

# AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: NUOVO SVINCOLO DI PONTE

RIZZOLI - DIRAMAZIONE RAVENNA

## AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA

### PROGETTO ESECUTIVO

#### INTERVENTI SUL TERRITORIO

#### PARTE GENERALE

Relazione tecnica viabilità locali

#### IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola  
Ord. Ingg. Milano N. A26796  
Responsabile Strade e Arredi Stradali

#### IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Federica Ferrari  
Ord. Ingg. Milano N. A21082

#### IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza  
Ord. Ingg. Pavia N. 1496  
Progettazione Nuove Opere Autostradali

#### CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO										RIFERIMENTO DIRETTORIO		RIFERIMENTO ELABORATO		Ordinatore <b>1</b>
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS	PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo	Rev.				
111447	LL00	PE	IT	GEN	00000	00000	R	STD	1250	1	SCALA -			

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082						n.	data
							0	NOVEMBRE 2017
							1	GENNAIO 2018
REDATTO:			VERIFICATO:					

#### VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Antonio Procopio

#### VISTO DEL CONCEDENTE



**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

# Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI</b> .....	<b>4</b>
2.1	CRITERI PER LE VERIFICHE DI RISPONDENZA AL D.M. 05/11/2001 .....	5
2.1.1	<i>Verifica delle caratteristiche planimetriche</i> .....	5
2.1.2	<i>Verifica delle caratteristiche altimetriche</i> .....	8
2.1.3	<i>Verifiche di visibilità</i> .....	10
2.2	CRITERI PER LE VERIFICHE DI RISPONDENZA AL D.M. 19/04/2006 – INTERSEZIONI A ROTATORIA.....	11
2.3	CRITERI FUNZIONALI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA .....	12
<b>3</b>	<b>IL PROGETTO STRADALE</b> .....	<b>13</b>
3.1	NUOVA INTERSEZIONE SVINCOLO DI CASTEL SAN PIETRO E SP19 .....	13
3.2	NUOVA INTERSEZIONE SVINCOLO DI TOSCANELLA DI DOZZA E SP30 .....	15
3.3	NUOVA INTERSEZIONE SVINCOLO DI SOLAROLO E SP47 .....	16
3.4	SEZIONI TIPO.....	18
3.4.1	<i>Viabilità</i> .....	18
3.4.2	<i>Rotatorie</i> .....	19
3.4.3	<i>Rami di ingresso/uscita rotatoria</i> .....	20
<b>4</b>	<b>VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>22</b>
4.1	ANDAMENTO PLANO-ALTIMETRICO DI PROGETTO E VERIFICHE DI RISPONDENZA AD DM 6792 DEL 05.11.2001 ED AL D.M. 19/04/2006 .....	22
4.1.1	<i>Intersezione Castel San Pietro</i> .....	22
4.1.2	<i>Intersezione Toscanella di Dozza</i> .....	23
4.1.3	<i>Intersezione Solarolo</i> .....	24
4.1.4	<i>Distanze di visibilità per l'arresto</i> .....	25
4.1.5	<i>Caratteristiche geometriche delle intersezioni a rotatoria</i> .....	25
4.1.6	<i>Analisi di visibilità delle intersezioni a rotatoria</i> .....	28
4.2	VERIFICHE FUNZIONALI DELLE ROTATORIE.....	30
4.2.1	<i>Intersezione Castel San Pietro</i> .....	30
4.2.2	<i>Intersezione Toscanella di Dozza</i> .....	32
4.2.3	<i>Intersezione Solarolo</i> .....	33

## Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1-1:	INQUADRAMENTO NUOVA ROTATORIA SVINCOLO CASTEL SAN PIETRO - SP19 .....	2
FIGURA 1-2:	INQUADRAMENTO NUOVA ROTATORIA SVINCOLO DI TOSCANELLA - SP30 .....	3
FIGURA 1-3:	INQUADRAMENTO NUOVA ROTATORIA SVINCOLO DI SOLAROLO - SP47 .....	4
FIGURA 2-1:	ABACO DI KOPPEL (DM 05/11/01). .....	6
FIGURA 2-2:	SVILUPPO MINIMO DEI RETTIFILI. ....	6
FIGURA 2-3:	COEFFICIENTI DI ADERENZA LONGITUDINALE. ....	10
FIGURA 2-4:	ABACO PER IL CALCOLO DELLE DISTANZE DI ARRESTO PER LE ALTRE STRADE (NON AUTOSTRADE).....	11
FIGURA 2-5:	LARGHEZZE DEGLI ELEMENTI MODULARI DELLE ROTATORIE. ....	12
FIGURA 2-6:	ELEMENTI DI PROGETTO E TIPIZZAZIONE DELLE ROTATORIE. ....	12
FIGURA 3-1:	INQUADRAMENTO ROTATORIA CASTEL SAN PIETRO .....	14
FIGURA 3-2:	PLANIMETRIA DI PROGETTO INTERSEZIONE SVINCOLO CASTEL SAN PIETRO. ....	15
FIGURA 3-3:	INQUADRAMENTO ROTATORIA TOSCANELLA DI DOZZA .....	15
FIGURA 3-4:	PLANIMETRIA DI PROGETTO INTERSEZIONE SVINCOLO TOSCANELLA DI DOZZA. ....	16
FIGURA 3-5:	INQUADRAMENTO ROTATORIA DI SOLAROLO .....	16

FIGURA 3-6: PLANIMETRIA DI PROGETTO INTERSEZIONE SVINCOLO DI SOLAROLO.....	17
FIGURA 3-7: ESEMPIO DI SEZIONE TRASVERSALE TIPICA SP19.....	19
FIGURA 3-8: SEZIONE TRASVERSALE TIPICA STRADA VICINALE. ....	19
FIGURA 3-9: ESEMPIO DI SEZIONE TRASVERSALE TIPICA DI ROTATORIA. ....	20
FIGURA 3-10: ESEMPIO DI SEZIONE TRASVERSALE TIPICA INGRESSO/USCITA IN ROTATORIA. ....	21
FIGURA 3-11: CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE RAMO 7. ....	23
FIGURA 3-12: CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE RAMO 7.....	23
FIGURA 3-13: CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE STRADA VICINALE .....	23
FIGURA 3-14: CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE STRADA VICINALE. ....	23
FIGURA 3-15: CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE STRADA CASELLANTI .....	24
FIGURA 3-16: CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE STRADA CASELLANTI .....	24
FIGURA 3-17: CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE VIABILITÀ CASELLANTI .....	25
FIGURA 3-18: CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE VIABILITÀ CASELLANTI .....	25
FIGURA 3-19: ELEMENTI GEOMETRICI DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA. ....	25
FIGURA 3-20: RIEPILOGO DEGLI ELEMENTI GEOMETRICI DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA IN PROGETTO. ....	26
FIGURA 3-21: ANGOLI DI DEVIAZIONE ROTATORIA CASTEL SAN PIETRO. ....	27
FIGURA 3-22: ANGOLI DI DEVIAZIONE ROTATORIA TOSCANELLA DI DOZZA. ....	27
FIGURA 3-23: ANGOLI DI DEVIAZIONE ROTATORIA SOLAROLO.....	28
FIGURA 3-24: CAMPI DI VISIBILITÀ PER LA ROTATORIA CASTEL SAN PIETRO. ....	28
FIGURA 3-25: CAMPI DI VISIBILITÀ PER LA ROTATORIA TOSCANELLA DI DOZZA. ....	29
FIGURA 3-26: CAMPI DI VISIBILITÀ PER LA ROTATORIA SOLAROLO.....	29

## 1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito del Progetto Esecutivo per l'Ampliamento alla 4a corsia dell'Autostrada A14 Bologna-Bari-Taranto, nel tratto Ponte Rizzoli – Diramazione Ravenna.

All'interno dello stesso ambito sono previsti interventi di sistemazione della viabilità locale, in particolare relative alle seguenti intersezioni:

### 1. Nuova Intersezione Svincolo di Castel San Pietro e SP19.

L'intervento prevede la riorganizzazione in rotonda dell'intersezione tra l'accesso all'autostrada e la SP19; l'intersezione si presenta, allo stato di fatto, come un incrocio a "T" e, pertanto, il progetto ne migliora la sicurezza, trasformando le svolte a sinistra in svolte a destra.



Figura 1-1: Inquadramento nuova rotonda svincolo Castel San Pietro - SP19

### 2. Nuova Intersezione Svincolo di Toscanella di Dozza e SP30.

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova rotonda che connette l'accesso autostradale del nuovo svincolo di Toscanella di Dozza alla viabilità locale (SP 30) di accesso al comune di Dozza.



Figura 1-2: Inquadramento nuova rotatoria svincolo di Toscanella - SP30

**3. Nuova Intersezione Svincolo di Solarolo e SP47.**

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova rotatoria che connette l'accesso autostradale del nuovo svincolo di Solarolo e la viabilità locale SP 47 "Strada Provinciale Castelnuovo Pilastrino".

