



COMUNE DI EMPOLI
Città Metropolitana di Firenze



REALIZZAZIONE DI NUOVA STRADA DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA SPORTIVA E LA S.S.67

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Committente:

Comune di Empoli
Via Giuseppe Del Papa, 41
50053 Empoli (FI)

Responsabile Unico del Procedimento:

Dott. Ing. ROBERTA SCARDIGLI

Progettazione:



H.S. INGEGNERIA srl

Via Bonistallo 39
50053 Empoli (FI)
Tel. e Fax 0571-725283
e.mail info@hsingegneria.it
web www.hsingegneria.it
P.IVA 01952520466

Dott. Ing. PAOLO PUCCI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4824

Dott. Ing. SIMONE POZZOLINI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4325

Geologia:

Dott.ssa Geol. PAOLA VIOLANTI

Acustica:

Ing. Iunior SAMUELE BIANCHI
Studio ANTEA

CODICE elaborato	ANNO	PROG	COMMITTENTE	LIVELLO	TIPO	NUMERO	REV
	2020	015	D403	FAT	REL	002	00
OGGETTO	Relazione tecnica stradale						

Scala	-
Data emissione	Settembre 2020
Data emissione revisione	-

04					
03					
02					
01					
00	Prima emissione elaborato	MC	SP	PP	Settembre 2020
REVISIONE	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

FILE: -

Il presente elaborato è di esclusiva proprietà, a norma di legge, di H.S. INGEGNERIA srl. E' vietata la riproduzione, anche parziale, o il trasferimento a terzi senza specifica autorizzazione scritta.

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Indice generale

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE E VERIFICA DEL TRACCIATO.....	4
2.1. Caratteristiche geometriche dell'asse viario.....	4
2.2. Andamento altimetrico.....	5
2.3. Verifica del tracciato dell'asse principale.....	5
3. ROTATORIE.....	10
3.1. Verifiche Rotatorie.....	11
3.1.1. Verifica a Deviazione.....	12
3.1.2. Verifica a deflessione.....	13
3.1.3. Verifica visibilità.....	15
4. SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	18
5. VALUTAZIONE PRELIMINARE DEI CEDIMENTI.....	20

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	1 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica stradale è redatta nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico economica relativo alla "Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67", su incarico del Comune di Empoli (FI).

In questa sede le valutazioni sono state svolte focalizzando i principali aspetti per una corretta progettazione planoaltimetrica dell'infrastruttura, rimandando alle successive fasi progettuali le verifiche di dettaglio.

La progettazione e le conseguenti verifiche di normativa sono state condotte a livello di progetto di fattibilità tecnica ed economica e saranno dettagliate con maggiore approfondimento nelle successive sedi progettuali. L'asse viario si raccorderà alle quote altimetriche della rete stradale esistente e sarà costituito da quattro segmenti:

- Tratto 1: segmento tra la S.S.67 e via Pontorme.
- Tratto 2: segmento tra via Pontorme e via di Cortenuova.
- Tratto 3: segmento tra via di Cortenuova e via di San Martino.
- Tratto 4: segmento tra via di San Martino e via Serravalle a San Martino.

Sono previste inoltre quattro intersezioni con la viabilità esistente, tre di tipo a rotatoria (una delle quali non prevista nel presente progetto) ed una a raso:

- Rotatoria 0: intersezione del tracciato in progetto con la S.S. 67 Tosco Romagnola (non oggetto del presente progetto).
- Rotatoria 1: intersezione del tracciato in progetto con via Pontorme.
- Rotatoria 2: intersezione del tracciato in progetto con via di Cortenuova.
- Intersezione 1: intersezione del tracciato in progetto con via di San Martino.

Nella fase di progettazione del nuovo tracciato stradale sono state analizzate due possibili soluzioni planimetriche, denominate S1 ed S2 e raffigurate nella seguente 1. Tali soluzioni risultano tra loro coerenti, fatta eccezione per il tratto 1 in cui nella soluzione S2 il tracciato stradale è stato modificato al fine di migliorare l'immissione del nuovo tracciato stradale nella rotatoria 1. Questa modifica risulta funzionale al soddisfacimento della verifica di visibilità per la rotatoria 1, che nella soluzione S1 non risultava verificata. Per tale motivo la soluzione S2 è stata adottata nel presente progetto. Nel seguito del presente documento si farà riferimento alla sola soluzione progettuale S2 adottata, mettendo in evidenza la sola verifica di visibilità non soddisfatta per la soluzione S1. Si evidenzia che nella progettazione si è mantenuto il tracciato stradale in progetto entro il limite di ingombro della nuova infrastruttura previsto nel Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli e riportato nella Carta Usi del Suolo e Modalità di Intervento. Si precisa inoltre che il tratto 4 (segmento tra via di San Martino e via Serravalle a San Martino) prevede l'adeguamento della viabilità attualmente esistente e non si configura come nuova infrastruttura.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	2 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale



Figura 1: Inquadramento planimetrico opere in progetto.

Nel seguito del presente documento si riportano le verifiche eseguite in merito a:

- Caratteristiche geometriche dell'asse viario.
- Andamento altimetrico della sede stradale.
- Verifica delle intersezioni mediante rotatorie (deviazione, deflessione, visibilità).
- Definizione delle caratteristiche della pavimentazione stradale.
- Analisi dei cedimenti attesi.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	3 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

2. DESCRIZIONE E VERIFICA DEL TRACCIATO

L'infrastruttura oggetto di progettazione è classificata come "Strada urbana di quartiere" di categoria E, per la quale la velocità di progetto risulta compresa nell'intervallo tra 40 e 60 km/h.

La geometria del tracciato è stata definita rispettando i limiti dinamici e le condizioni ottiche prescritte dalla norma ai fini della sicurezza e del comfort di guida. I criteri prestabiliti nel D.M. n.6792 del 05/11/2001 sono stati utilizzati per determinare le lunghezze massime di rettifili e i raggi degli archi previsti nei raccordi planimetrici, in funzione della velocità di progetto e delle pendenze trasversali della piattaforma.

L'alimetria dell'asse principale è stata determinata limitando al minimo indispensabile il numero di livellette, in base alle intersezioni con la rete viaria esistente, e verificando che il tracciato stradale risultasse in sicurezza a fronte di eventi meteorici duecentennali, sulla base dei risultati degli studi idraulici a supporto della "Variante al Regolamento Urbanistico per interventi puntuali all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della L.R. 65/2014" approvata con DCC n.122 del 25/11/2019.

