnaletica e bordo esterno della carreggiata inferiori a quelle di sopra descritte sono permesse nel caso in cui sussistano limitazioni dello spazio disponibile ma il segnale non deve invadere la carreggiata (rimanere al massimo all'interno della banchina);

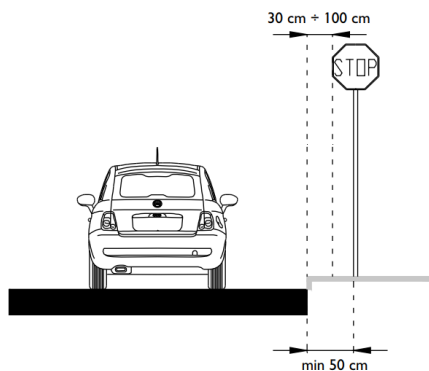


Figura 11.4: Franchi minimi per i segnali verticali laterali.

- l'altezza dei segnali laterali dal suolo (distanza tra il bordo inferiore del cartello e il piano orizzontale tangente al punto più alto della carreggiata in sezione) è relativa al soddisfacimento della lettura del segnale e deve essere compresa tra i 60 e i 220 cm (eccezione fatta per i segnali mobili);
- l'altezza, in ambito urbano, dei segnali laterali deve comunque rimanere al di sotto dei 450 cm;
- l'altezza dei segnali laterali posti sui marciapiedi o percorsi pedonali (eccezione delle lanterne semaforiche) deve essere almeno pari a 220 cm;

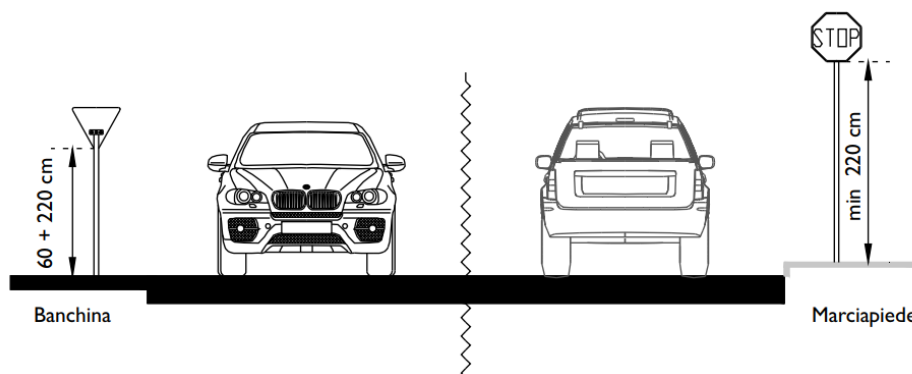


Figura 11.5: Altezze minime per i segnali verticali laterali.

- i segnali collocati al di sopra della carreggiata devono avere un'altezza minima pari a 5,10 m ed essere collocati con il centro in corrispondenza dell'asse della carreggiata ovvero dall'asse della corsia (nel caso di una sola corsia per senso di marcia);
- per facilitare il meccanismo di percezione del segnale è necessario inclinare il segnale di 3° verso la direzione di provenienza dei veicoli (evitare di installare i segnali ortogonali al moto dei veicoli) e tale inclinazione è da aggiustare nel caso in cui l'andamento del tracciato non sia pianeggiante (3° di inclinazione rispetto al vettore di direzione dei veicoli);



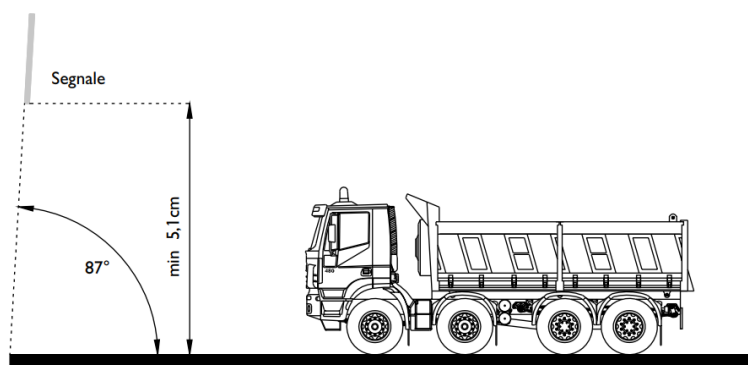


Figura 11.6: Collocazione dei segnali verticali al di sopra della carreggiata.

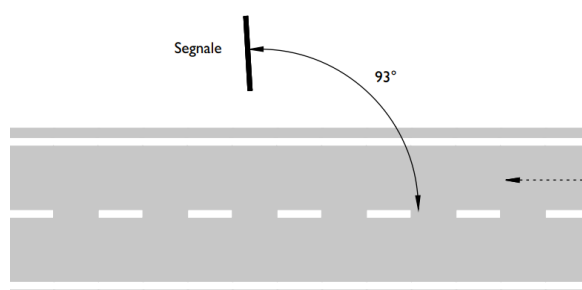


Figura 11.7: Collocazione dei segnali verticali in rettilineo.