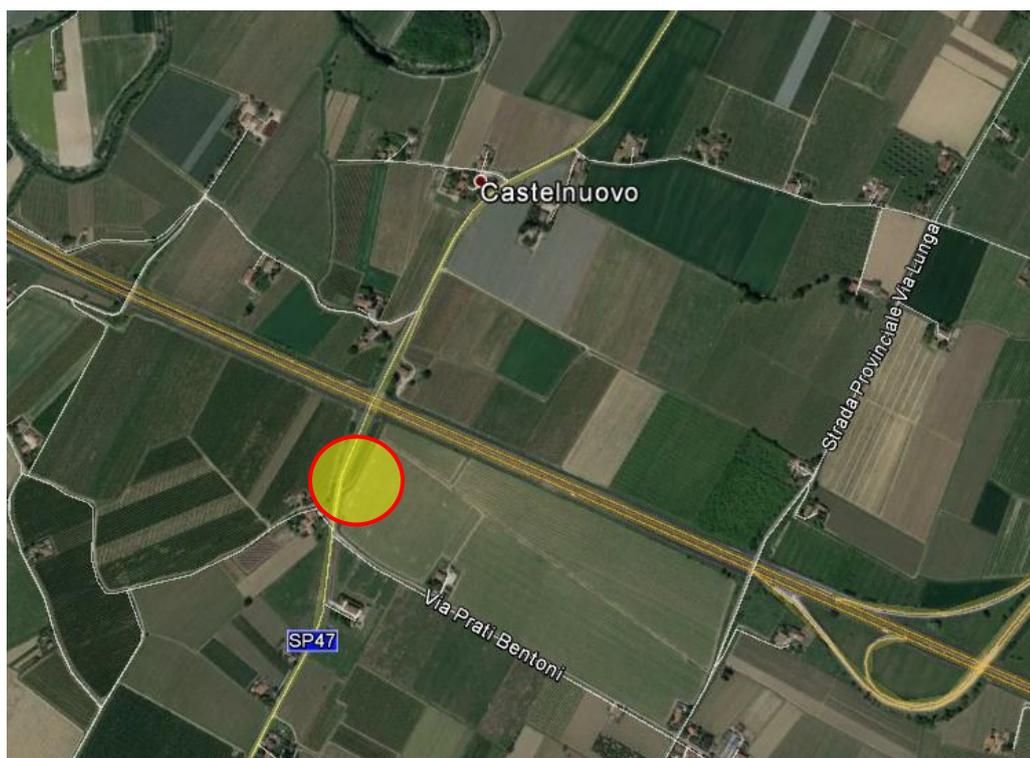


Figura 1-3: Inquadramento nuova rotonda svincolo di Solarolo - SP47

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture in progetto sono:

- D.Lgs. 30/04/92, n. 285 e s.m.i.: “Nuovo Codice della Strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e s.m.i.: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada”;

- D.M. 05/11/01, n. 6792 e s.m.i.: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di strade esistenti secondo il D.M. 22-04-04).
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di intersezioni esistenti).
- D.M. 18/02/92, n. 223: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza", così come recentemente aggiornato dal D.M. 21/06/04: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza".

Nel seguito sono descritte le caratteristiche stradali del progetto e illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza del tracciato con le indicazioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 05/11/2001, prot. 6792) e nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 19/04/2006) per quanto riguarda le intersezioni stradali. Tali normative sono cogenti per tutte le opere di nuova realizzazione.

Con l'emanazione del DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" (DM del 5.11.2001, prot. 6792), in attesa dell'emanazione di uno specifico decreto, i progetti di adeguamento delle strade esistenti assumono come riferimento normativo non cogente il DM 5.11.2001.

Tutti gli assi relativi agli interventi in oggetto sono stati inquadrati secondo la classificazione prevista dal Codice della Strada, come meglio descritto in seguito.

## 2.1 CRITERI PER LE VERIFICHE DI RISPONDEZZA AL D.M. 05/11/2001

### 2.1.1 Verifica delle caratteristiche planimetriche

La verifica delle caratteristiche planimetriche è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche:*

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM2001 che risulta:

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO C
- pari a 19 metri nel caso di strade urbane locali TIPO F

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

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

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

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

La verifica è stata eseguita solo nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo facendo riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato nella figura seguente, trattandosi di strade di tipo C e F è possibile utilizzare per detto rapporto la "zona buona" e la "zona accettabile".

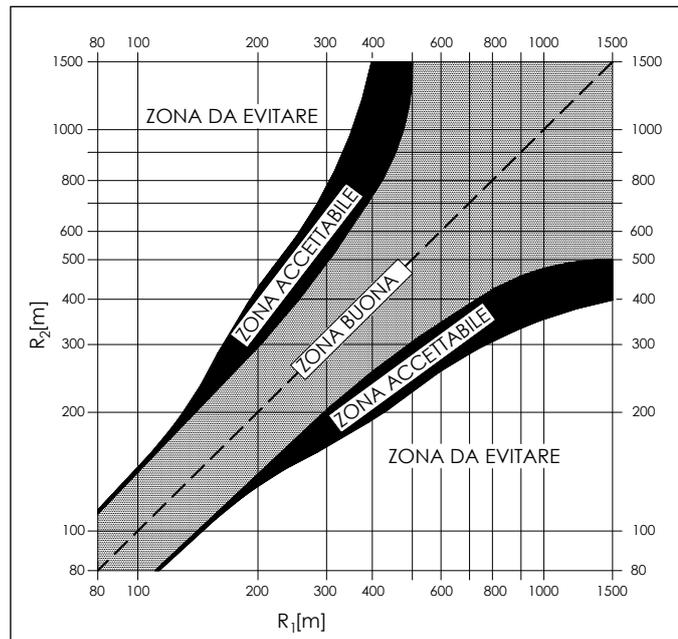


Figura 2-1: abaco di Koppel (DM 05/11/01).

(d) Lunghezza massima dei rettifili:

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

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

(e) Lunghezza minima dei rettifili.

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

Figura 2-2: sviluppo minimo dei rettifili.

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

(f) Congruenza del diagramma delle velocità.

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

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM2001 e di seguito riportato.

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

- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(g) Lunghezza minima delle curve circolari.

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

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

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

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

- Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

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

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

dove:

- c = contraccolpo;

- v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;

-  $q_i$  = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;

-  $q_f$  = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;

- g = accelerazione di gravità.

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

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

Il DM2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di  $A_{min}$  diventa, in questo caso:

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

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

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

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

dove:

▪  $B_i$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;

▪  $\Delta i_{\max}$  (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano  $B_i$  dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;

▪  $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$  dove  $i_{ci}$  = pendenza trasversale iniziale

▪  $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$  con  $i_{cf}$  = pendenza trasversale finale

▪  $|q_i + q_f|$  è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

- Criterio 3 (Ottico)

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

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

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

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto  $A_E/A_U$  delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto  $A_1/A_2$  tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal DM2001:

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

### 2.1.2 Verifica delle caratteristiche altimetriche

La verifica delle caratteristiche altimetriche è stata eseguita, secondo la normativa di riferimento, controllando le seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per i diversi tipi di strada presenti negli interventi in oggetto è:

- pari al 10% nel caso di strade extraurbane locali TIPO F
- pari al 7% nel caso di strade extraurbane secondarie TIPO C

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

(j) *Raccordi verticali convessi*

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

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

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

- se invece D > L

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

dove:

$R_v$  = raggio del raccordo verticale convesso [m]

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

$\Delta i$  = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

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

$h_2$  = altezza dell'ostacolo [m]

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

(k) *Raccordi verticali concavi*

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

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

- se invece D > L

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

dove:

$R_v$  = raggio del raccordo verticale concavo [m]

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

$\Delta i$  = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

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

$\vartheta$  = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

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

### 2.1.3 Verifiche di visibilità

La verifica di rispondenza al DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura, secondo cui, infatti, l'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione per la sicurezza della circolazione.

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

E' stata quindi analizzata la visibilità per l'arresto, pari allo spazio minimo necessario perché un veicolo possa essere arrestato in condizioni di sicurezza davanti ad un ostacolo fisso; La verifica della distanza di visibilità per il sorpasso è stata, invece, considerata trascurabile dato il limitato sviluppo degli assi stradali oggetto del presente progetto.

Secondo quanto prescritto dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, con la distanza di visibilità per l'arresto, calcolata in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale). Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.

Nelle verifiche la posizione del conducente e dell'ostacolo è posta al centro della corsia con altezza rispettivamente di 1.10m e 0.10 m dal piano viabile.

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal DM2001 per tutti i tipi di strade escluse le autostrade e riportato nella tabelle seguente:

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f <sub>l</sub> Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Figura 2-3: coefficienti di aderenza longitudinale.

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 5 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

dove:

D1 = spazio percorso nel tempo  $\tau$

D2 = spazio di frenatura

V0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]

V1 = velocità finale del veicolo, in cui V1 = 0 in caso di arresto [km/h]

i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

$\tau$  = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g = accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]

Ra = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [kg]

f<sub>l</sub> = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

r0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

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

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

Il DM2001 definisce degli abachi di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante per le autostrade e per le altre categorie. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.