Nel seguito del presente documento si farà riferimento alla suddivisione del tracciato in tratti già riportata in premessa:

- Tratto 1: segmento tra la S.S.67 e via Pontorme.
- Tratto 2: segmento tra via Pontorme e via di Cortenuova.
- Tratto 3: segmento tra via di Cortenuova e via di San Martino.
- Tratto 4: segmento tra via di San Martino e via Serravalle a San Martino.

Per quanto riguarda le intersezioni a raso o mediante rotatoria sarà adottata la seguente terminologia:

- Rotatoria 0: intersezione del tracciato in progetto con la S.S. 67 Tosco Romagnola (non oggetto del presente progetto).
- Rotatoria 1: intersezione del tracciato in progetto con via Pontorme.
- Rotatoria 2: intersezione del tracciato in progetto con via di Cortenuova.
- Intersezione 1: intersezione del tracciato in progetto con via di San Martino.

2.1. Caratteristiche geometriche dell'asse viario

Le caratteristiche geometriche dell'asse della soluzione progettuale S2 possono essere riassunte con i seguenti dati:

- Progressiva di inizio lotto: 0+000 km
- Progressiva di fine lotto: 0+860.000 km
- Quota altimetrica di progetto inizio lotto: 26.20 m slm
- Quota altimetrica di progetto fine lotto: 26.50 m slm
- Pendenza longitudinale massima: 0.27 %
- Pendenza minima: 0.03 %

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	4 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

2.2. Andamento altimetrico

L'asse viario in progetto è suddivisibile in 4 segmenti, ognuno con una sua livelletta, così come illustrato nella tabella sottostante.

Codice segmento	Intersezione iniziale	Intersezione finale	Quota iniziale (m slm)	Quota finale (m slm)	Lunghezza segmento (m)	Pendenza (%)
Tratto 1	SS67	Via Pontorme	26.20	26.29	265.42	0.03
Rotatoria 1	-	-	26.29	26.29	29.00	0.00
Tratto2	Via Pontorme	Via di Cortenuova	26.29	25.87	154.00	-0.27
Rotatoria 2	-	-	25.87	25.87	28.00	0.00
Tratto3	Via di Cortenuova	Via di S. Martino	25.87	26.00	188.00	0.07
Tratto4	Via S. Martino	Via di Serravalle a S. Martino	26.00	26.5	195.79	0.26

Tabella 1: Andamento altimetrico dell'asse viario

Per ulteriori approfondimenti relativi all'andamento altimetrico della nuova infrastruttura si rimanda all'elaborato grafico di dettaglio (Profilo longitudinale). Il tracciato della nuova infrastruttura non presenta mai pendenze elevate, risultando sostanzialmente in piano.

2.3. Verifica del tracciato dell'asse principale

Le verifiche di congruenza della geometria dell'asse principale del tracciato sono state condotte secondo i criteri stabiliti dal D.M. 6792 del 5/11/2001.

Le caratteristiche planimetriche sono state confrontate con quelle richieste per le strade catalogate come "urbane di quartiere", codice E.

Rettifili

Secondo il D.M. 6792 del 5/11/2001, un rettifilo, per essere percepito tale dall'utente deve essere di lunghezza non inferiore ai valori riportati nella tabella seguente:

Velocità (km/h)	40	50	60	78	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza minima (m)	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Tabella 2: Lunghezze minime 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:

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	5 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

$$L_r = 22 \times V_{pMax} = 1320 \text{ m}$$

dove:

- V_{pmax} = è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto che nel caso specifico risulta essere 60 km/h.

Curve circolari

Le curve circolari devono essere progettate e dimensionate in modo da garantire il rispetto dei seguenti requisiti:

- Sicurezza della circolazione.
- Comfort di marcia.

Il parametro geometrico che caratterizza le curve circolari è il raggio di curvatura R.

Pendenze trasversali della piattaforma in funzione del raggio delle curve circolari e delle velocità

In curva la carreggiata è inclinata verso l'interno. La pendenza trasversale è la stessa su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio.

Per la tipologia di strada prevista, ovvero "Strada urbana di quartiere" di categoria E la pendenza massima da Normativa vale 3.5 %.

Per determinare la pendenza in funzione del raggio è indispensabile stabilire il legame tra la velocità di progetto V_p la pendenza trasversale in curva i_c e la quota parte del coefficiente di aderenza impiegato trasversalmente f_t . Dallo studio dell'equilibrio di un veicolo transitante una curva circolare si ottiene:

$$q + f_t = \frac{V_p^2}{127 \times R}$$

dove:

- V_p = velocità di progetto della curva [km/h]
- R = raggio della curva [m]
- $q = i_c/100$, pendenza trasversale
- f_t = quota parte del coeff. di aderenza impiegabile trasversalmente

La normativa impone un raggio minimo R_{min} delle curve circolari come elemento "restrittivo" del tracciato planimetrico di progetto, pari a:

$$R_{min} = \frac{V_{pmin}^2}{127 [q_{max} + f_{tmax}]}$$

dove:

- V_{pmin} = limite inferiore della velocità di progetto.
- q_{max} = massima pendenza trasversale
- f_{tmax} = quota massima del coefficiente di aderenza impiegabile trasversalmente

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	6 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Per quanto riguarda il coefficiente di aderenza f_{tmax} valgono i valori riportati di seguito:

Velocità [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
Aderenza trasv. Max f_{tmax} per strade tipo A,B,C,F extra urbane e strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,1	0,09
Aderenza trasv. Max f_{tmax} per strade tipo D,E,F, urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Tabella 3: Valori tabulati del coefficiente di aderenza f_{tmax} .

Si riporta nella tabella di seguito i parametri principali ripresi dal D.M. 6792 del 5/11/2001 per la tipologia di strada prevista. Per il caso specifico il R_{min} è di 51m.

Da Normativa	Ambito territoriale	Denominazione	Vpmin [km/h]	qmax	ftmax	Raggio minimo (m)
E (urbana di quartiere)	Urbano	-	40	0,035	0,210	51

Tabella 4: Parametri limite per una strada di categoria E.

Per la determinazione della pendenza trasversale da adottare per i tratti di strada curvilinei si possono presentare due casistiche.

Nel primo caso si utilizza un raggio $R=R_{min}$; la pendenza trasversale in curva deve essere pari a quella massima stabilita dalla Normativa (3,5%).