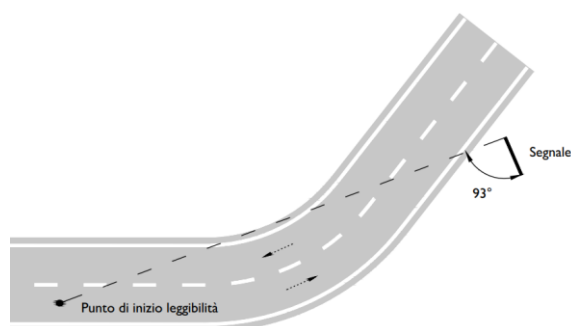


Figura 11.8: Collocazione dei segnali verticali lungo le curve sinistre.

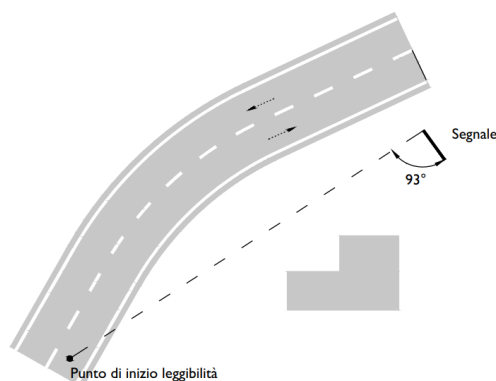


Figura 11.9: Collocazione dei segnali verticali lungo curve destre.

- per garantire l'uniformità dei segnali è opportuno, in tratte omogenee di strada, prevedere la medesima altezza per tutti i segnali verticali utilizzati;
- i segnali devono essere sostenuti da apposito elemento di sostegno che deve essere installato in modo tale da garantire la stabilità del segnale nel tempo;

## 11.2 SEGNALETICA ORIZZONTALE

Le linee ed i dispositivi orizzontali hanno la funzione di caratterizzare la strada, tracciare la guida dei percorsi, costituire in generale un riferimento. I segnali orizzontali consentono infatti di regolare, orientare e informare, nelle molteplici condizioni di guida (diurna, notturna, con pioggia e/o nebbia), le correnti veicolari senza che i conducenti distolgano lo sguardo dalla strada, permettendo loro di avere piena consapevolezza dello spazio adibito alla marcia del veicolo. Ciò è garantito utilizzando idonei materiali e colori che assicurino un adeguato contrasto tra la luminanza dei segnali orizzontali e quella della pavimentazione circostante e opportune proprietà retroriflettenti.

I principali segnali orizzontali si suddividono in:

- strisce longitudinali;
- strisce trasversali;
- attraversamenti pedonali e ciclabili;
- frecce direzionali;
- iscrizioni e simboli;
- strisce di delimitazione (degli spazi adibiti alla sosta e alla fermata);
- isole di traffico e presegnalamento (di eventuali ostacoli all'interno della carreggiata).

e sono principalmente di colore bianco (segnaletica orizzontale permanente) o giallo (segnaletica orizzontale temporanea).

La segnaletica orizzontale risulta obbligatoria per tutti i tipi di strada al di fuori di quelle locali in cui le condizioni di circolazione non le richiedono. La segnaletica può essere di tipo continuo o discontinuo ed inoltre avere una differente larghezza in rapporto alla tipologia di strada in cui si colloca.

La larghezza minima delle strisce longitudinali, al di fuori delle strisce di margine, viene riportata al seguito.

Tabella 34: Larghezza minima delle strisce longitudinali.

Categoria di strada	Larghezza minima linee di corsia (cm)	Larghezza minima linee di margine (cm)
A, B Autostrade e strade extraurbane principali	15	25
C, D, E Strade extraurbane secondarie, urbane di scorrimento ed urbane di quartiere	12	15
F Strade locali	10	12

La tipologia di strisce discontinue varia in rapporto all'ambito di applicazione e viene riportato nella seguente tabella. I tratti discontinui, nel caso di tratti in curva, possono presentare delle riduzioni degli intervalli sino ad arrivare alla condizione di striscia continua. Le strisce longitudinali devono essere parallele all'asse stradale a eccezione di quelle di raccordo, che possono presentare un'inclinazione rispetto a esso sino a un valore massimo del 5%.

Ambito di applicazione	Tratto [m]	Intervallo [m]
Separazione sensi di marcia e corsie ( $V_p > 110$ km/h)	4,5	7,5
Separazione sensi di marcia e corsie ( $50$ km/h $< V_p < 110$ km/h)	3,0	4,5
Separazione sensi di marcia e corsie ( $V_p \leq 50$ km/h o in galleria)	3,0	3,0
Preavviso di avvicinamento di una striscia continua	4,5	1,5
Delimitazione corsie di accelerazione e decelerazione	3,0	3,0
Strisce di margine, interruzione di linee continue	1,0	1,0
Strisce di guida sulle intersezioni	1,0	1,5
Strisce di separazione delle corsie reversibili	4,5	3,0

Figura 11.10: Lunghezza dei tratti e degli intervalli nelle strisce longitudinali discontinue.