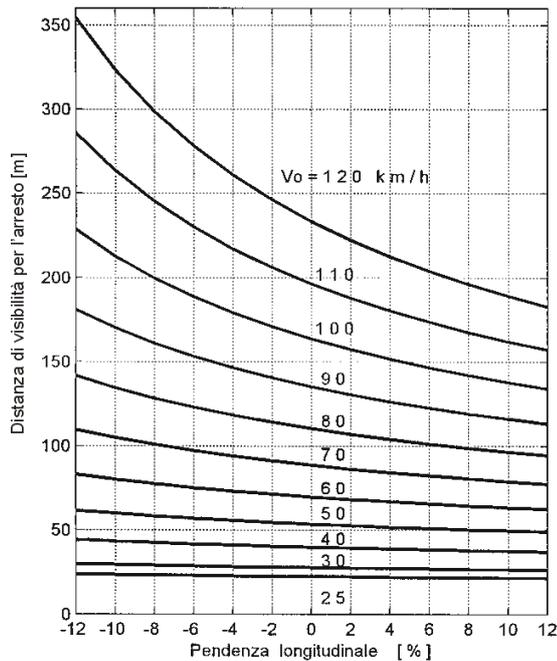


Figura 2-4: Abaco per il calcolo delle distanze di arresto per le altre strade (non autostrade)

## 2.2 CRITERI PER LE VERIFICHE DI RISPONDENZA AL D.M. 19/04/2006 – INTERSEZIONI A ROTATORIA

La progettazione delle intersezioni è stata condotta con particolare riferimento alla geometria degli elementi modulari nelle intersezioni a rotatoria.

Le rotatorie vengono distinte normativamente in funzione del diametro della circonferenza esterna in:

- 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 24 m.

Le sezioni tipologiche adottate in progetto rappresentano la sintesi delle indicazioni contenute nella Tabella 6 del paragrafo 4.5.2 del D.M. 19/04/2006 che fornisce le indicazioni riportate nella seguente tabella:

Larghezza elementi modulari rotatorie		
elemento modulare	Diametro esterno rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
	≥ 40	6.00

Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	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	≥ 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
	≥ 25	4.50

(\*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia (\*\*) organizzatati al massimo su due corsie

Figura 2-5: Larghezze degli elementi modulari delle rotatorie.

La geometria delle rotatorie è stata definita prestando particolare attenzione alla deviazione delle traiettorie in attraversamento al nodo. Tale valutazione è stata condotta valutando, per ciascun braccio di immissione, il valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  (vedi figura seguente) per il quale la norma raccomanda un valore di almeno 45°.

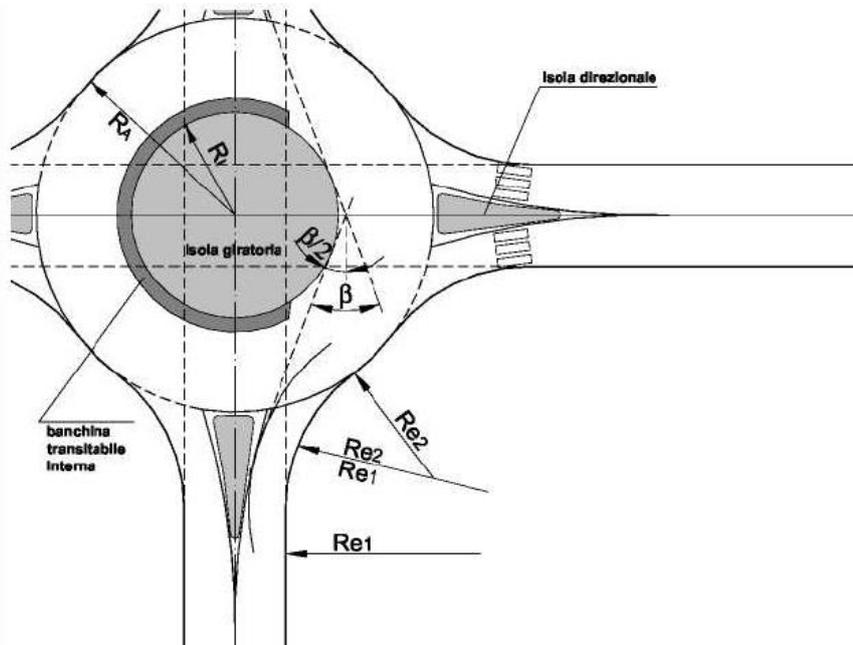


Figura 2-6: elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie.

### 2.3 CRITERI FUNZIONALI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA

Il Livello di Servizio (LOS Level of Service LOS) nell'ora di punta mattutina 8:00 – 9:00 del giorno feriale medio del periodo neutro, è stato calcolato secondo la metodologia proposta dal Setra (Service d'études technique des routes et autoroutes "The design of interurban intersections on major roads" Dicembre 1998) per le rotatorie in ambito extraurbano (tale metodo fornisce l'indicazione del LOS – vedi Tabella seguente).

Ritardo medio per veicolo	LOS Extraurbane
$D \leq 10$	A
$10 > D \leq 15$	B
$15 > D \leq 25$	C
$25 > D \leq 35$	D
$35 > D \leq 50$	E
$D > 50$	F

Per le verifiche funzionali delle rotatorie si è fatto riferimento al DM 6792 del 05/11/2001 e al DM 19/04/2006. La verifica funzionale è stata ritenuta soddisfatta in presenza di un LOS migliore o uguale a **LOS B** in quanto si tratta di rotatorie di svincolo.

La verifica ha riguardato l'ora di punta mattutina 8:00 – 9:00 del giorno feriale medio del periodo neutro. L'orizzonte temporale scelto come riferimento è stato, come prassi consolidata, l'anno di entrata in esercizio delle opere e cioè il 2025.

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

SCENARIO PROGETTUALE 2025 OdP 8-9 Giorno feriale medio del periodo neutro (escluso agosto)		
DESCRIZIONE	LOS rotatoria	Risultato verifica
Rotatoria Sv. Castel S. Pietro	A	OK
Rotatoria Sv. Solarolo	A	OK
Rotatoria Sv. Toscanella	A	OK

Le schede di calcolo possono essere visionate in seguito e nell'elaborato "Studio di Traffico".

### 3 IL PROGETTO STRADALE

Il progetto di ampliamento alla quarta corsia della A14 nel tratto ponte Rizzoli – Ravenna prevede, come già introdotto in Premessa, anche la risoluzione di alcune interferenze con la viabilità locale, come di seguito descritto nei dettagli.

#### 3.1 NUOVA INTERSEZIONE SVINCOLO DI CASTEL SAN PIETRO E SP19

Si prevede, in corrispondenza dello svincolo di Castel San Pietro, la riorganizzazione in rotatoria dell'intersezione tra il casello e la SP19, strada di categoria extraurbana C1 secondo l'inquadramento della normativa.

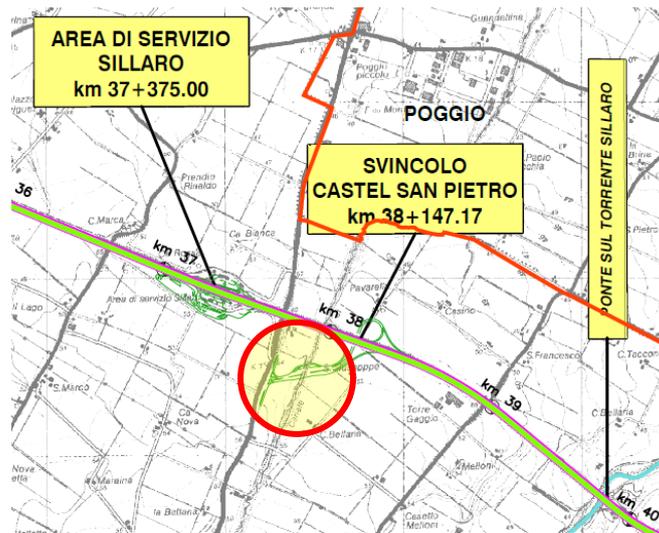


Figura 3-1: Inquadramento rotonda Castel San Pietro

La nuova rotonda sarà a 4 bracci e di diametro esterno pari a 50 m e, con la sua realizzazione sono previste anche le seguenti sistemazioni:

- Innesto tra la rotonda e l'attuale piazzale del casello di Castel San Pietro;
- Riprofilatura del tratto di SP19 in direzione nord e realizzazione dell'innesto in rotonda;
- Riprofilatura del tratto di SP19 in direzione sud e realizzazione dell'innesto in rotonda;
- Rampa di svolta a destra diretta tra la SP19 e il casello autostradale, per bypassare la rotonda;
- Rampa di svolta a destra diretta in uscita dalla barriera autostradale in direzione SP19 nord;
- Deviazione plano-altimetrica di una strada vicinale ed immissione in rotonda.



La nuova intersezione prevede, anche in questo caso, la realizzazione di una rotonda a 4 bracci di diametro esterno pari a 50 m. Oltre alla rotonda è prevista la realizzazione degli innesti di ingresso/uscita sulla SP30, il collegamento con il nuovo piazzale autostradale e la realizzazione di un nuovo ramo che servirà da strada di servizio per il casello autostradale.



Figura 3-4: Planimetria di progetto Intersezione Svincolo Toscanella di Dozza.

### 3.3 NUOVA INTERSEZIONE SVINCOLO DI SOLAROLO E SP47

Infine, anche in corrispondenza del nuovo svincolo di Solarolo, è prevista la realizzazione di una nuova intersezione per collegare lo svincolo alla viabilità locale, in particolare alla SP47, strada di categoria F2 secondo il DM2001.