Nel secondo caso per $R>R_{min}$ la Normativa definisce due valori da confrontare con R:

1. Raggio R' , calcolato mediante la seguente espressione:

$$R' = \frac{V_{Pmax}^2}{127[q_{max} + ft_{max}]}$$

dove:

- V_{pmax} =limite superiore dell'intervallo della velocità di progetto
- q_{max} = massima pendenza trasversale in curva
- ft_{max} =quota massima del coefficiente di aderenza impiegabile trasversalmente

2. Raggio $R_{2,5}$, calcolato mediante la seguente espressione:

$$R_{2,5} = K \times R'$$

in cui:

- R' è il raggio definito in precedenza
- $K=1.69$ per le strade di categoria E.

A questo punto si presentano tre possibili condizioni:

1. Se $R_{min} \leq R \leq R'$ la pendenza trasversale deve essere pari a quella massima stabilita da normativa (3.5%).
2. Se $R' \leq R \leq R_{2,5}$ la pendenza trasversale deve essere definita per mezzo degli abachi.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	7 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

3. Se si decide di utilizzare un raggio $R > R_{2,5}$ la pendenza trasversale deve essere pari al valore minimo stabilito da Normativa che per tutte le tipologie di strade è fissata in ragione del 2,5%. In questo modo si garantisce il rapido deflusso delle acque.

La seguente immagine riporta la suddivisione del tracciato planimetrico tra rettili e curve circolari per la soluzione progettuale S2 adottata nel presente progetto. Si sottolinea che per il tratto 4, secondo quanto indicato dal RUP, non sono state effettuate le verifiche da normativa in quanto trattasi di un intervento di adeguamento del tracciato stradale esistente.



Figura 2: Rettili e curve circolari per il tracciato planimetrico di progetto (soluzione S2).

La Tabella 5 sottostante sintetizza le caratteristiche dei rettili della soluzione progettuale (S2) adottata nel presente progetto.

La Tabella 6 riporta invece le pendenze trasversali della piattaforma stradale in corrispondenza dei tratti in curva.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	8 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Rettifili				
ID rettifilo	L_R (m)	Lunghezza minima (m)	Verifica	I_c pendenza trasversale (%)
R1	51.3	50	$L_R < 300$ e $L_R > L_{min}$	2.5
R2	61.33	50	$L_R < 300$ e $L_R > L_{min}$	2.5
R3	84.53	50	$L_R < 300$ e $L_R > L_{min}$	2.5
R4	93.21	50	$L_R < 300$ e $L_R > L_{min}$	2.5

Tabella 5: Parametri di progetto rettifili.

Curve Circolari						
ID curva	R curvatura (m)	R minimo (m)	R' (m)	$R_{2.5}$ (m)	Verifica	Pendenza in curva (%)
C1	61.87	51	120.62	203.85	$R_{min} < R < R'$	3.5
C2	53.55	51	120.62	203.85	$R_{min} < R < R'$	3.5
C3	1009.91	51	120.62	203.85	$R > R'$	2.5
C4	137.28	51	120.62	203.85	$R' < R < R'$	Abaco

Tabella 6: Parametri di progetto curve circolari.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	9 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

3. ROTATORIE

Nella realizzazione del nuovo tratto stradale di collegamento fra la SS. Tosco Romagnola e il tratto viario di Serravalle, il tracciato di progetto incrocia due rami stradali del reticolo stradale urbano, via Pontorme e via di Cortenuova, in corrispondenza dei quali è stata ipotizzata un'intersezione di tipo rotatorio, in conformità alla Carta Usi del Suolo e Modalità di Intervento del vigente RU comunale. Come accennato in premessa, il mancato soddisfacimento nella soluzione S1, delle verifiche di visibilità relative alla rotatoria 1 hanno comportato una modifica del tracciato stradale, ottenendo la soluzione S2 adottata.

In merito alle geometrie che caratterizzano gli elementi costitutivi delle due rotatorie per il presente livello progettuale è possibile fare riferimento alle tabelle seguenti:

Elemento Caratterizzante	Caratteristiche Principali	NOTE- Riferimenti
Tipo Rotatoria	Compatta 4 Rami (accesso-uscita)	25m<D _{est} <40m (Definizione DM/2006)
Rotatoria1 (via Pontorme)		
Diametro Esterno Corona Giratoria	Rae=28 m	
Larghezza Corona Giratoria	La= 7 m	Conforme DM/2006 cfr. Tab.6
Fascia Sormontabile	NO	Conforme DM/2006 Nuova Viabilità
Braccio di uscita Rotatoria	1 corsia Lu=4.50 m	
Braccio di Ingresso	1 corsia Le=3.50 m	Conforme DM/2006 Nuova Viabilità
Pendenza trasversale	Max ca.3,5%	Conforme DM/2006 <5%
Rotatoria2 (via di Cortenuova)		
Diametro Esterno Corona Giratoria	Rae=25 m	
Larghezza Corona Giratoria	La= 7 m	Conforme DM/2006 cfr. Tab.6
Fascia Sormontabile	NO	Conforme DM/2006 Nuova Viabilità
Braccio di uscita Rotatoria	1 corsia Lu=4.50 m	
Braccio di Ingresso	1 corsia Le=3.50	Conforme DM/2006 Nuova Viabilità
Pendenza trasversale	Max ca.3,5%	Conforme DM/2006 <5%

Tabella 9: Tabella riepilogativa principali elementi geometrici intersezioni a rotatoria.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	10 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Le misure riportate nella precedente tabella sono il risultato delle indicazioni normative citate oltre che delle verifiche di deviazione, deflessione nonché di visibilità dei veicoli. L'esito delle verifiche risulta soddisfatto, come riportato nei paragrafi successivi.

3.1. Verifiche Rotatorie

Con il decreto del 19 aprile del 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" vengono definiti i principali criteri di progetto per la realizzazione di nuove intersezioni che dovranno, per quanto possibile, costituire il riferimento a cui la progettazione deve tendere nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni esistenti.

In particolare sono indicati i criteri da rispettare per attraversare la rotatoria a velocità adeguata nonché i limiti per garantire la visibilità.

Di seguito si riportano le verifiche di:

- Deviazione
- Deflessione
- Visibilità

La seguente figura mostra la denominazione adottata per le rotatorie.