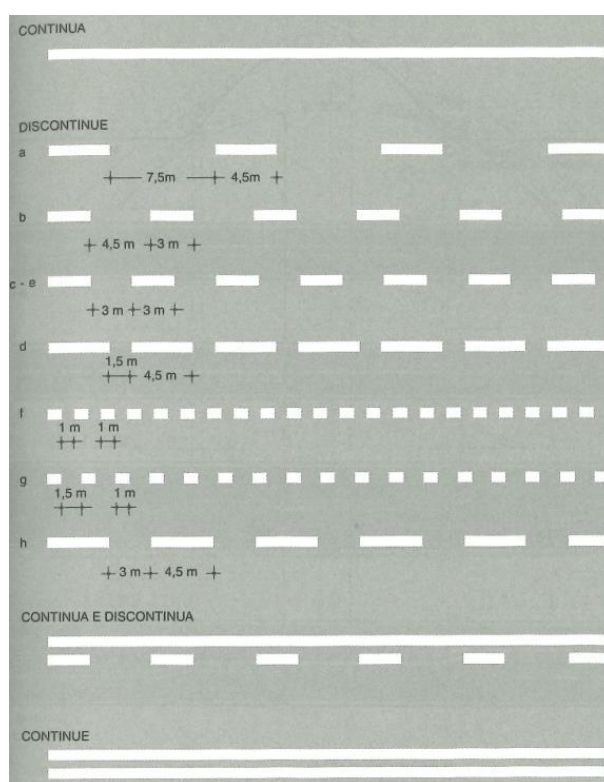


Figura 11.11: Strisce longitudinali riportati in Fig. II 415 art. 138 del Regolamento del CdS.

Le strisce trasversali o linee di arresto determinano il limite in cui è obbligatorio arrestare il veicolo (fermarsi e dare la precedenza) o verificare l'arresto del veicolo (dare la precedenza). Le strisce devono avere una larghezza minima di 50 cm e devono essere tracciate parallelamente all'asse della strada principale.

La restante segnaletica orizzontale viene specificata negli allegati al Titolo II del Regolamento del CdS. (artt. 139-152).

Come per la segnaletica verticale, la visibilità deve essere rispettata anche nella condizione notturna e questa dipende dal colore, dalle proprietà riflettenti e soprattutto dal fascio luminoso proiettato dai veicoli, dalle capacità visive dei conducenti, dall'intensità di traffico e dalle condizioni ambientali.

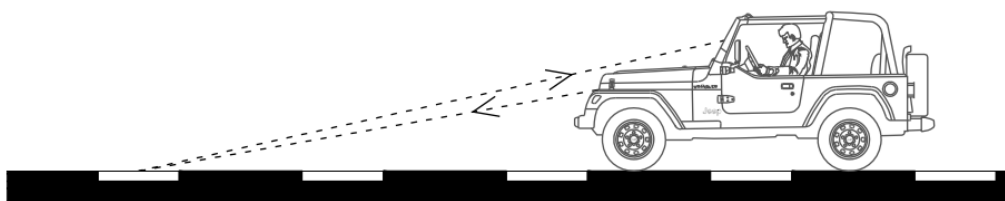


Figura 11.12: Metodologia di retroriflessione della segnaletica orizzontale.

Le caratteristiche di retroriflessione derivano dalla presenza di microsfere incorporate o post-spruzzate e l'efficacia dell'effetto di riflessione è in rapporto alla dimensione delle sfere, all'indice di rifrazione, alla trasparenza e alla rotondità e alla percentuale di affondamento nella matrice legante. Oltre alle caratteristiche intrinseche della segnaletica la retroriflessione dipende anche dallo stato della pavimentazione su cui posa.

I parametri utilizzati per caratterizzare la retroriflessione sono il coefficiente di luminanza in condizioni d'illuminazione diffusa e il coefficiente di luminanza retroriflessa.

I materiali compositivi della segnaletica stradale possono essere pitture, materiali termoindurenti, materiali termoplastici, preformati e metilmetacrilato (MMA). I materiali differiscono in merito alla metodologia di applicazione, alla temperatura della pavimentazione, alla destinazione d'uso principale, allo spessore tipico, ai principali vantaggi e prestazioni e alla vita utile prevedibile.

La segnaletica orizzontale dipende dalle caratteristiche superficiali della pavimentazione che influenza il grado di adesione, dall'intensità di traffico circolante al di sopra di essa e dalle condizioni ambientali del luogo. Tali caratteristiche influenzano direttamente la durabilità della segnaletica stradale.

Padova, 07/02/2025

**IL PROGETTISTA**

Ing. Andrea De Pin