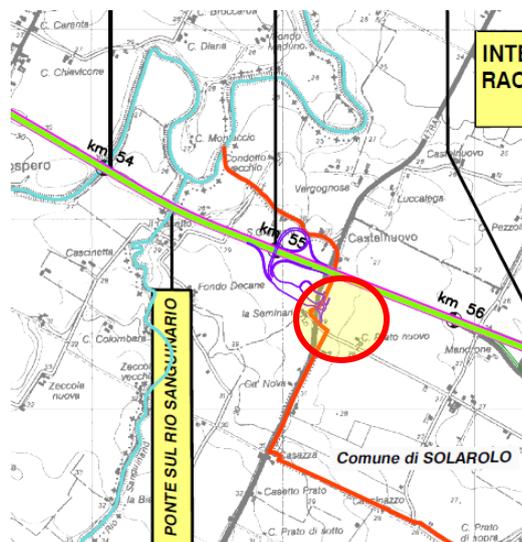


Figura 3-5: Inquadramento rotonda di Solarolo

La nuova intersezione prevede la realizzazione di una rotatoria a 4 bracci di diametro esterno pari a 50m che serve da collegamento tra il nuovo svincolo autostradale di Solarolo e la SP47. E' inoltre prevista la realizzazione dei rami di innesto in rotatoria provenienti dalla SP47 e dalla barriera autostradale.

Viene immessa in rotatoria anche una piccola strada campestre in direzione nord est, mentre a monte della intersezione, è prevista la realizzazione del collegamento di servizio al casello autostradale.

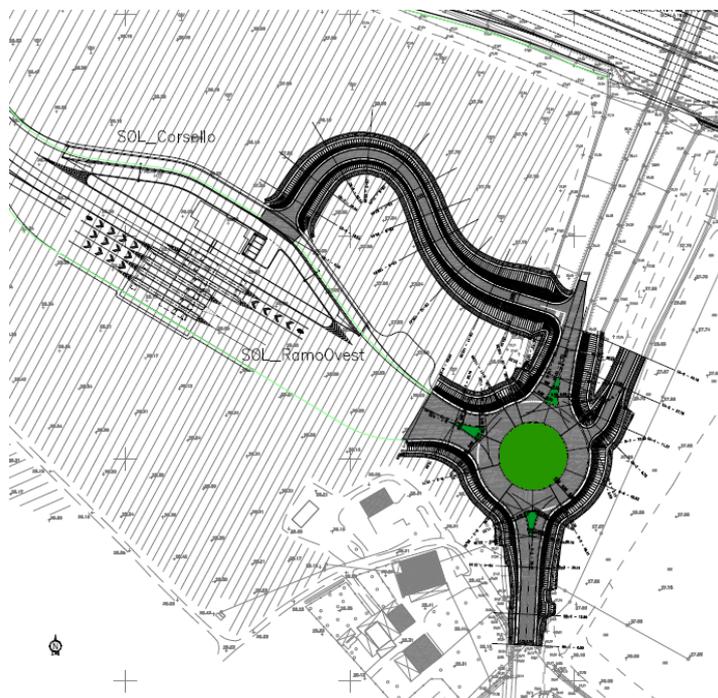
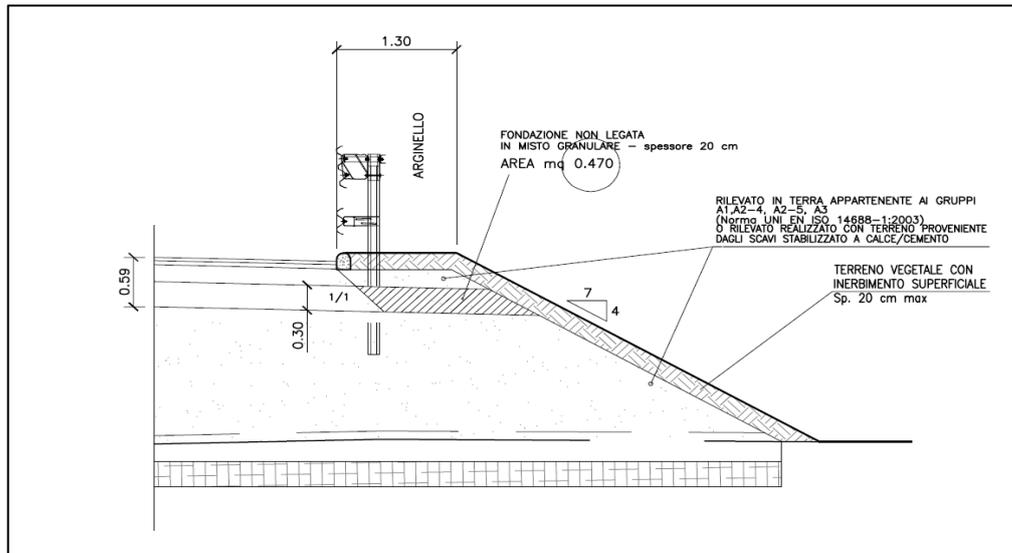


Figura 3-6: Planimetria di progetto Intersezione Svincolo di Solarolo.

### 3.4 SEZIONI TIPO

L'intervento in progetto prevede l'adozione di sezioni conformi a quanto previsto dal DM 05/11/2001. Negli interventi in oggetto, tutte le sezioni adottate ricadono nella categoria "Strada extraurbana secondaria – Categoria C", oppure in quella di "Strade locali in ambito extraurbano ed urbano – categoria F".

In corrispondenza delle barriere di sicurezza inoltre è stato previsto, come da figura seguente, il potenziamento del corpo autostradale/stradale. In particolare al di sotto degli arginelli il progetto contempla l'estensione degli strati di fondazione e sottofondazione, rispettivamente in misto cementato (ove presente) ed in misto granulare stabilizzato, fino alla scarpata.



#### 3.4.1 Viabilità

In corrispondenza dello svincolo di Castel San Pietro, sulla SP19, la sezione tipica è conforme a quanto previsto dal DM 5/11/2001 per le strade di categoria C1, con carreggiata a due corsie di marcia di larghezza 3.75m e banchine esterne da 1.50m per complessivi 10.50m di pavimentato. Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0.80 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m per complessivi 1,30m. Nel tratto in direzione nord è prevista la realizzazione di uno spartitraffico centrale di larghezza pari a 2.60 m e di due banchine interne pari a 0.50 m, come previsto dalla sezione esistente.

La larghezza delle banchine esterne è da intendersi come valore minimo da ampliare lungo il tracciato nei tratti con problemi di visibilità.

Il tratto di riprofilatura è completamente in rettilineo, pertanto la pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2,5%. Le scarpate dei rilevati stradali sono correntemente previste con pendenza 4/7 e rivestite con una coltre superficiale di terreno vegetale inerbito.

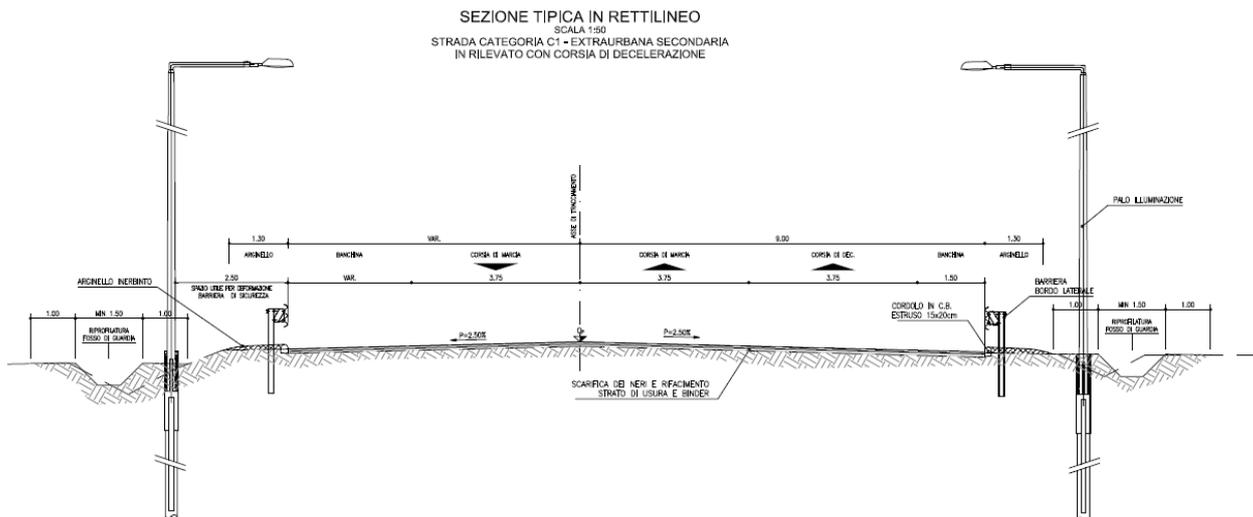


Figura 3-7: esempio di sezione trasversale tipica SP19.

Per le strade vicinali previste alle intersezioni con gli svincoli di Castel San Pietro e Toscanella di Dozza e per le viabilità di servizio ai caselli autostradali sono previste corsie da 2m senza banchina, in continuità con l'esistente. Il margine esterno è costituito da un argine di larghezza complessiva pari a 1.05m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0.50m.

Anche in questo caso, le scarpate dei rilevati stradali sono correntemente previste con pendenza 4/7 e rivestite con una coltre superficiale di terreno vegetale inerbito.