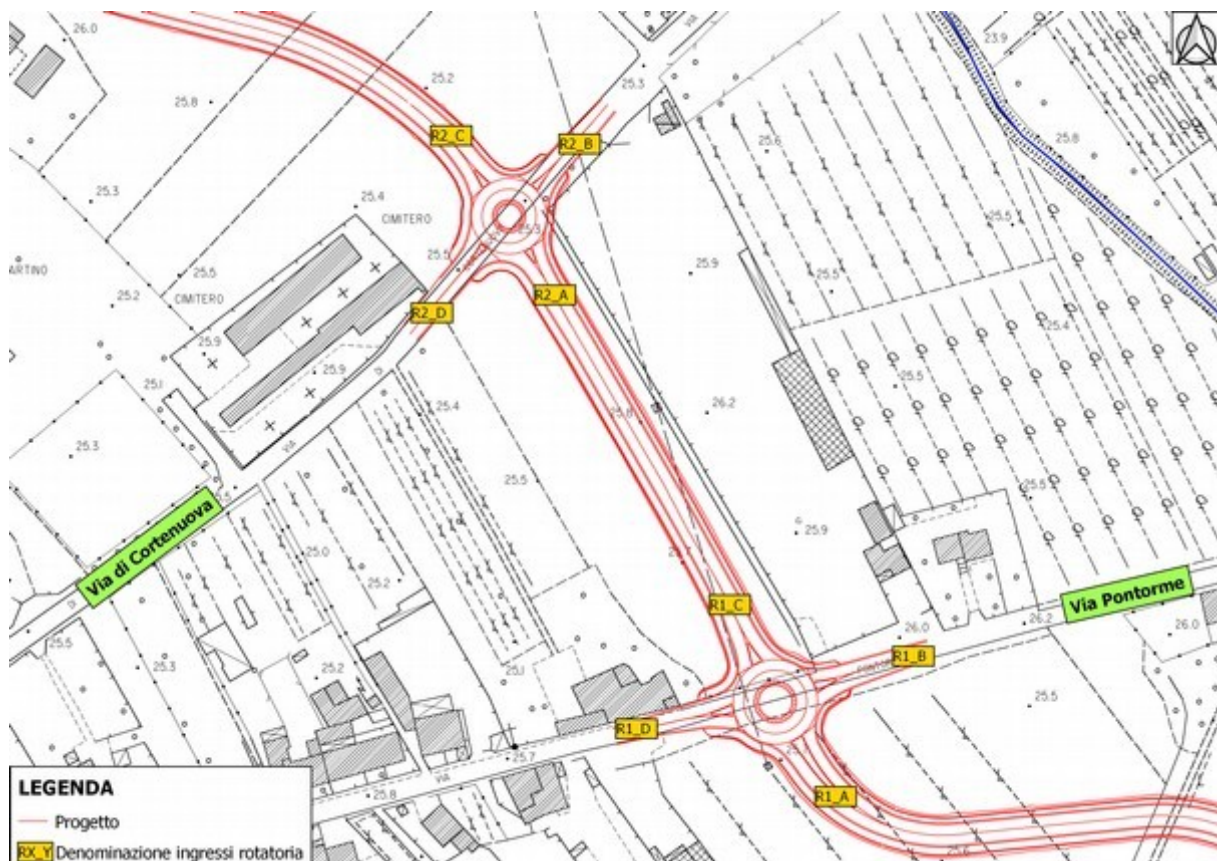


Figura 10: Inquadramento intersezioni a rotatoria.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	11 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

3.1.1. Verifica a Deviazione

La prima verifica sul controllo della velocità è quella della deviazione definendo convenzionalmente l'angolo *Beta* (β). Si tratta di una verifica effettuata sulla base della geometria della rotatoria.

Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione *Beta* bisogna aggiungere al raggio di entrata $R_{e,2}$ un valore *b* pari a 3.50 m.

Il citato Decreto raccomanda per ciascun braccio un valore di *Beta* superiore a 45°.

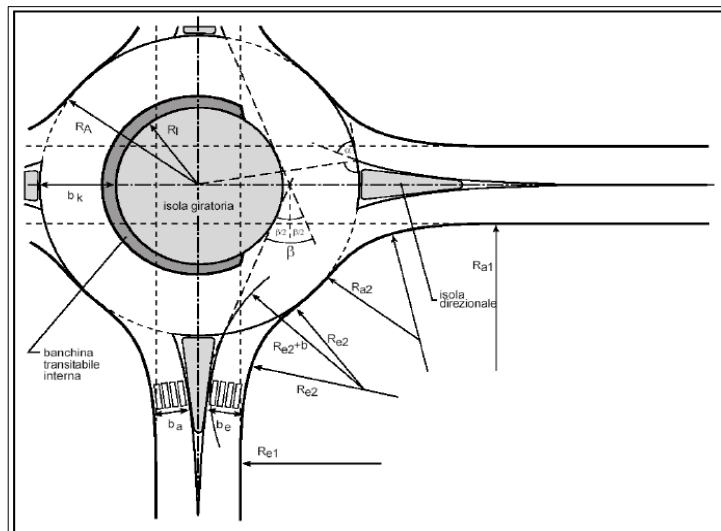


Figura 11: Elementi di progetto e tipizzazione della rotatoria

Rotatoria 1 Via Pontorme		
Rami (Ingresso-Uscita)	Angolo <i>Beta</i> da verifica	Angolo <i>Beta</i> raccomandato
Ramo R1_A	32.17	45°
Ramo R1_B	39.17	45°
Ramo R1_C	30.09	45°
Ramo R1_D	38.21	45°

Tabella 10: Valori angolo di deviazione per la Rotatoria 1

Rotatoria 2 Via di Cortenuova		
Rami (Ingresso-Uscita)	Angolo <i>Beta</i> da verifica	Angolo <i>Beta</i> raccomandato
Ramo R2_A	39.35	45°
Ramo R2_B	30.46	45°
Ramo R2_C	37.7	45°
Ramo R2_D	30.93	45°

Tabella 11: Valori angolo di deviazione per la Rotatoria2.

La verifica effettuata con il suddetto metodo evidenzia che per entrambe le rotatorie tutti i rami presentano un angolo di deviazione inferiore rispetto a quello raccomandato dal citato

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	12 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Decreto per le nuove intersezioni. Un intervento possibile per aumentare l'angolo di deviazione, nel caso in esame, è legato ad un allargamento della rotatoria con incremento del diametro interno; tale soluzione comporta però un maggiore impegno territoriale in una zona contraddistinta da limiti fisici. Pertanto in questa sede progettuale si è scelto di non aumentare le dimensioni della rotatoria, rimandando eventuali approfondimenti in merito alle fasi successive.

In considerazione della non prescrittività del valore raccomandato e in considerazione che il metodo serve per valutare convenzionalmente il controllo della velocità del veicolo che percorre la rotatoria si ricorre al metodo contenuto nello studio a carattere pre-normativo elaborato dal CNR "Rapporto di sintesi - Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali" (10 settembre 2001).