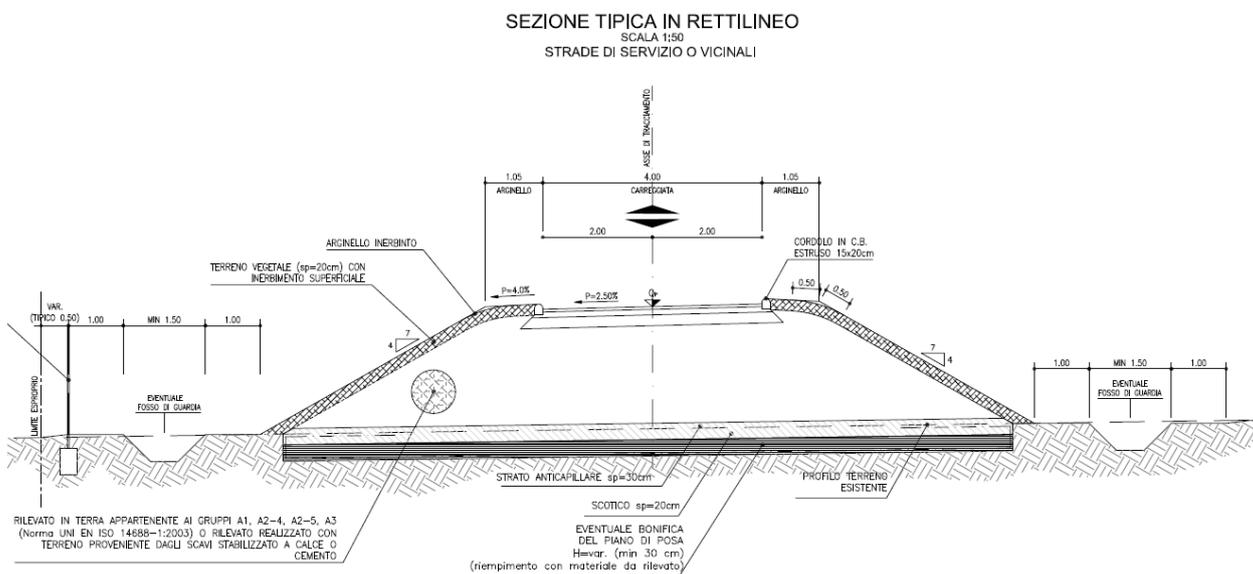


Figura 3-8: sezione trasversale tipica Strada vicinale.

Per ulteriori dettagli circa le sezioni tipiche dell'asta principale si rimanda agli elaborati specifici.

### 3.4.2 Rotatorie

Le tre rotatorie in progetto presentano tutte un diametro esterno di 50m, in accordo con il DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

**Rotatoria Castel San Pietro:** la corona interna presenta una corsia di marcia di larghezza pari a 6.00 m; completano la sezione trasversale due banchine di dimensione pari a 1.00 m.

La piattaforma pavimentata risulta pertanto pari a 8 m con pendenza trasversale verso l'esterno di valore pari al 1.5%.

**Rotatoria Toscanella:** la corona interna presenta una corsia di marcia di larghezza pari a 6.00 m; completano la sezione trasversale due banchine di dimensione pari a 0.5 m.

La piattaforma pavimentata risulta pertanto pari a 7 m con pendenza trasversale verso l'esterno di valore pari al 1.5%.

**Rotatoria Solarolo:** la corona interna presenta una corsia di marcia di larghezza pari a 9.00 m, in quanto sono previsti ingressi organizzati su due corsie; completano la sezione trasversale due banchine di dimensione pari a 0.5 m.

La piattaforma pavimentata risulta pertanto pari a 10 m con pendenza trasversale verso l'esterno di valore pari allo 0.5%.

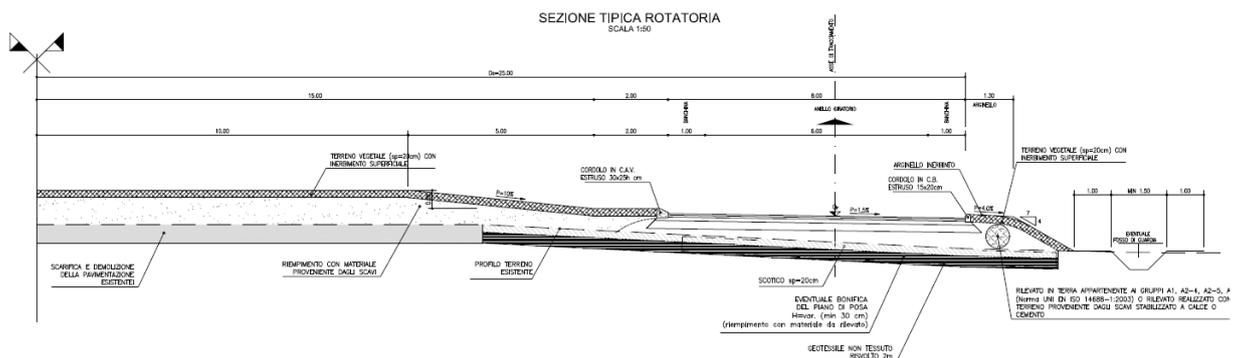


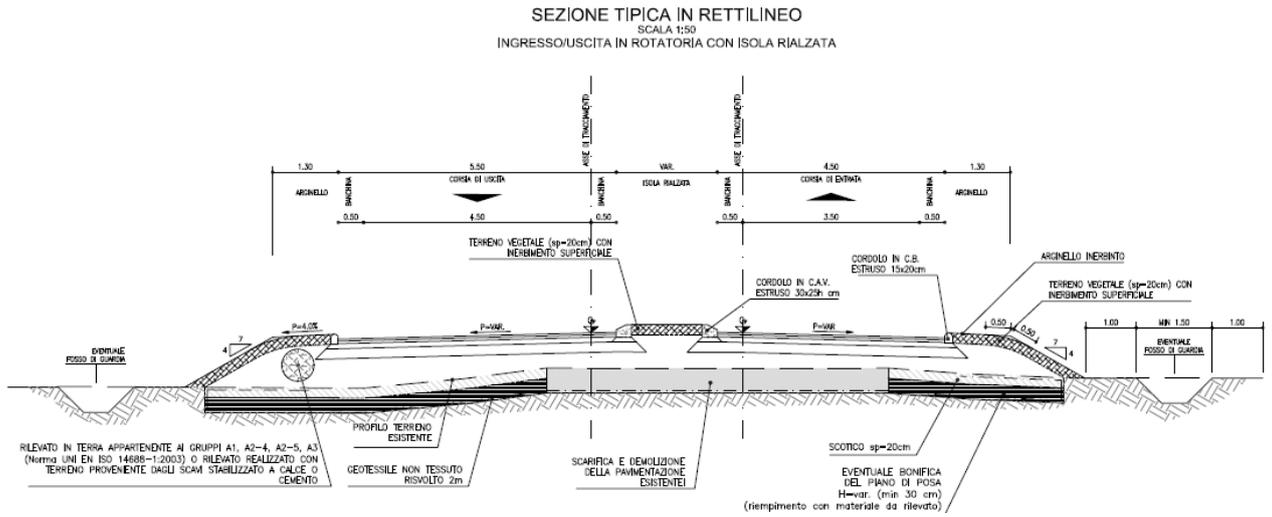
Figura 3-9: esempio di sezione trasversale tipica di rotatoria.

Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,80 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m per complessivi 1,3 m.

### 3.4.3 Rami di ingresso/uscita rotatoria

I rami di ingresso possono essere organizzati su una sola corsia di larghezza pari a 3.50 m, o su due corsie ognuna di larghezza pari a 3 m per un totale di 6 m. In entrambi i casi sono previste banchine in destra e in sinistra di larghezza minima pari a 0.50 m. Le rotatorie degli svincoli di Castel San Pietro e Toscanella sono tutte organizzate con rami di ingresso ad una corsia da 3.50 m; la rotatoria dello svincolo di Solarolo, invece, presenta due bracci a doppia corsia nel ramo del piazzale di esazione e in quello in direzione Nord-Sud.

I rami di uscita, in accordo con il DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", sono tutti organizzati su un'unica corsia, di larghezza pari a 4.50 m. Anche in questo caso è prevista la realizzazione di due banchine, rispettivamente in destra e sinistra di larghezza non inferiore a 0.50m.



## 4 VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 4.1 ANDAMENTO PLANO-ALTIMETRICO DI PROGETTO E VERIFICHE DI RISPONDENZA AD DM 6792 DEL 05.11.2001 ED AL D.M. 19/04/2006

Nel progetto esecutivo, i rami di innesto in rotatoria, per una maggiore precisione, sono stati trattati identificando due assi separati, rispettivamente un asse di ingresso ed un asse in uscita, entrambi tracciati sul ciglio sinistro. Tali rami, che sono vincolati all'ingresso in rotatoria, e pertanto perdono di significato per quanto concerne le verifiche plano altimetriche, non sono riportati nel presente capitolo, ma verranno richiamati nel capitolo "caratteristiche geometriche delle intersezioni a rotatoria".

Nei seguenti paragrafi sono riportate tabelle in cui sono sintetizzate le caratteristiche geometriche dei tracciati quali viabilità vicinali e tratti di raccordo plano-altimetrico con il tracciato esistente.

Per le caratteristiche planimetriche, ogni colonna delle tabelle è identificata da un numero che ne identifica il contenuto in riferimento all'elenco seguente:

- (1) numerazione progressiva elemento planimetrico;
- (2) progressiva iniziale dell'elemento;
- (3) progressiva finale dell'elemento;
- (4) lunghezza dell'elemento in asse;
- (5) tipo di elemento, RETTIFILO, ARCO di curva o arco di CLOTOIDE;
- (6) parametro di scala, per gli archi di clotoide;
- (7) verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (Dx = curva destrorsa, Sx = curva sinistrorsa);
- (8) pendenza trasversale.

Per le caratteristiche altimetriche, ogni colonna delle tabelle è identificata da un numero che ne identifica il contenuto in riferimento all'elenco seguente:

- (1) numerazione progressiva elemento planimetrico;
- (2) tipologia di raccordo (S=sacca, D=dosso) ;
- (3) progressiva del vertice;
- (4) progressiva iniziale;
- (5) progressiva finale;
- (6) lunghezza del raccordo verticale;
- (7) pendenza livelletta;
- (8) pendenza livelletta;
- (9) differenza pendenze livellette;
- (10) raggio raccordo verticale.

#### 4.1.1 Intersezione Castel San Pietro

##### 4.1.1.1 Ramo 7

È stato nominato ramo 7 il tratto di raccordo plano-altimetrico con la SP19 in direzione nord.

L'asse rientra nella categoria di strada di tipo "C1" con Vp compresa tra 60÷100 km/h; il tratto di raccordo è costituito da un solo rettilineo di lunghezza 147.17 m, in cui la velocità di progetto varia dai 30 km/h della rotonda ed aumenta progressivamente con accelerazione pari a 0.8m/s<sup>2</sup>.

Nelle seguenti tabelle vengono sintetizzati gli elementi planimetrici ed altimetrici che compongono l'asse di progetto:

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0.000	147.174	147.174	R	0.00		

Figura 4-1: caratteristiche planimetriche Ramo 7.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	S	26	1	51	50.34	-2.33	-0.31	2.01	2500
2	S	114	107	122	15.40	-0.31	1.23	1.54	1000

Figura 4-2: caratteristiche altimetriche Ramo 7.

#### 4.1.1.2 Strada vicinale

L'asse consiste nella deviazione plano-altimetrica della strada vicinale attualmente anche con funzione di accesso all'area di servizio autostradale.

L'intervento si configura pertanto come adeguamento di infrastruttura esistente e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

L'asse, dello sviluppo complessivo di circa 214 m, è equiparato alla categoria di strada di tipo "F URBANA", con Vp compresa nell'intervallo 25-60km/h; si assume una velocità in ingresso in rotonda pari a 30 km/h.

Nelle seguenti tabelle vengono sintetizzati gli elementi planimetrici ed altimetrici che compongono l'asse di progetto:

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0.000	7.940	7.940	R	0.00		
2	7.940	39.190	31.250	AT	50.00	DX	
3	39.190	47.078	7.888	C	80.00	DX	7.00
4	47.078	78.328	31.250	AT	50.00	DX	
5	78.328	141.751	63.422	R	0.00		
6	141.751	159.751	18.000	AT	18.97	SX	
7	159.751	179.675	19.925	C	20.00	SX	7.00
8	179.675	197.675	18.000	AT	18.97	SX	
9	197.675	214.112	16.437	R	0.00		

Figura 4-3: Caratteristiche planimetriche Strada vicinale

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	D	93	83	103	19.22	0.78	0.14	0.64	3000
2	S	159	149	170	20.37	0.14	1.50	1.36	1500

Figura 4-4: Caratteristiche altimetriche Strada vicinale.

### 4.1.2 Intersezione Toscanella di Dozza

#### 4.1.2.1 Strada casellanti

L'asse di collegamento funge da strada di servizio al casello autostradale e da strada campestre per l'accesso ai vari appezzamenti di terreno. Tale strada è direttamente innestata in rotonda.

L'intervento, dello sviluppo complessivo di circa 269 m, si configura come strada a destinazione particolare e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

Per l'asse si assume una velocità massima di progetto pari a 30 km/h.

Nelle seguenti tabelle vengono sintetizzati gli elementi planimetrici ed altimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0.000	10.861	10.861	R	0.00		
2	10.861	21.580	10.719	C	15.00	DX	3.50
3	21.580	36.580	15.000	AF	15.00	DX	
4	36.580	43.246	6.667	AF	20.00	SX	
5	43.246	56.352	13.106	C	60.00	SX	3.50
6	56.352	63.019	6.667	AF	20.00	SX	
7	63.019	69.686	6.667	AF	20.00	DX	
8	69.686	96.093	26.407	C	60.00	DX	3.50
9	96.093	102.760	6.667	AT	20.00	DX	
10	102.760	115.473	12.713	R	0.00		
11	115.473	131.673	16.200	AT	45.00	DX	
12	131.673	141.930	10.257	C	125.00	DX	3.42
13	141.930	158.130	16.200	AT	45.00	DX	
14	158.130	222.685	64.555	R	0.00		
15	222.685	234.113	11.429	AT	20.00	SX	
16	234.113	254.045	19.932	C	35.00	SX	3.50
17	254.045	265.474	11.429	AT	20.00	SX	
18	265.474	269.809	4.335	R	0.00		

Figura 4-5: caratteristiche planimetriche Strada casellanti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	S	15	12	18	5.93	-1.50	-0.91	0.59	1000
2	S	176	165	187	22.27	-0.91	8.00	8.91	250
3	D	197	188	206	18.75	8.00	0.50	7.50	250
4	D	230	217	243	26.25	0.50	-10.00	10.50	250
5	S	258	247	269	21.97	-10.00	-1.21	8.79	250

Figura 4-6: caratteristiche altimetriche Strada casellanti

### 4.1.3 Intersezione Solarolo

#### 4.1.3.1 Strada casellanti

La viabilità consiste in una strada di servizio a destinazione del casello autostradale.

L'intervento, dello sviluppo complessivo di circa 180 m, si configura come strada a destinazione particolare e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

Per l'asse si assume una velocità massima di progetto pari a 30 km/h.

Nelle seguenti tabelle vengono sintetizzati gli elementi planimetrici ed altimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0.000	21.164	21.164	R	0.00		
2	21.164	46.164	25.000	AT	25.00	DX	
3	46.164	77.063	30.899	C	25.00	DX	7.00
4	77.063	102.063	25.000	AF	25.00	DX	
5	102.063	114.563	12.500	AF	25.00	SX	
6	114.563	147.630	33.067	C	50.00	SX	7.00
7	147.630	160.129	12.499	AT	25.00	SX	
8	160.129	187.155	27.026	R	0.00		

Figura 4-7: caratteristiche planimetriche Viabilità casellanti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	D	12	6	18	11.77	0.00	-2.35	2.35	500
2	S	104	74	134	60.80	-2.35	7.00	9.35	650
3	D	169	156	181	25.74	7.00	-3.29	10.29	250

Figura 4-8: caratteristiche altimetriche Viabilità casellanti

#### 4.1.4 Distanze di visibilità per l'arresto

La verifica di rispondenza alla norma DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare è stata analizzata la visibilità per l'arresto connessa all'andamento plano-altimetrico del tracciato stradale e agli allargamenti progettuali previsti.

Per le verifiche di visibilità dei singoli tratti di strada si rimanda agli specifici elaborati grafici denominati "diagramma di velocità e visibilità".

#### 4.1.5 Caratteristiche geometriche delle intersezioni a rotatoria

Come esposto nel capitolo 2.2, la progettazione delle rotatorie è riferita in particolare al dimensionamento dei suoi elementi modulari.

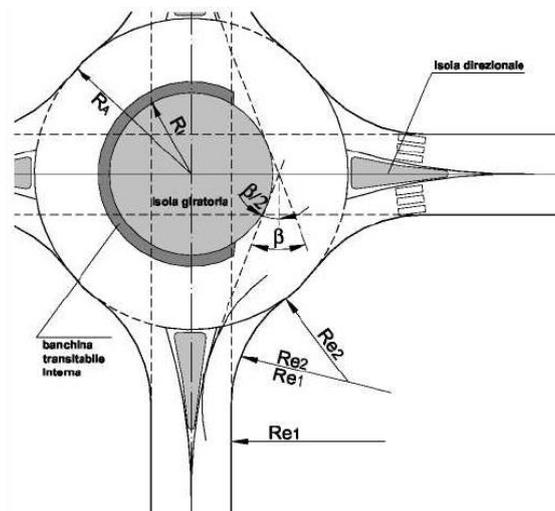


Figura 4-9: elementi geometrici delle intersezioni a rotatoria.

La tabella seguente riassume, per ciascuna rotatorie, i seguenti parametri più significativi:

- Raggi Re1 ed Re2 dei rami in ingresso: i valori si riferiscono ai cigli che delimitano la corsia, tra parentesi sono indicati i raggi del ciglio pavimentato.
- Raggi Ra1 e Ra2 dei rami in uscita: i valori si riferiscono ai cigli che delimitano la corsia, tra parentesi sono indicati i raggi del ciglio pavimentato.

- Angoli di deviazione  $\beta$  per la manovra di attraversamento.