Sulla base di tale metodo viene riproposta di seguito la verifica della velocità in termini di Deflessione.

3.1.2. Verifica a deflessione

La Deflessione è un parametro per garantire la sicurezza veicolare. La velocità di percorrenza della carreggiata anulare non dovrebbe superare i 50 km/h. La definizione della corretta deflessione richiede l'impiego combinato del raggio della traiettoria dei veicoli e dell'espressione per il calcolo della velocità di progetto. Quest'ultima può essere data dalla seguente formula:

$$v^2 = 127 \cdot R \cdot (e + f)$$

con

- v^2 = velocità limite (km/h)
- R = raggio di curvatura (m)
- e = pendenza sezione trasversale
- f = coeff. di aderenza

che si ottiene a partire dall'equilibrio al limite dello sbandamento

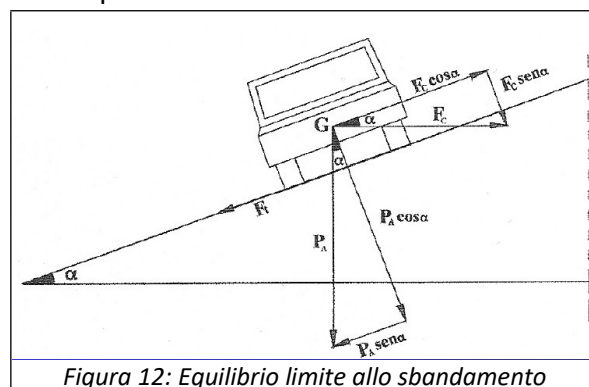


Figura 12: Equilibrio limite allo sbandamento

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	13 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Si definisce deflessione di una traiettoria il 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 (Figura 7); è preferibile adottare valori inferiori al limite massimo che prevede un raggio di deflessione di 100 m.

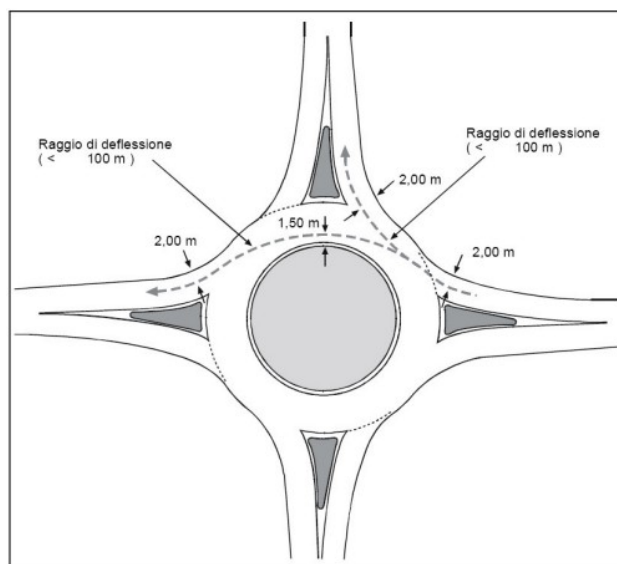


Figura 13: deflessione della rotatoria

Per il calcolo delle velocità sono stati ipotizzati i seguenti valori:

- $e = 0.035$ pendenza sezione trasversale da Normativa per una generica rotatoria
- $f = 0.2$ aderenza ipotizzata ripresa da riferimenti tabulati

Rotatoria 1 (via Pontorme)				
Rami (Ingresso-Uscita)	Raggio di Curvatura da verifica (m)	Raggio limite [m] (CNR 2001)	Verifica	Velocità Anulare[km/h]
Ramo R1_A	33.06	100	verificata	31.41
Ramo R1_B	36.64	100	verificata	33.07
Ramo R1_C	28.06	100	verificata	28.94
Ramo R1_D	27.22	100	verificata	28.50

Tabella 12: Verifica deflessione Rotatoria 1

Rotatoria 2 (via di Cortenuova)				
Rami (Ingresso-Uscita)	Raggio di Curvatura da verifica (m)	Raggio limite [m] (CNR 2001)	Verifica	Velocità Anulare[km/h]
Ramo R2_A	31.52	100	verificata	30.67
Ramo R2_B	31.76	100	verificata	30.79
Ramo R2_C	44.27	100	verificata	36.35
Ramo R2_D	34.59	100	verificata	32.13

Tabella 13: Verifica deflessione Rotatoria 2

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	14 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Con questo approccio si è verificato che la velocità di percorrenza su tutte le traiettorie indagate risulta inferiore al limite di 50 km/h.

A titolo di completezza la seguente figura mostra le traiettorie lungo le quali è stata effettuata la verifica a deflessione.