Rotatoria	Diametro e bracci		Angoli di deviazione		Raggi di entrata		Raggi di uscita	
	Diametro esterno [m]	Asse	Manovra di attraversamento	Angolo di deviazione $\beta$ [°]	Re1(m)	Re2(m)	Ra1(m)	Ra2(m)
Rotatoria Castel San Pietro	50	1: SP 19 direzione SUD	1 -> 2	64°	92,50 (91,50)	15 (14)	20 (19)	92,28 (-)
		2: SP 19 direzione NORD	2 -> 1	64°	75 (72,5)	15 (14)	20 (19)	100 (99)
		3: coll. Autostrada	3 -> 4	62°	80 (79)	15 (14)	20 (19)	100 (99)
		4: poderali	4 -> 3	89°		15 (14)	11 (10)	
Rotatoria Toscanella	50	1: coll. Autostrada	-	-	-	14,50 (14)	20 (19,5)	-
		2: SP 30 direzione SUD	2 -> 3	78°	35 (34,75)	15 (14,5)	16 (15,5)	30,25 (30)
		3: SP 30 direzione NORD	3 -> 2	84,0°	45 (44,75)	15 (14,5)	19 (18,5)	45 (44,75)
		4: poderali	-	-		4,5	5,5	
Rotatoria Solarolo	50	1: coll. Autostrada	1 -> 4	110°	28,5 (28)	15,5 (15)	20,5 (20)	80,66 (80,16)
		2: SP 47 direzione NORD	2 -> 3	77°	94,5 (94,25)	15 (14,5)	20 (19,5)	94,5 (94,25)
		3: SP 47 direzione SUD	3 -> 2		94,5 (94,25)	15 (14,5)	20 (19,5)	93,5 (92,90)
		4: poderali			10	4,5	8	

Figura 4-10: riepilogo degli elementi geometrici delle intersezioni a rotatoria in progetto.

Gli angoli di deviazione  $\beta$  per la manovra di attraversamento del nodo risultano sempre superiori al valore minimo raccomandato indicato dalla normativa, pari a 45°. Per la determinazione di tale parametro sono state considerate le traiettorie che percorrono bracci non consecutivi formanti tra di loro un angolo non inferiore a 180°.



Figura 4-11: angoli di deviazione rotondina Castel San Pietro.

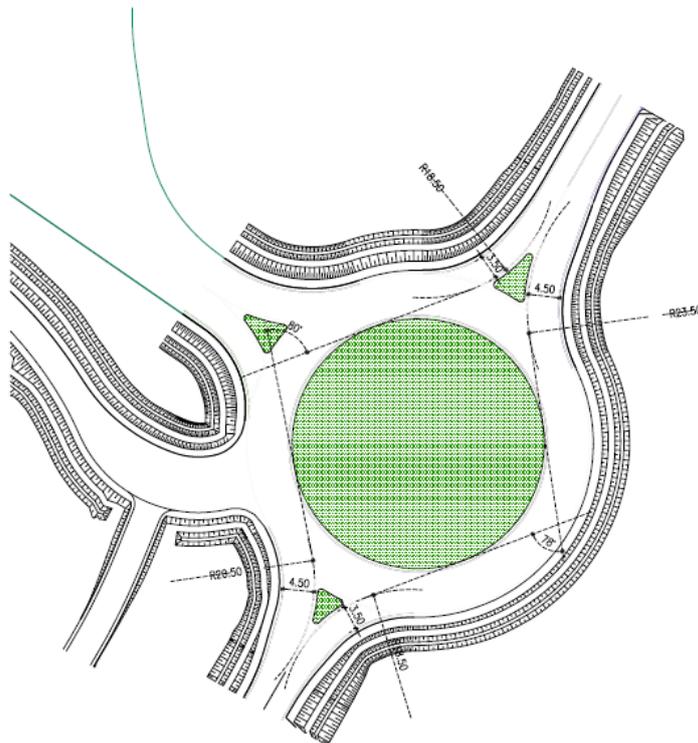


Figura 4-12: angoli di deviazione rotondina Toscanella di Dozza.

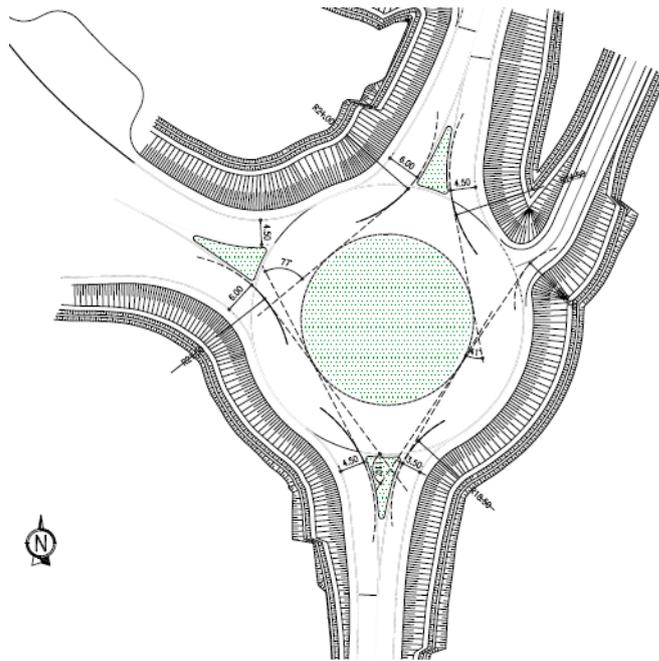


Figura 4-13: angoli di deviazione rotatoria Solarolo.

#### 4.1.6 Analisi di visibilità delle intersezioni a rotatoria

Le verifiche dei campi di visibilità in approccio alla rotatoria sono condotte in accordo con le indicazioni di cui al § 4.6 del DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

I campi di visibilità sono rappresentati nelle figure seguenti. Dagli accessi deve essere visibile almeno un quarto dello sviluppo della rotatoria.

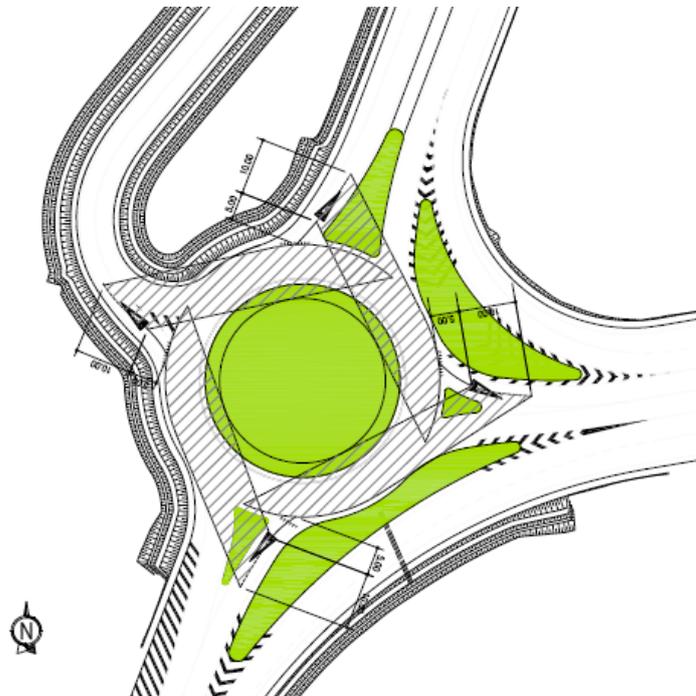


Figura 4-14: campi di visibilità per la rotatoria Castel San Pietro.

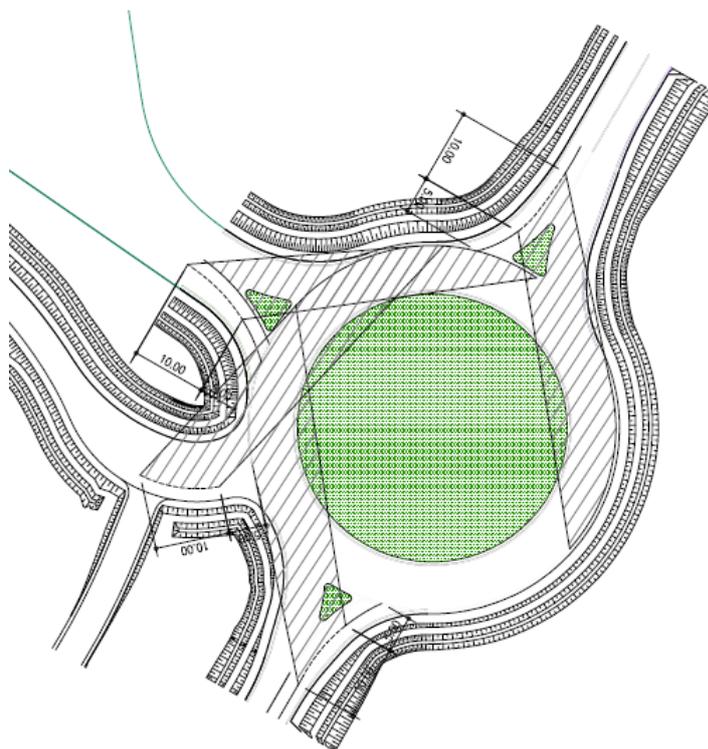


Figura 4-15: campi di visibilità per la rotatoria Toscanella di Dozza.

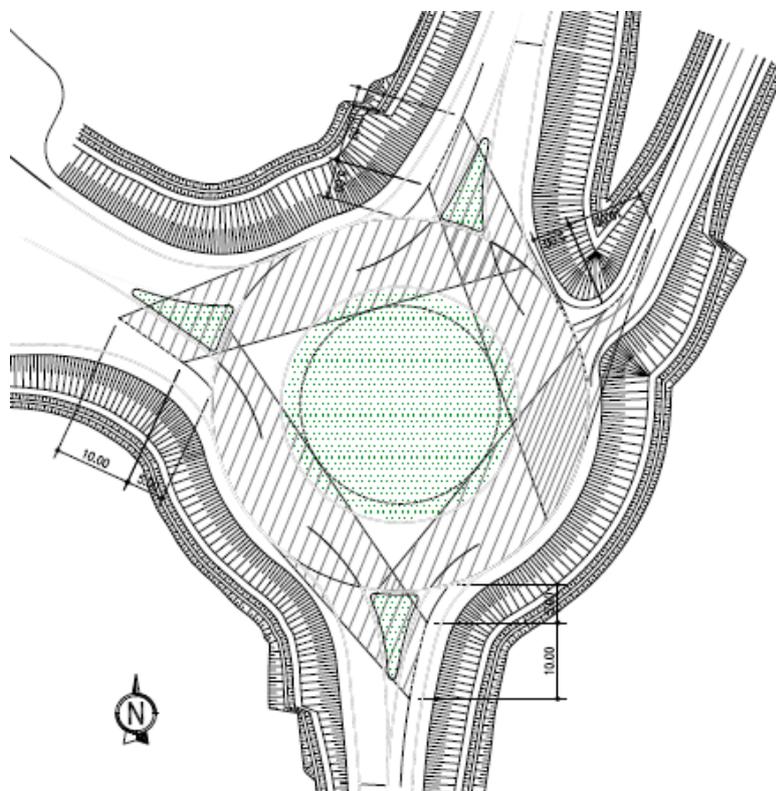


Figura 4-16: campi di visibilità per la rotatoria Solarolo.

## 4.2 VERIFICHE FUNZIONALI DELLE ROTATORIE

Nel seguito vengono riportati i risultati delle verifiche funzionali delle rotatorie in progetto

### 4.2.1 Intersezione Castel San Pietro

Rotatoria svincolo Castel S. Pietro  
 Scenario progettuale 2025

Verifica con metodo francese SETRA

Veicoli leggeri - ora di punta

O/D	1	2	3	4	
1	0	178	367	3	548
2	351	0	244	3	598
3	562	197	0	3	762
4	3	3	3	0	9
	916	378	614	9	1917

Veicoli pesanti - ora di punta

O/D	1	2	3	4	
1	0	58	68	1	127
2	43	0	53	1	97
3	46	46	0	1	93
4	1	1	1	0	3
	90	105	122	3	320

Veicoli equivalenti - ora di punta

O/D	1	2	3	4	
1	0	265	469	5	739
2	0	0	324	5	328
3	631	0	0	5	636
4	5	5	5	0	14
	636	270	797	14	1716

Matrice di Distribuzione N - ora di punta

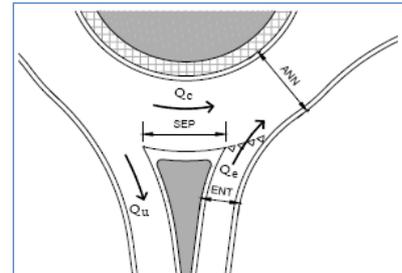
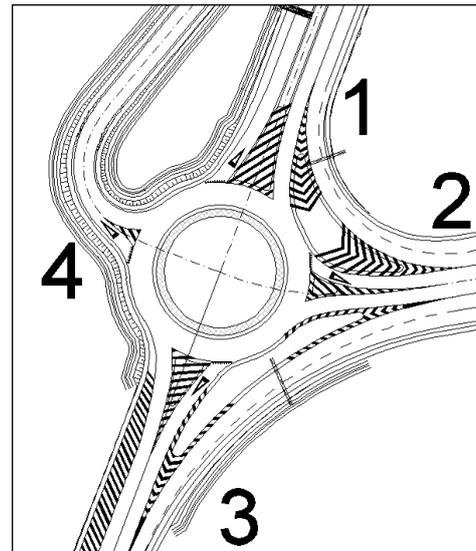
O/D	1	2	3	4	
1	0%	36%	64%	1%	100%
2	0%	0%	99%	1%	100%
3	99%	0%	0%	1%	100%
4	33%	33%	33%	0%	100%

	1	2	3	4
Qe	739	328	636	14
Qu	636	270	797	14
Qc	333	640	274	1058
SEP	13.5	8.5	11.3	5.0
ANN	8.0	8.0	8.0	8.0
ENT	5.1	5.0	5.0	4.7
Qu'	62	118	197	9
Qd	374	718	405	1064
Capacità	1237	951	1204	656
ΔC	498	623	569	643
Qe/C	0.60	0.34	0.53	0.02

HCM

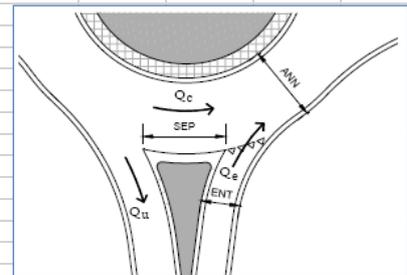
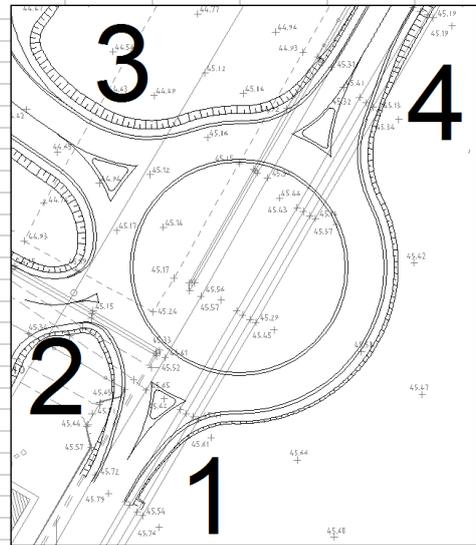
	1	2	3	4
C	1237	951	1204	656
T	1	1	1	1
d	7	6	6	6

LOS	A	A	A	A
LOS rotatoria	<b>A</b>			



4.2.2 Intersezione Toscanella di Dozza

Rotatoria svincolo Toscanella					
Scenario progettuale 2025					
Verifica con metodo francese SETRA					
<b>Veicoli leggeri - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0	3	177	48	228
2	3	0	3	3	9
3	42	3	0	199	244
4	0	3	104	0	107
	45	9	284	250	588
<b>Veicoli pesanti - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0	1	28	3	32
2	1	0	1	1	3
3	5	1	0	21	26
4	2	1	35	0	38
	8	3	65	24	100
<b>Veicoli equivalenti - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0	5	219	52	276
2	5	0	5	5	14
3	49	5	0	230	283
4	3	5	157	0	165
	57	14	380	287	737
<b>Matrice di Distribuzione N - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0%	2%	80%	19%	100%
2	33%	0%	33%	33%	100%
3	17%	2%	0%	81%	100%
4	2%	3%	95%	0%	100%
	1	2	3	4	
Qe	276	14	283	165	
Qu	57	14	380	287	
Qc	239	282	12	228	
SEP	6.7	1.7	7.6	7.7	
ANN	7.0	7.0	7.0	7.0	
ENT	4.5	3.5	4.5	4.5	
Qu'	31	12	187	140	
Qd	282	315	149	349	
Capacità	1246	1111	1352	1194	
ΔC	970	1097	1069	1030	
Qe/C	0.22	0.01	0.21	0.14	
<i>HCM</i>					
C	1246	1111	1352	1194	
T	1	1	1	1	
d	4	3	3	3	
LOS	A	A	A	A	
	<b>LOS rotatoria</b>			<b>A</b>	



### 4.2.3 Intersezione Solarolo

Rotatoria svincolo Solarolo					
Scenario progettuale 2025					
Verifica con metodo francese SETRA					
<b>Veicoli leggeri - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0	200	18	2	220
2	213	0	42	2	257
3	48	82	0	2	132
4	2	2	2	0	6
	263	284	62	6	615
<b>Veicoli pesanti - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0	37	5	1	43
2	50	0	18	1	69
3	10	35	0	1	46
4	1	1	1	0	3
	61	73	24	3	161
<b>Veicoli equivalenti - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0	256	26	4	285
2	288	0	69	4	361
3	63	135	0	4	201
4	4	4	4	0	11
	355	394	98	11	857
<b>Matrice di Distribuzione N - ora di punta</b>					
O/D	1	2	3	4	
1	0%	90%	9%	1%	100%
2	80%	0%	19%	1%	100%
3	31%	67%	0%	2%	100%
4	33%	33%	33%	0%	100%
	1	2	3	4	
Qe	285	361	201	11	
Qu	355	394	98	11	
Qc	76	70	263	350	
SEP	9.0	8.7	8.0	0.0	
ANN	10.0	10.0	10.0	10.0	
ENT	4.3	7.0	6.7	2.3	
Qu'	143	166	46	11	
Qd	142	150	243	296	
Capacità	1328	1654	1530	985	
ΔC	1043	1294	1329	974	
Qe/C	0.21	0.22	0.13	0.01	
<i>HCM</i>					
C	1328	1654	1530	985	
T	1	1	1	1	
d	3	3	3	4	
LOS	A	A	A	A	
<b>LOS rotatoria</b>				<b>A</b>	