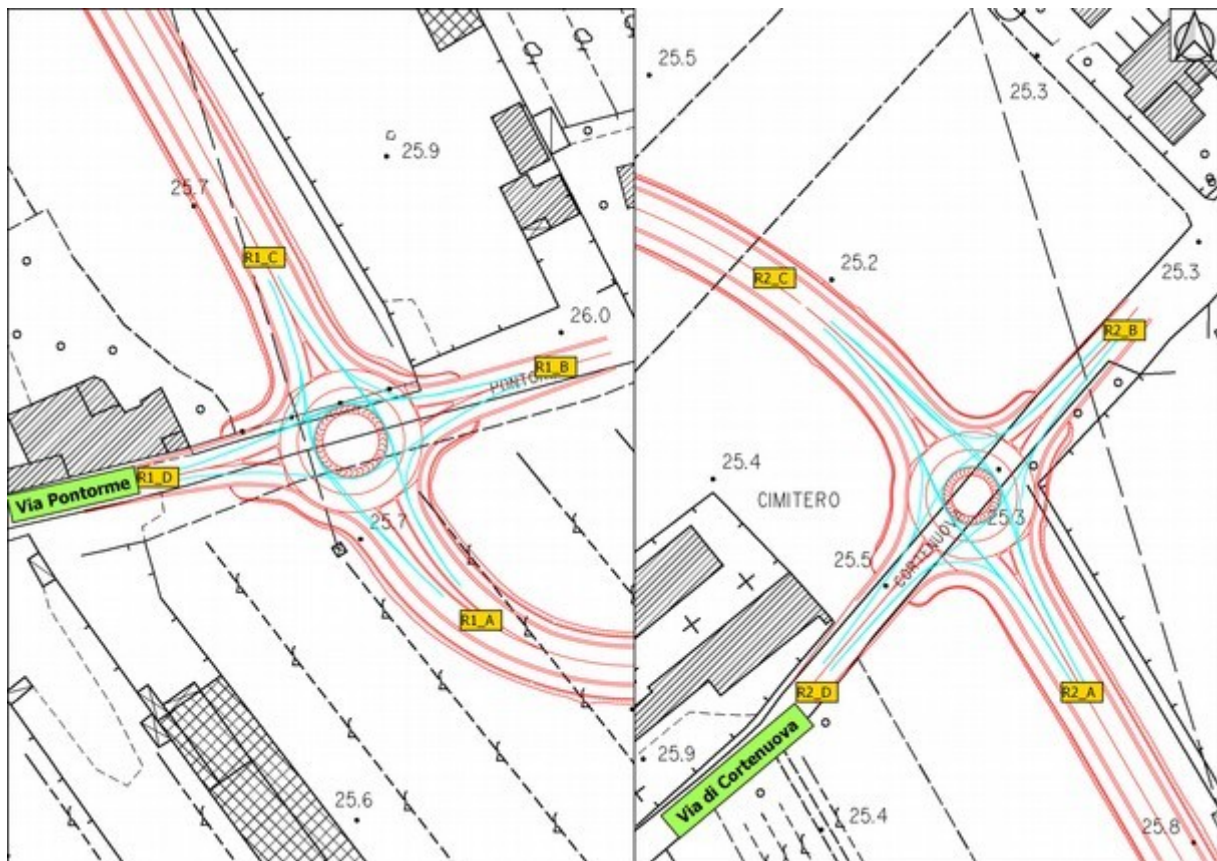


Figura 14: Verifiche di deflessione.

3.1.3. Verifica visibilità

Negli incroci a rotatoria, i conducenti che si approssimano alla rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi.

Sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata in Figura 14, posizionando l'osservatore a 15 m dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	15 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

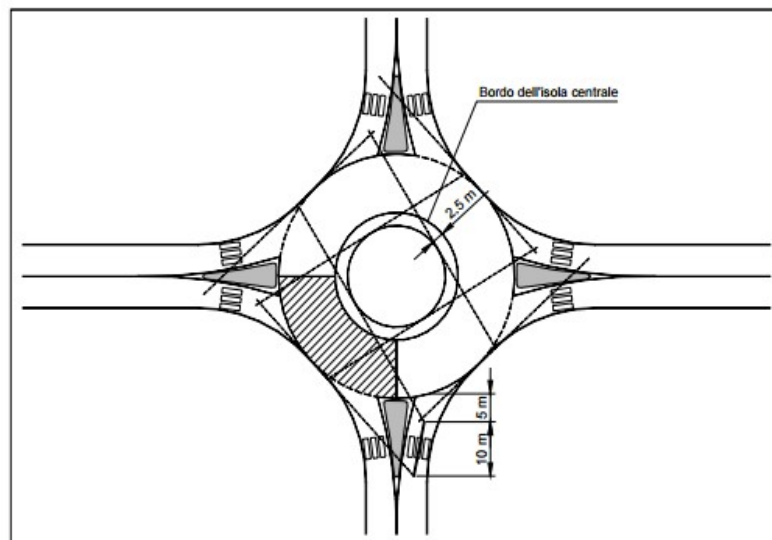


Figura 15: campi di visibilità incrocio a rotatoria

Le verifiche di visibilità risultano soddisfatte e sono mostrate nella seguente figura.

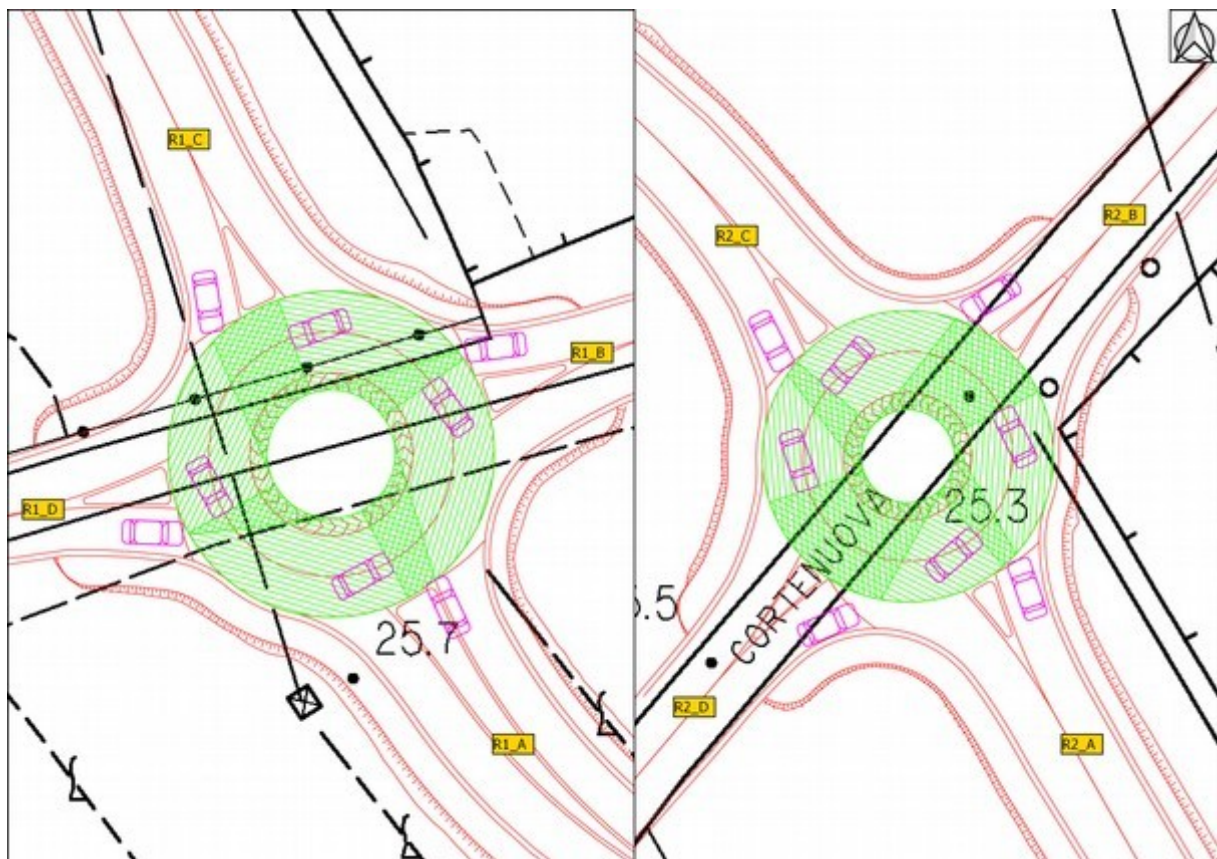


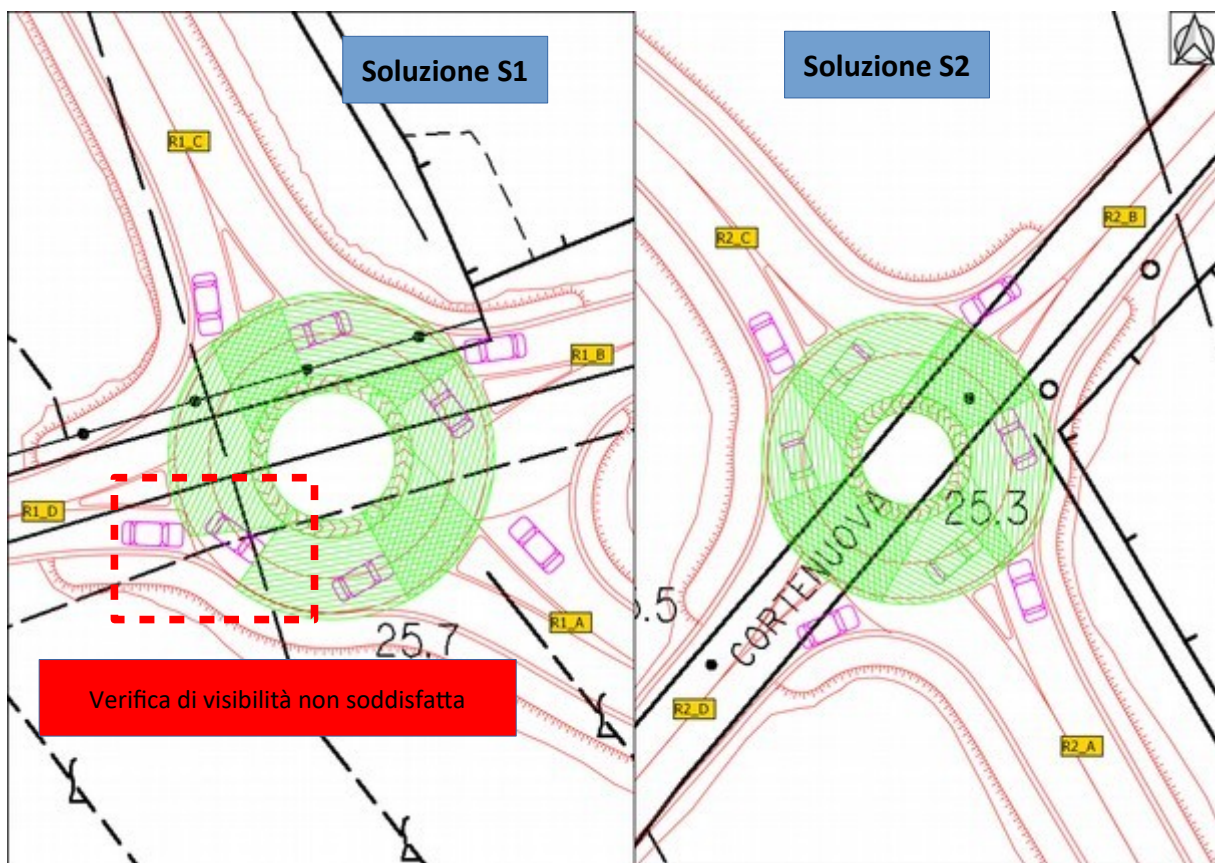
Figura 16: Verifiche di visibilità

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	16 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

Si sottolinea in merito che nella soluzione progettuale S1 la verifica di visibilità per il braccio R1_A non risultava soddisfatta; ciò ha comportato la necessità di migliorare la traiettoria di immissione del ramo suddetto come da soluzione S2 adottata.

In figura seguente si riporta il confronto tra la rotatoria di Via Pontorme che risulterebbe dalla soluzione progettuale S1 e quella adottato in questa sede (soluzione S2). La verifica di visibilità della rotatoria non risulta soddisfatta (bracci R1 A – R1 D) e pertanto questo aspetto ha portato alla necessità di modificare il tracciato planimetrico nel tratto 1, portando l'ingresso nella rotatoria da Sud con un angolo di ingresso superiore.



Il tracciato del tratto 1 è stato comunque mantenuto interno al corridoio infrastrutturale definito a livello di Regolamento Urbanistico.

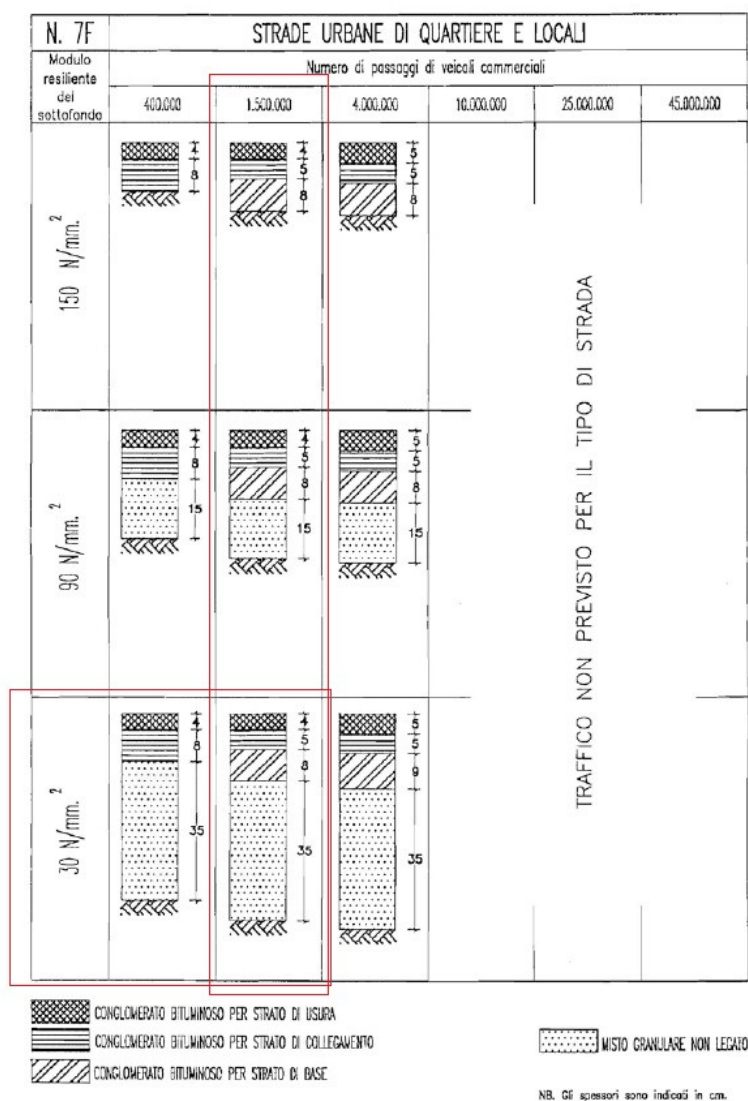
PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	17 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

4. SOVRASTRUTTURA STRADALE

Per la definizione del pacchetto stradale si è fatto riferimento in via preliminare al “Catalogo delle pavimentazioni stradali” di cui alle Norme Tecniche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) pubblicate sul Bollettino Ufficiale Anno XXIX n.178 del 15 Settembre 1995.

In particolare, avendo classificato la strada di tipo E si è fatto riferimento alla scheda n.7F, relativa a “Strade urbane di quartiere e locali”. La scheda è riportata nella figura seguente:



Considerando di avere un modulo resiliente del sottofondo scarso (30 N/mm²) e ipotizzando un numero di passaggi di veicoli commerciali pari a 1.500.000, si ha un pacchetto

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	18 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

stradale costituito da:

- Fondazione stradale (misto granulare non legato) spessore 35cm;
- Conglomerato bituminoso per strato di base spessore 8cm;
- Conglomerato bituminoso per strato di collegamento spessore 5cm;
- Conglomerato bituminoso per strato di usura spessore 4cm.

Di conseguenza il pacchetto stradale ipotizzato a livello di progetto di fattibilità tecnica ed economica è pari a quello sopra indicato derivante dalle Norme del CNR, incrementato di 1cm per lo strato di base:

- Fondazione stradale (misto granulare non legato) spessore 35cm;
- Conglomerato bituminoso per strato di base spessore 9cm;
- Conglomerato bituminoso per strato di collegamento spessore 5cm;
- Conglomerato bituminoso per strato di usura spessore 4cm.

Per quanto concerne il marciapiede e le piste ciclopedonali, non verificandosi il passaggio di veicoli, si è proceduto con la riduzione dello spessore del tappeto di usura a 3cm.

Si precisa che nel tratto 4 (adeguamento di Via Serravalle a San Martino) si prevede l'impiego di asfalto fonoassorbente per migliorare la prestazione acustica dell'infrastruttura.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	19 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

5. VALUTAZIONE PRELIMINARE DEI CEDIMENTI

Per una valutazione preliminare dei cedimenti attesi si è fatto riferimento ai parametri geotecnici definiti dalla D.ssa Geol. Paola Violanti nell'ambito della relazione geologica a supporto del presente progetto di fattibilità tecnico-economica, alla quale si rimanda per informazioni di maggior dettaglio.

Sulla base delle indagini eseguite è possibile, in via del tutto preliminare, assegnare ai terreni un modulo edometrico medio di circa 30 kg/cm², corrispondenti a circa 3000 kPa.

Per una valutazione preliminare dei cedimenti si sono effettuate le seguenti ipotesi:

- il modulo edometrico è stato assunto pari a 3000 kPa;
- la verifica è stata condotta considerando una fondazione di tipo platea di 10x10 metri;
- il rilevato è stato considerato nella sua altezza massima (a favore di sicurezza) pari a 1.20 metri;
- il peso di volume del rilevato è stato assunto pari a 19 kN/m³;
- il sovraccarico derivante dal traffico è stato assunto pari a 10 kPa;
- lo spessore dello strato interessato dai cedimenti è stato valutato considerando la quota a cui l'incremento di carico rispetto alla situazione preesistente si riduce al 20%.

Si ha pertanto:

- carico agente: $q = 1.2 \times 19 + 10 = 32.8 \text{ kN/m}^2$
- carico agente sulla fondazione tipo platea 10x10m: $Q = q \times 10 \times 10 = 3280 \text{ kN}$

Il cedimento calcolato con tale procedura cautelativa ammonta a circa 6.42cm; considerando un limite ammissibile data la natura dei terreni e il tipo di fondazione pari a 8cm si considera il cedimento, che si svilupperà in un tempo abbastanza lungo trattandosi di terreni coesivi, ammissibile per la funzionalità dell'opera.

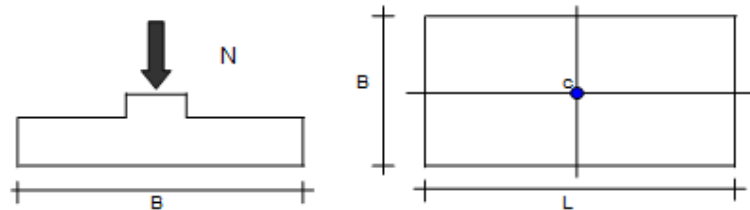
Nella figura seguente si riporta il dettaglio del calcolo eseguito:

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	20 di 21

PROGETTO	COMMITTENTE	ELABORATO
Realizzazione di nuova strada di collegamento fra la zona sportiva e la S.S.67	Comune di Empoli	Relazione tecnica stradale

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis, 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3R_1^2))$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3R_2^2))$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{\text{tot}} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_{zi} - \nu(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 10.00 (m) (Larghezza della Fondazione)
 L = 10.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)
 N = 3280 (kN) (Carico Verticale Agente)
 q = 32.80 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))
 ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δ _{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m²)	(-)	(cm)
1		12.40	0.0	12.4	0.1	3000	0.35	6.42
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-

$$\delta_{\text{tot}} = 6.42 \text{ (cm)}$$

I calcoli eseguiti in questa sede a livello preliminare dovranno essere dettagliati adeguatamente nelle successive sedi progettuali.

L'inserimento della geogriglia di rinforzo prevista in progetto proprio in relazione alle scarse caratteristiche geomeccaniche dei terreni in sito tra rilevato e fondazione stradale migliorerà sicuramente il comportamento dell'infrastruttura in termini di cedimenti.

PROGETTAZIONE	PAGINA
H.S. INGEGNERIA srl Via Bonistallo 39 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 P.IVA 01952520466 e.mail info@hsingegneria.it	21 di 21